

Studienarbeit

Projekt- und Datenmanagement im Flugzeugbau

Bearbeiter:

Cand. aer. Thomas Tholl
Matr. Nr. 1829510

Hospitalstr. 26
D - 70174 Stuttgart

Betreuer ISD:

Prof. Dr.-Ing. habil. I. Grieger
Inst. für Statik und Dynamik

Pfaffenwaldring 26
D - 70569 Stuttgart

Betreuer IFB

Dipl. Ing. P.Schnauffer
Inst. für Flugzeugbau

Pfaffenwaldring 31
D - 70569 Stuttgart

Stuttgart 23.September 2003

Herr cand. aer. Thomas Tholl
Hospitalstraße 26
D-70174 Stuttgart
Matr.Nr.: 1829510
Tel.: 0711 / 9956033

Studienarbeit

Thema : Projekt- und Datenmanagement im Flugzeugbau

Kurzbeschreibung :

Aufbauend auf CATIA V5 soll das Projekt- und Datenmanagement eines Entwicklungsbetriebes untersucht und auf luftfahrttechnische Belange zugeschnitten werden.

Anschließend soll dieses Verfahren, welches Entwicklung- wie auch Fertigungsbelange berücksichtigt, für eine neue CAD-Systemwelt am Institut erarbeitet werden, damit es als Grundlage für die Entwicklung eines Programmsystems für unkonventioneller Fluggeräte zur Verfügung steht.

Aufgabe :

- Literaturrecherche.
- Vergleich diverser Projekt- und Datenmanagementphilosophien.
- Entwurf und Beschreibung des Projektmanagements, welches für den Einsatz von CATIA V5 geeignet ist.
- Berücksichtigung der Luftfahrtindustrie hinsichtlich Entwicklungs-, Zertifizierungs- und Fertigungsrichtlinien wie auch der Kunden-Lieferanten-Beziehung.
- Einbezug neuer Konstruktionsphilosophien (parametrisierter Entwurf, digitaler Arbeitsplatz) für neue Flugzeuge in den Datenfluss.
- Entwicklung der semantischen Featurephilosophie.

Beginn der Arbeit am: 01.03.2003

Abgegeben am:

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. habil. I. Grieger (ISD)

Dipl.-Ing. P. Schnauffer (IFB)

Abstrakt

In der modernen Konstruktionswelt haben sich schon seit einiger Zeit CAD-Programme durchgesetzt und sind daraus nicht mehr wegdenkbar. Mit der zunehmenden Vernetzung der einzelnen Arbeitsplätze untereinander beginnen sich auch Datenmanagementlösungen durchzusetzen.

Eine vollständige Durchgängigkeit von der Entwicklung bis zur Fertigung ist allerdings noch nicht erreicht. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist ein Entwurf und ein genormtes Datenmanagement. Von diesem Entwurf ist zu fordern, dass er im Nachhinein an auftretende Probleme angepasst werden kann. Beide Themen werden in dieser Studienarbeit behandelt und spezifiziert.

Die Digitale Signatur und Unterschrift wird im ersten Kapitel behandelt und mit den Möglichkeiten des Datenmanagement in zweiten Kapitel verbunden. Das dritte Kapitel erklärt den parametrisierten Flugzeugentwurf, der dann im vierten Kapitel in das gesamte Projekt „Pegasus Rebell“ des IFB's eingeordnet wird. Im letzten Kapitel wird ein Ausblick auf Projekte gegeben, welche an die Arbeit anknüpfen.

In the modern world of aircraft design Computer Aided Design (CAD) programmes have prevailed on the market and are a fundamental tool for the development, planning and layouting. Due to the increase of linking and networking of single workstations, data management solutions are essential and mandatory for modern project work.

In order to achieve complete transparency and flexibility, continuous standards have to be imposed, leading from the first drafts to the final product. The most important requirement is a standardized data management. It must be possible to adjust the draft to problems that arise afterwards. These topics are mentioned and specified in these studies.

The digital signature is discussed in the first chapter and is linked to the possibilities of the data management in the second chapter. The third chapter explains the parametric aircraft model which is implemented in the complete project "Pegasus Rebell" of the IFB (fourth chapter). The last chapter gives a perspective and outlook towards future and follow-on projects.

Inhaltsverzeichnis

Aufgabenstellung	V
Abstrakt	VI
Inhaltsverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis	IX
Bilderverzeichnis	XI
1 Digitale Signatur – Digitale Unterschrift	1
1.1 Allgemeines	1
1.2 Aktueller Stand - gesetzlicher Rahmen	2
1.3 Funktionsweise einer digitalen Signatur	2
1.4 Biometrische Daten.....	7
1.5 Hesy	8
1.6 Ausblick in CATIA und SmarTeam	10
2 Datenmanagement in Firmen	11
2.1 Firmenstrukturen - Datenfluss in Firmen.....	12
2.2 Dokumentenmanagement im Bereich Konstruktion.....	15
2.3 Neue Möglichkeit – Die Digitale Unterschrift	17

3	Parametrisierter Flugzeugentwurf	20
3.1	Konstruktionselemente in CATIA	20
3.1.1	Einfache Objekte.....	21
3.1.2	Flächen und Volumen.....	21
3.1.3	Interne Zusammenhänge und Abhängigkeiten	23
3.2	Entwurf eines vollständig parametrisierten Flugzeuges	25
3.2.1	Rumpf	25
3.2.2	Flügel28	
3.2.3	Leitwerk.....	30
3.2.4	Zusammenbau	31
4	Grundlage und Philosophie der semantischen Featuretechnik	33
4.1	Projekt „Pegasus Rebell“ im IFB.....	33
4.2	Potential des parametrisierten Flugzeugentwurfs	35
5	Ausblick.....	37
	Literaturangabe	38

Abkürzungsverzeichnis

BWB	Blended Wing Body
CAD	Computer Aided Design
HESY	Handschrifterkennungssystem
IFB	Institut für Flugzeugbau
ISD	Institut für Statik und Dynamik der Luft- und Raumfahrtkonstruktionen
LBA	Luftfahrtbundesamt
PDM	Projektdatenmanagement
PDMS	Projektdatenmanagementsystem

Bilderverzeichnis

Bild 1.1	Ablauf einer digitalen Signatur	3
Bild 1.2	Digitale Signatur mit Email.....	5
Bild 1.3	Digitale Signatur im Serverbetrieb.....	6
Bild 1.4	HESY Pad	8
Bild 1.5	Druckverläufe von 3 Unterschriften für ein Kennfeld [].....	9
Bild 1.6	Berechneter 4-dimensionaler Verlauf der Unterschrift	9
Bild 2.1	Direkter Datenaustausch zwischen Firmen	13
Bild 2.2	Dokumentenmanagement mit Hilfe eines PDM-Systems.....	14
Bild 2.3	Beispiel eines heutigen Dokumentenverlauf.....	16
Bild 2.4	Ausschnitt eines gelenkten Dokuments.....	17
Bild 2.5	Dokumentenmanagement mit Hilfe einer anerkannten digitalen Unterschrift	18
Bild 3.1	Punkte zu Splines und Linien verbunden.....	21
Bild 3.2	Ebenen mit Ellipsen	21
Bild 3.3	Freiformfläche	21
Bild 3.4	Volumenmodell.....	22
Bild 3.5	Schnittebene für Seitenruder	23
Bild 3.6	Auf eine Ebene projizierte Seitenfläche des Rumpfes	23
Bild 3.7	Skizze für 3. Rumpfellipse	24
Bild 3.8	Konstruktionstabelle für den Rumpf.....	24
Bild 3.9	Formeln für Seitenleitwerk.....	24
Bild 3.10	Rumpf mit Splines und Ellipsen.....	26
Bild 3.11	Parameter des Ausschnittes für Pilot.....	27
Bild 3.12	Parameter des Ausschnittes für Copilot	27
Bild 3.13	Parameter des Ausschnittes für den Wartungsschacht	27
Bild 3.14	Parameter des Ausschnittes für das Busfahrwerk	27
Bild 3.15	Grundgerüst der Geometrie des Flügels.....	28
Bild 3.16	Bezugsebenen für die Ruder	29
Bild 3.17	Geometrie des Fahrwerksausschnittes	30
Bild 3.18	Isometrische Ansicht des komplettes Projekt.....	31
Bild 3.19	Ansicht von unten.....	32
Bild 4.1	CATIA Projektstruktur "Pegasus Rebell"	33
Bild 4.2	Schnittstellen zwischen der Konstruktion (Diss. Schnaufer) und der Mathematik (Diss. Nguewo).....	34
Bild 4.3	original FEM-Netz	35
Bild 4.4	FEM-Netz, nachdem die 2. Profillänge geändert wurde	35
Bild 4.5	Fabrikplanung - Rumpfform	35
Bild 4.6	Schrittweise Verwandlung des eigentlichen Entwurfes in ein BWB-Entwurf.....	36

1 Digitale Signatur – Digitale Unterschrift

1.1 Allgemeines

Mit der Weiterentwicklung der Computer und der Entwicklung immer leistungsfähigerer Programme sind diese nicht mehr aus dem Büroalltag wegzudenken. Durch die zunehmende Vernetzung der Computersysteme innerhalb von Firmen direkt oder indirekt über das Internet zeigen sich neue Möglichkeiten zur Steigerung der Produktivität. Allmählich beginnt man die vormals per Post verschickten Dokumente elektronisch, wie zum Beispiel über Email, zu versenden. Die Möglichkeiten, die der elektronische Versand von Dokumenten bietet, werden allerdings noch nicht umfassend ausgenutzt. Die Gründe hierfür sind vielschichtig, besonders die Möglichkeit elektronische Dokumente zu fälschen und der hohe Aufwand, das zu verhindern, tragen nicht zur Akzeptanz und Durchsetzung bei.

Ein Weg, der gerade beschritten wird, ist die elektronische Signatur von Dokumenten, verbunden mit einer eindeutigen Identifizierung des Autors kann damit die Fälschung von Dokumenten erheblich erschwert werden. Um dies zu fördern, verabschiedete die Bundesregierung im Jahre 1997 das Signaturgesetz und schuf damit eine Grundlage für die weitere Entwicklung und Verbreitung der digitalen Signatur. In der dazugehörigen „Signatur Verordnung“ wird die Umsetzung des Gesetzes festgelegt und unterliegt einer ständigen Anpassung an die Entwicklung der Kommunikationstechnik.

Begriffsdefinition

Die Begriffe „Digitale Signatur“ und „Digitale Unterschrift“ werden heute oft trotz ihrer unterschiedlichen Bedeutung nebeneinander verwendet und dabei verwechselt.

Die „**Digitale Signatur**“ bezeichnet die Möglichkeit elektronische Dokumente gegen Manipulationen von Dritten zu schützen. Hierzu wird eine spezielle Verschlüsselungstechnik, die sogenannte asymmetrische Verschlüsselung angewendet. Die Aufgabe der digitalen Signatur ist es allerdings nicht, zu verhindern, dass Dritte die Nachricht lesen können. Die genaue Funktionsweise wird in Kapitel 1.3 erklärt.

Die **digitale oder elektronische Unterschrift** in ihrer Definition ist vielschichtiger als die Digitale Signatur. Das Spektrum reicht von der eingescannten eigenhändigen Unterschrift, welche am Ende eines Textes angefügt wird, bis hin zur gesetzlich anerkannten mit biometrischen Daten verknüpften Unterschrift. Der Verwendungszweck von allen digitalen Unterschriften ist aber der gleiche, es soll möglichst zweifelsfrei die Identität des Verfassers festgestellt werden.

1.2 Aktueller Stand - gesetzlicher Rahmen

Als ein Bestandteil des 1997 verabschiedeten sog. Multimediagesetzes ist das Signaturgesetz in Artikel 3 geregelt.

Laut Artikel 1 ist es Zweck des Gesetzes: „Rahmenbedingungen für digitale Signaturen zu schaffen, unter denen diese als sicher gelten und Fälschungen digitaler Signaturen oder Verfälschungen von signierten Daten zuverlässig festgestellt werden können“ [i].

Da mit diesem Gesetz technisches Neuland betreten wurde, einigte man sich auf eine zweijährige Probezeit. Dieses Gesetz wurde mehrfach geändert und an die technischen Möglichkeiten angepasst. Mit der Evaluierung des Gesetzes wurde 1999 die Voraussetzung für die Gleichstellung der elektronischen mit der handschriftlichen Unterschrift geschaffen.

1.3 Funktionsweise einer digitalen Signatur

Aus den einschlägigen Quellen zum Beispiel [ii] und [iii] kann zusammengefasst werden:

Um den Sender und Empfänger eindeutig identifizieren und außerdem Manipulationen auszuschließen zu können, muss ein spezielles Verschlüsselungsverfahren (asymmetrische Verschlüsselung) und eine Zertifizierungsstelle eingesetzt werden. Bei dieser asymmetrischen Verschlüsselung existieren, im Gegensatz zur symmetrischen Verschlüsselung, für jeden Benutzer ein Schlüsselpaar (Keys). Ein so genannter öffentlicher, weil für jeden zugänglicher, Schlüssel und den dazugehörigen privaten Schlüssel. Dabei darf keine Möglichkeit bestehen, aus dem öffentlichen Schlüssel den privaten zu errechnen.

Der öffentliche Schlüssel dient dazu, Daten für eine bestimmte Person zu verschlüsseln, die diese dann mit ihrem privaten Key entschlüsselt. Wenn dieses Prinzip in umgekehrter Richtung, zuerst der private und dann der öffentliche Schlüssel, angewendet wird, ist es als „Digitale Signatur“ verwendbar.

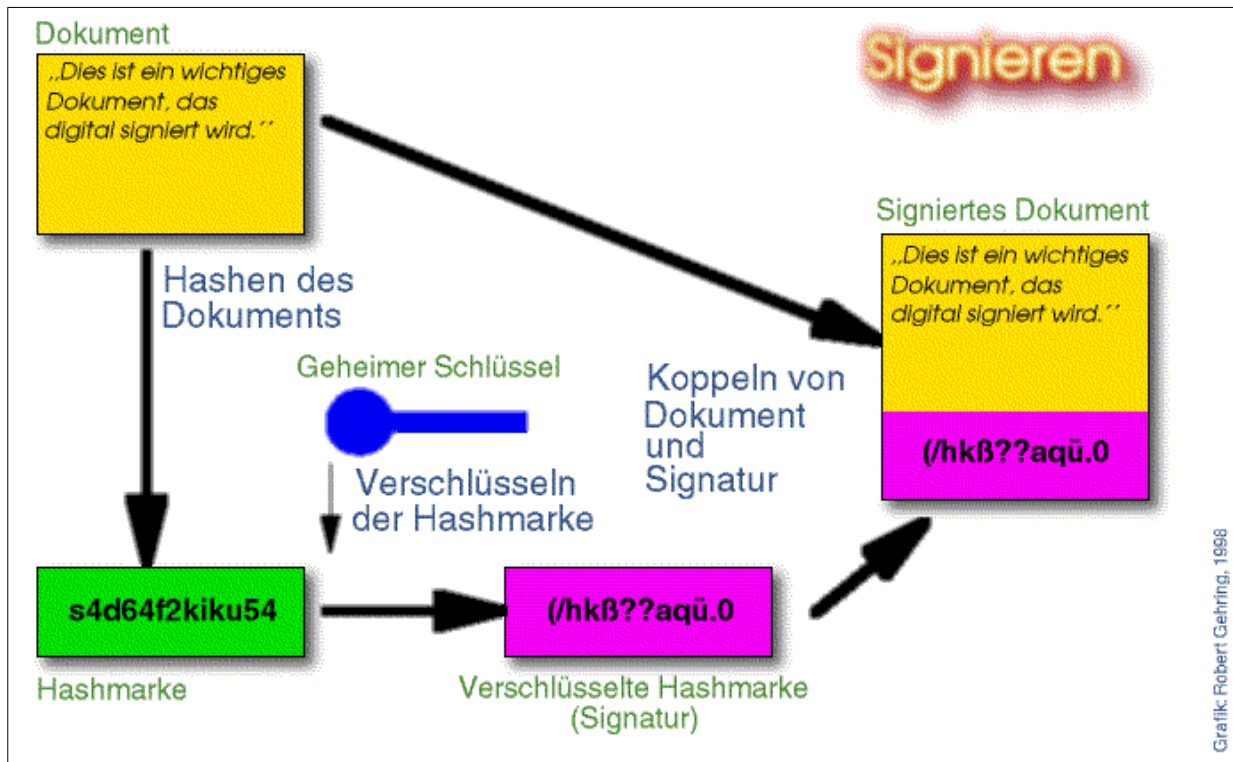


Bild 1.1 Ablauf einer digitalen Signatur [iv]

Die einfachste Möglichkeit einer Digitalen Signatur ist die Verschlüsselung eines kompletten Dokuments mit dem eigenen privaten Schlüssel. Die Verschlüsselung des privaten Keys geschieht dabei nicht im Computer, sondern läuft extern als Programm, zum Beispiel innerhalb einer Chipkarte. So ist die Manipulation stark erschwert, denn der Schlüssel ist für niemanden direkt einzusehen.

Da der öffentliche Schlüssel für jeden zugänglich sein muss, ist es nicht möglich, dass sich beide beteiligten Personen eindeutig identifizieren können. Dem Sender ist es somit unmöglich, zu kontrollieren, ob der von ihm verwendete öffentliche Schlüssel der richtige ist, und der Empfänger kann an Hand des verschlüsselten Dokuments auch nicht feststellen, ob der Sender derjenige ist, für den er sich ausgibt.

Hierzu ist eine dritte Instanz, die Zertifizierungsstelle, notwendig. Die Aufgabe der auch als „Trust Center“ oder „Trusted Third Party“ bezeichneten Stelle ist es, die öffentlichen Schlüssel mit einem Zertifikat auszustellen. Dieses Zertifikat wird dann ausgestellt, wenn sich die betref-

fende Person eindeutig zu erkennen gegeben hat. Je nach Sicherheitsbedürfnis reicht es einfache Benutzerdaten, z.B. eine Emailadresse, zu hinterlegen. Es kann aber auch eine persönliche Kontrolle des Personalausweises o.ä. sein. Da diesen Zertifizierungsstellen eine zentrale Bedeutung und Verantwortung zukommt, bedarf es in Deutschland einer Genehmigung zum Betrieb solcher Stellen. Dies wird durch §4 des Signaturgesetzes geregelt, in dem auch die sehr hohe Sicherheitsanforderung für den Betrieb solcher Stellen beschrieben wird.

Um sicherzustellen, dass das Dokument fehlerlos übertragen oder nicht gefälscht wurde, muss es erneut über eine sichere Verbindung übertragen werden, was aber recht aufwendig ist. Eine einfachere Möglichkeit ist es, aus dem Dokument eine Prüfsumme zu erzeugen. Hierzu wird das Hashverfahren angewendet. Mit Hilfe dieses vorher genau definierten Verfahrens wird, aus einem Dokument mittels mathematischen Funktionen und Zerstückelung des Textes eine Prüfsumme erzeugt. Diese Summe ändert sich sobald auch nur eine Zahl oder ein Buchstabe getauscht oder verändert wird. Aus diesem Grunde ist es praktisch unmöglich, ein Dokument zu einer gegebenen Prüfsumme zu konstruieren und damit zu fälschen.

Typischer Ablauf an einem Beispiel

In der Kryptografie werden für zwei am Datenaustausch beteiligten Personen die Namen Alice und Bob verwendet. Wobei in diesem Beispiel Alice der Sender und Bob der Empfänger ist.

Alice möchte Bob eine Nachricht schicken, in der eine Veränderung durch Dritte erkannt werden soll. Dafür wird von Alices Computer vom ursprünglichen Dokument mittels des Hashverfahrens eine Prüfsumme errechnet. Auf diese Summe wird anschließend der private Schlüssel von Alice angewendet und die Prüfsumme ist somit signiert.

Um sicherzugehen, dass Bob auch Alice eindeutig erkennt, kann sie sich, wie oben beschrieben, ihren eigenen privaten Schlüssel von einer Zertifizierungsstelle ausstellen geben lassen. Dieser Schlüssel ist in einer Chipkarte gespeichert und nicht von außerhalb einsehbar. Auch die Verschlüsselung der Prüfsumme läuft ohne Einflussnahme des Nutzers innerhalb der Chipkarte ab. Dadurch ist es nicht möglich den privaten Schlüssel zu kennen. Er kann auch nicht kopiert werden, nur noch gestohlen.

Die verschlüsselte Prüfsumme ist die Digitale Signatur des zu versendenden Dokuments und wird an dieses angehängt und verschickt, welches nun vor Manipulation nahezu sicher ist. Da es aber noch im Klartext vorliegt, kann es noch abgefangen und gelesen werden. Um dies zu verhindern, lädt Alice den öffentlichen Schlüssel Bobs von einer Zertifizierungsstelle herunter und verschlüsselt damit die gesamte Nachricht. Diese muss dann von Bob nach dem Empfang mit seinem privaten Schlüssel entschlüsselt werden.

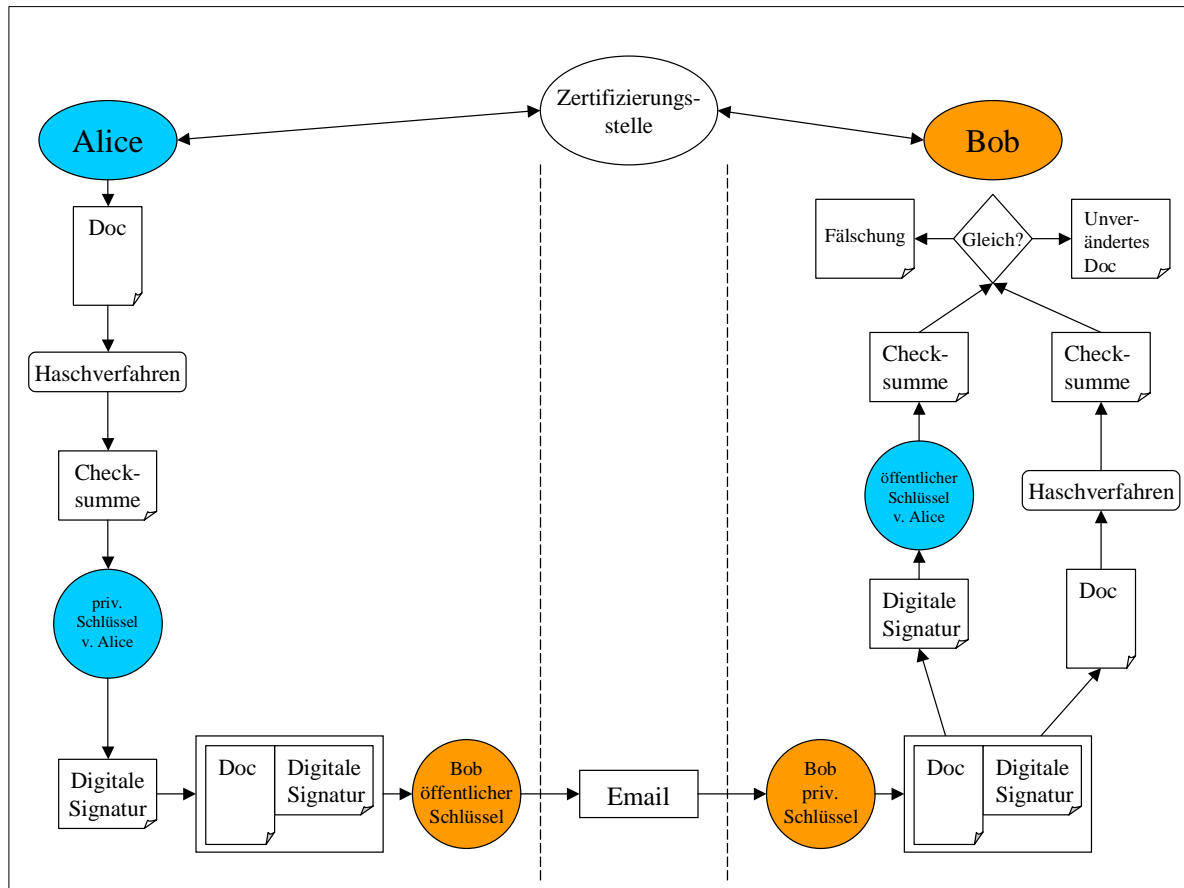


Bild 1.2 Digitale Signatur mit Email

Nach dem Empfang der Nachricht wendet nun Bob das gleiche Hashverfahren auf das unverschlüsselte Dokument an, und bekommt als Ergebnis eine Prüfsumme. Diese muss er noch mit der von Alice geschickten Prüfsumme vergleichen. Dazu entschlüsselt er mit dem öffentlichen „Key“ des Senders, also Alice, die angehängte Signatur. Wenn beide gleich sind, ist das Dokument unverändert.

Beispiel der digitalen Signatur um Serverbetrieb

Ein ähnliches Verfahren kann man auch anwenden um sensible Daten auf einem Server zu speichern und vor Manipulation zu schützen. Dazu muss der Autor des Dokuments die Prüfsumme des Dokuments erstellen und beide zusammen mit seinem privaten Schlüssel codieren und danach auf dem Server speichern. Somit ist sichergestellt, dass das Dokument nicht verändert werden kann. Gleichzeitig ist feststellbar von wem und wann das Dokument erzeugt wurde.

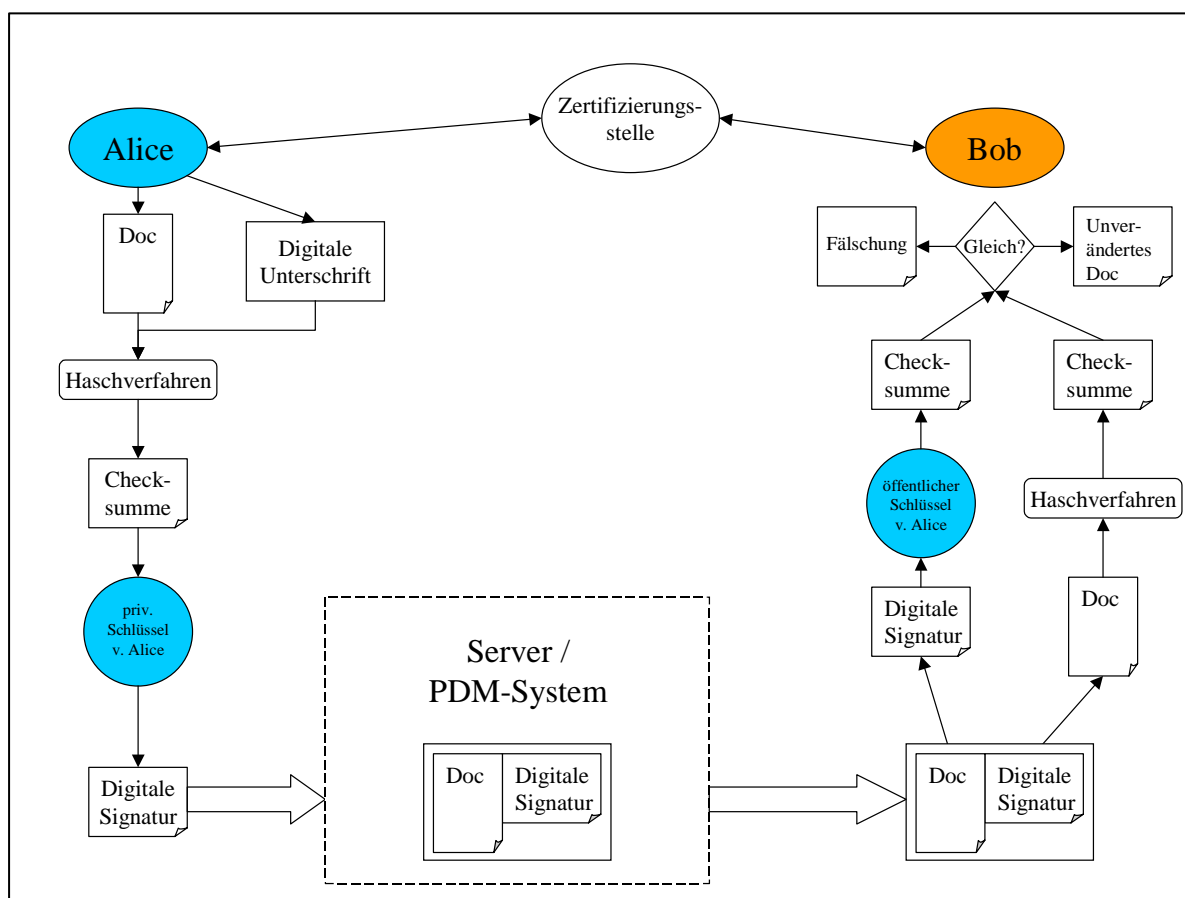


Bild 1.3 Digitale Signatur im Serverbetrieb

1.4 Biometrische Daten

Unter einer biometrischen Erkennung versteht man die Identifikation eines Benutzers anhand seiner eigenen Eigenschaften. Diese Eigenschaften sind äußere Merkmale von Menschen. Sie sollten über einen längeren Zeitraum konstant bleiben und trotzdem noch so verschiedenartig sein, dass möglichst viele Nutzer voneinander unterschieden werden können.

Es gibt mittlerweile eine Vielzahl an biometrischen Merkmalen des Menschen, die von Computern ausgewertet werden können. Dabei werden zwei unterschiedliche Gruppen unterscheiden:

Passive Merkmale, welche auf Körpermerkmale basieren:

- Gesichtsform
- Handlinienmuster
- Handvenenmuster
- Irismuster
- Retinamuster
- Fingerabdruck
- DNA als genetischer Fingerabdruck
- Aktive Merkmale, welche auf Verhaltensmerkmalen basieren:
 - Stimmeingabe
 - Lippenbewegung beim Sprechen
 - Tipp rhythmus auf Computertastaturen
 - Bewegungsablauf beim Gehen
 - Unterschriftsdynamik (Aussehen, Schreibgeschwindigkeit und Schreibdruck der Unterschrift)

Die passiven Merkmale werden heute schon vermehrt zur Identifikation eingesetzt. Leider gelingt es immer wieder, diese zu fälschen oder so nachzuahmen, dass der zur Authentifizierung benutzte Sensor getäuscht wird.

Da aktive Merkmale auf Verhaltensmerkmale basieren, ist der Zugriff auf damit geschützte Systeme nicht so einfach möglich. Denn hier ist das alleinige Wissen des Kennwortes nicht ausreichend, man muss zusätzlich wissen wie man es eingibt. Und diese Eingabe kann nur von der dafür autorisierten Person erfolgen. Zudem hat diese Person die Möglichkeit, das Kennwort beliebig zu ändern.

1.5 Hesy



Bild 1.4 HESY Pad

Auf der Suche nach einer Methode biometrische Daten fälschungssicher, von Rechtswegen anerkannt und gleichzeitig einfach zu erfassen zeigte sich, dass das Handschriften-Erkenntnis-System HESY ideale Möglichkeiten bietet.

HESY „... ist ein Schreibpad, welches nicht nur die Schriftposition, sondern auch die Druckstärke und Schreibgeschwindigkeit

aufzeichnet. ... Diese Eigenschaft macht die mit Hesy aufgenommene elektronische Unterschrift für Rechtsverträge rechtssicher und auch für einen Schriftsachverständigen nachträglich überprüfbar.“[v]

Damit rechtsverbindliche Verträge abgeschlossen werden können ist eine aktive Willenserklärung in Form einer eigenhändigen Unterschrift vorgeschrieben. Diese Unterschrift kann durch die mit HESY digitalisierte Unterschrift ersetzt werden. Ein weiterer nicht zu unterschätzender Vorteil dieses Pads ist der rechtlich geforderte Übereilungsschutz, welcher verhindern soll, dass übereilte Bekenntnisse abgegeben werden. Dadurch, dass man sich schon an die normale Unterschrift gewöhnt hat, gibt niemand leichtfertig seine eigene Unterschrift unter ein Dokument das er nicht gelesen hat.

Aufbau und Funktion

Der Aufbau von HESY ist relativ einfach und doch können damit die oben genannten Anforderung erfüllt werden. Das Schriftfeld von HESY ist auf vier Drucksensoren gelagert. Jeder einzelne Sensor liefert jeweils während des Schreibens ständig einen genauen Druckwert. Diese Werte werden über eine Schnittstelle an ein Programm im Computer übermittelt. Mit Hilfe dieses Programms ist es daraus möglich den Linienverlauf des Stiftes zu errechnen. Dabei wird nicht nur ein herkömmliches Abbild der Unterschrift erzeugt, sondern ist es zusätzlich möglich, den genauen Druck-Zeit-Verlauf zu erkennen.

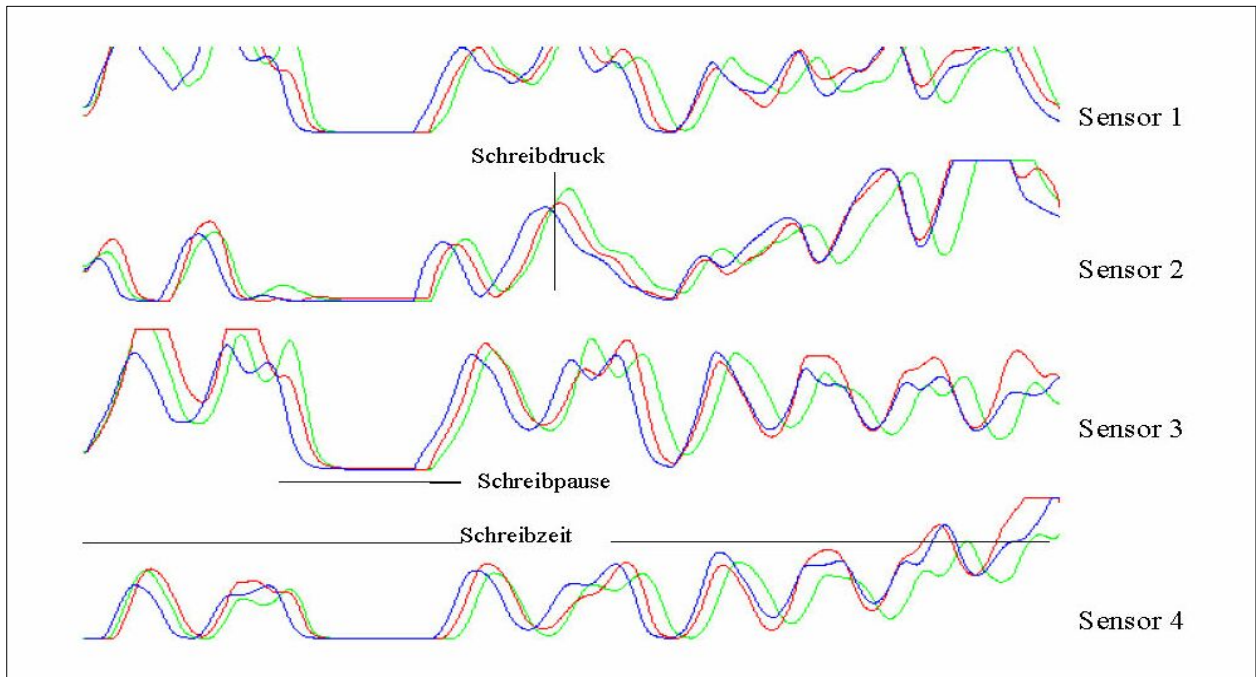


Bild 1.5 Druckverläufe von 3 Unterschriften für ein Kennfeld [vi]

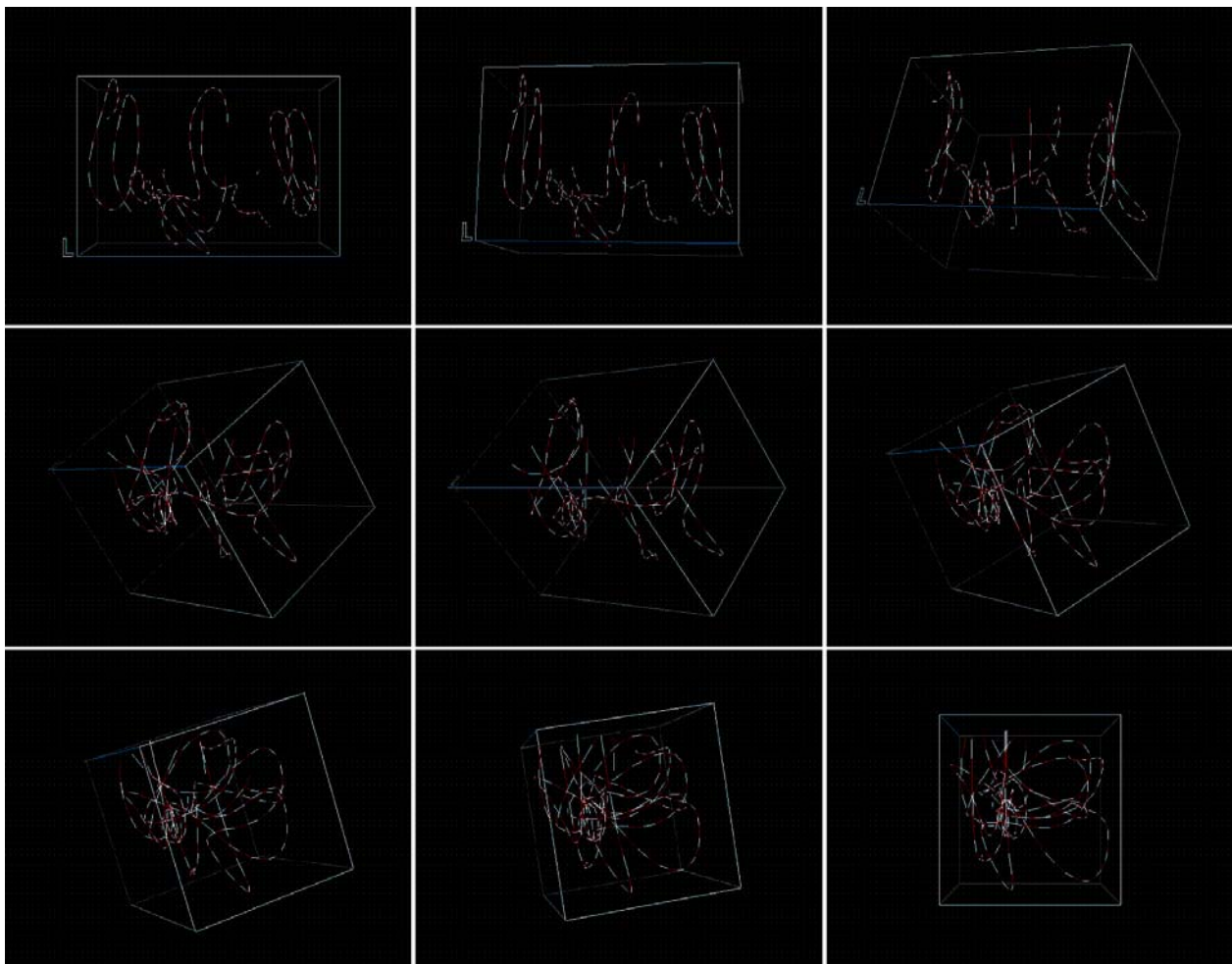


Bild 1.6 Berechneter 4-dimensionaler Verlauf der Unterschrift [vii]

Mit den errechneten XY-Schreibkoordinaten, den Druck- und Zeitverlauf ergibt sich ein vierdimensionale Verlauf des Schriftbildes. Damit ist der Schriftverlauf genauer festzustellen als eine nachträgliche Analyse der Unterschrift auf Papier, denn dort fehlt der zeitliche Zusammenhang. Dieser Verlauf ist für jeden Menschen verschieden und kann durch die unbekannte Zeitkomponente nicht nachgemacht werden, unterscheidet sich aber mit jeder Unterschrift. Somit ist es erforderlich ein Kennfeld zu definieren, innerhalb dessen die Unterschrift erkannt wird.

Dieses Kennfeld kann dann an die nötigen Sicherheitsbedürfnisse angepasst werden. Es ist zum Beispiel weder nötig noch erwünscht bei jeder eingeforderten Unterschrift unter ein Dokument, eine Überprüfung vorzunehmen.

Damit ist HESY zum forensischen Schriftvergleich und zur elektronischen automatisierten Schrift- und Unterschriftserkennung (auch im Rahmen der Sicherheitstechnik) einzusetzen.

1.6 Ausblick in CATIA und SmarTeam

SmarTeam ist ein zu CATIA gehöriges ProduktDatenManagementSystem (PDMS), welche ab der Version R11 von Smart Solutions vertrieben wird. SmarTeam macht das Verwalten von Modellen, Baugruppen, Teilen, Zeichnungen und Artikeln in einem gemeinsamen Archiv möglich. Es bietet umfangreiche Funktionalitäten, die es allen angeschlossenen Personen ermöglicht, alle Arten von Dokumenten sicher und geordnet zu erzeugen, zu ändern, anzusehen und zu verwalten. Damit ermöglicht SmarTeam es innerhalb der CATIA-Systemwelt auf alle Dokumente zuzugreifen und diese wenn nötig zu ändern.

2 Datenmanagement in Firmen

Die Entwicklung und Fertigung von komplexen und innovativen Produkten, welche oft aus verschiedenen Komponenten bestehen, geschieht häufig durch Arbeitsteilung. Schon bei der Ausschreibung, spätestens aber in der Entwicklung arbeiten alle beteiligten Partner gemeinsam an der Erstellung von umfangreichen Dokumenten und Daten. Diese sind zum Beispiel: Ausschreibungsunterlagen, funktionale Anforderungen, Lasten- / Pflichtenhefte, Spezifikationen, Projektpläne, Prüf- und Zulassungsunterlagen, spezielle Anforderungen an die qualitäts-, fertigungs- und montagegerechte Produktgestaltung.

All diese Forderungen werden für jedes Produkt hierarchisch gegliedert und als Komponenten und/oder Teilsysteme in ein Gesamtsystem eingefügt. Die Koordinierung dieser Daten spielt eine wesentliche Rolle, über alle Entwicklungs-, Integrations- und Testphasen hinweg bis hin zur Fehlerdiagnose und -behebung des Produktes im Einsatz.

Unter der Verwendung von leistungsfähigen Datennetzen kann die Produktivität und die Qualität bei komplexen Produktentwicklungen deutlich verbessert werden. Dabei spielt die örtliche Verteilung der einzelnen Abteilungen keine Rolle mehr. Durch das im Kapitel 1.3 geschilderte Verfahren können auch vertrauliche Daten über unsichere Verbindungen ausgetauscht werden, ohne dass firmeninternes Know-How dem Mitbewerber oder Auftraggeber zugespielt wird. So verschaffen sich die beteiligten Firmen in ihrem gemeinsamen Vorgehen entscheidende Wettbewerbsvorteile. Allerdings bringt die räumliche Teilung auch Nachteile mit sich. Die Kommunikation der Mitarbeiter untereinander wird unterbrochen. Ein Großteil der Entwurfsfehler und der Probleme bei der Integration von Komponenten zu Teilsystemen und zu Gesamtsystemen ist auf Abstimmungsmängel zwischen den Abteilungen und Partnern zurückzuführen.

2.1 Firmenstrukturen - Datenfluss in Firmen

Die benötigten Dokumente werden parallel bearbeitet und verändert. Um Zuständigkeitskonflikte und Kollisionen bei der täglichen Arbeit zu vermeiden, ist eine genaue Analyse der Firmenstrukturen und Verteilung der einzelnen Aufgaben notwendig.

Abteilungsstruktur

Die meisten Firmen im Luftfahrtbereich sind in Teams, Abteilungen und Bereiche gegliedert. Diese organisatorischen Einheiten charakterisieren jeweils die Ebenen Mitarbeiter, Projektplanung, Projektdurchführung und Bereichsleitung. Die jeweils höhere Ebene ist der untergestellten disziplinarisch vorgesetzt und weisungsbefugt. Jede Ebene ist mit bestimmten Aufgaben und Kompetenzen ausgestattet. Wobei die Verantwortung und Entscheidungsbefugnis mit der Überordnung wächst. Somit ist es verständlich, dass der Austausch von Daten zwischen den Abteilungen und Bereichen wegen der langen Kommunikationswege gebremst wird und Hindernisse entstehen. Dies geschieht schon bei Gruppen untereinander und wird bei Änderungen mit größerer Tragweite, die dann mehrere Ebenen umfassen können, verstärkt.

Bei dem Austausch von Daten über die Firma hinaus ist noch zusätzlich die Geheimhaltung zu beachten. Die dazu notwendigen Freigaben und Vorschriften werden von der Unternehmens- oder Bereichsleitung verabschiedet.

Heutiger beispielhafter Ablauf

In fast allen Firmen werden richtungsweisende Entscheidungen durch die Verantwortlichen getroffen. Was auch Sinn macht, denn diese sollten den Überblick und die nötige Fachkenntnis über ihre Abteilung haben. Sie vergeben Aufgaben und erwarten die Ergebnisse, die sie dann mit anderen Gruppen- oder Abteilungsleitern koordinieren. Wenn die Entscheidung zu einem Projekt getroffen ist, werden die nötigen Aufgaben und Arbeiten an die zuständigen Mitarbeiter verteilt.

Falls eine Zusammenarbeit von mehreren Gruppen notwendig ist, sollte diese untereinander koordiniert werden. Da der einfache Konstrukteur nicht über die Weitergabe von Daten entscheiden kann, muss er sich die entsprechende Genehmigung des verantwortlichen Projektgenieurs einholen. Mit dieser Zustimmung kann dann ein Austausch stattfinden. Allerdings obliegt es den jeweiligen Partnern, für die Kompatibilität und Weiterverarbeitbarkeit der Daten zu sorgen.

Was bei den Geometriedaten der CAD-Programme durch die Im- und Export Funktionen relativ einfach zu machen ist, kann zum Beispiel schon bei der Layerverwaltung zu erheblichen Nachbearbeitungszeiten führen. Hier sollten vorher einheitliche Standards vereinbart werden.

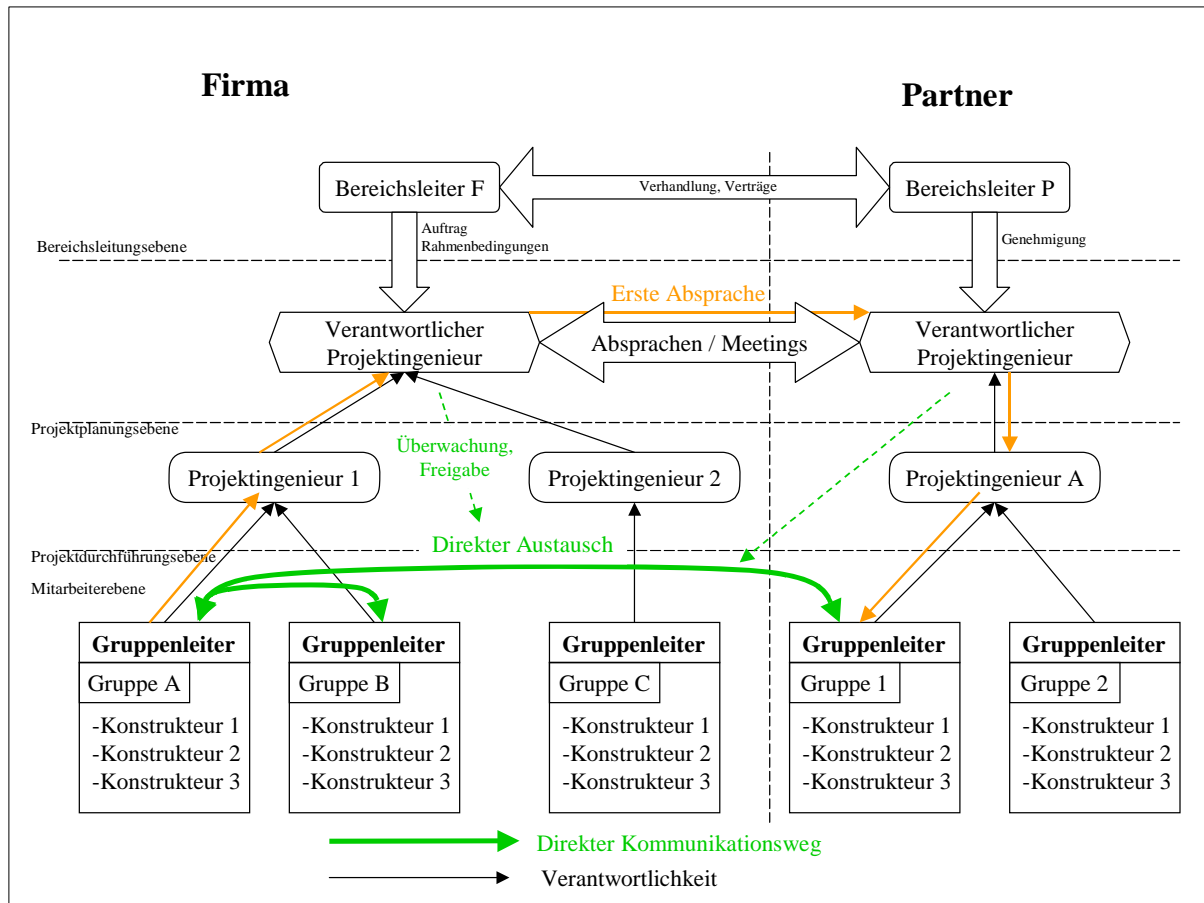


Bild 2.1 Direkter Datenaustausch zwischen Firmen

Bei der Verwaltung anderer Dokumente gilt das gleiche. Mann kann zwar die Daten von Dokumenten in andere kopieren und somit eine Formatierung durch eine andere ersetzen, aber so sind Fehler durch das „Copy-Paste- Verfahren“ nicht zu vermeiden. Sicherer und meistens auch schneller ist es, diese nochmals neu zu erstellen.

Datenfluss mit einem PDMS

Mit dem Einsatz eines PDMS lassen sich eine Vielzahl von den oben erwähnten Problemen lösen. Vor der Installation bei allen integrierten Partnern ist allerdings auch eine Absprache und Einigung auf einheitliche Formate notwendig. Der dazu notwendige Kraftakt muss wegen der weitreichenden Konsequenzen von der Geschäftsleitungsebene beschlossen werden.

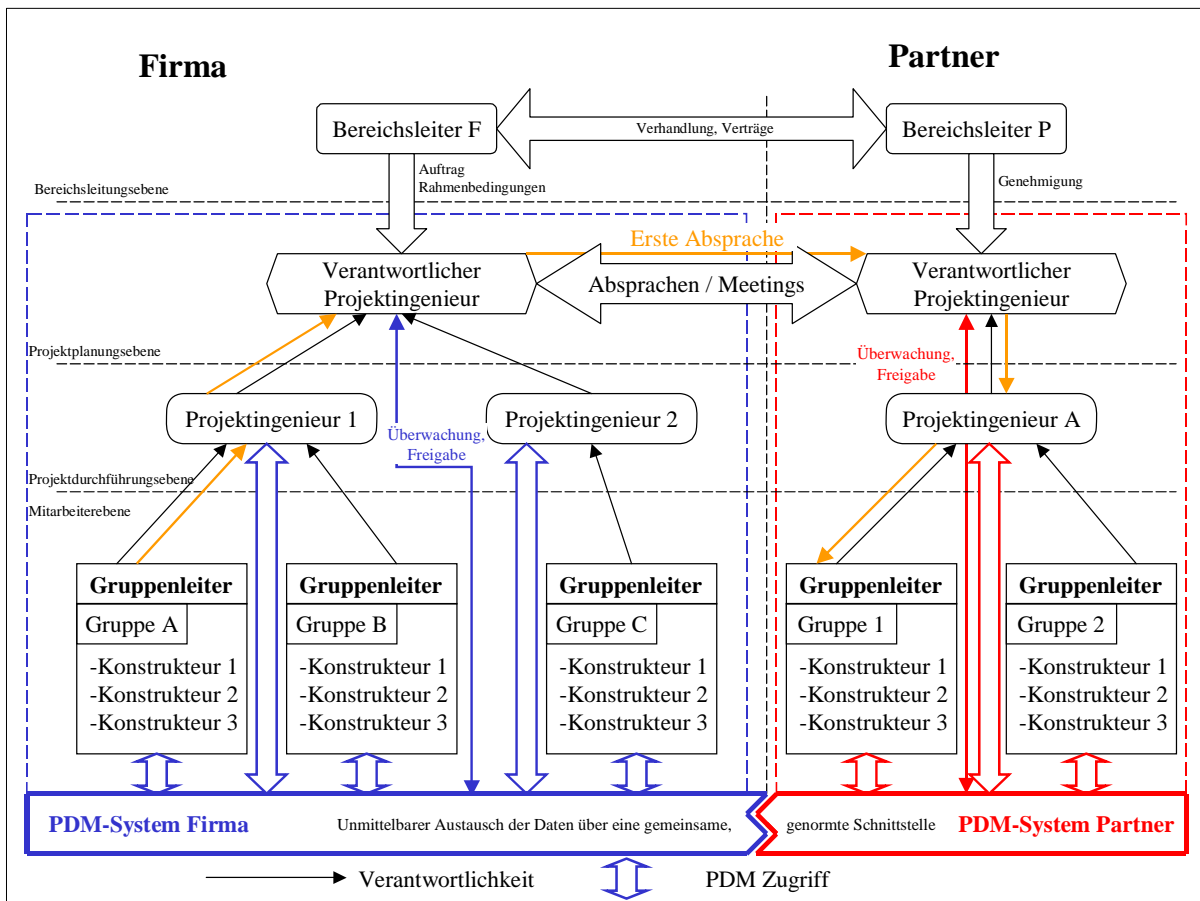


Bild 2.2 Dokumentenmanagement mit Hilfe eines PDM-Systems

Mit Hilfe eines PDMS ist es möglich, den Zugriff auf alle Dokumente zu regeln. Wenn ein Dokument in Bearbeitung ist wird es aus dem System ausgetragen („checked out“). Mit diesem Vorgang wird eine Kopie des Dokuments lokal auf dem Rechner erstellt und die Zugriffsrechte des Dokuments auf dem Server wird auf lesen gesetzt. Es ist auch nicht möglich das Dokument ein zweites Mal auszuchecken.

Alle Änderungen werden an dem lokal gespeicherten Dokument gemacht und auch dort gespeichert. Wenn diese Datei dann wieder für alle zugänglich gemacht werden soll, muss es im System eingetragen (oder eingecheckt) werden. Die Daten werden wieder zurück auf den Server gespielt, dabei wird die alte Datei aber nicht überschrieben. Beim einchecken erhält das Dokument eine neue Revisionsnummer, unter der es gespeichert wird. Das Dokument mit der

alten Nummer verliert seine Gültigkeit und wird unsichtbar. Mit diesem Verfahren ist gewährleistet, dass jede Änderung nachvollzogen werden kann. Auch ist es möglich ab einem bestimmten Stand mehrere Lösungsmöglichkeiten parallel zu entwickeln, die auf den gleichen Grunddaten basieren.

2.2 Dokumentenmanagement im Bereich Konstruktion

Die Hardcopy ist hier als ausgedrucktes und unterschriebenes Dokument ausschließlich maßgebend. Alle Unterschriften, die nötig sind, müssen auf dem vorbereiteten Deckblatt gemacht werden. Da nicht davon auszugehen ist, dass sich alle Konstrukteure und beteiligten Partner am gleichen Ort aufhalten, wird das freizugebende Dokument von Person zu Person geschickt, was sehr zeitaufwendig ist. Ein gemeinsames Meeting beschleunigt diesen Ablauf. Die Beteiligten zu dieser Sitzung einzuberufen verursacht nicht unerhebliche Kosten und einen hohen Organisationsaufwand. Trotzdem ist es derzeit oft die schnellste Methode, um Projekte vorwärts zu bringen.

Beispielhafter Ablauf im Detail

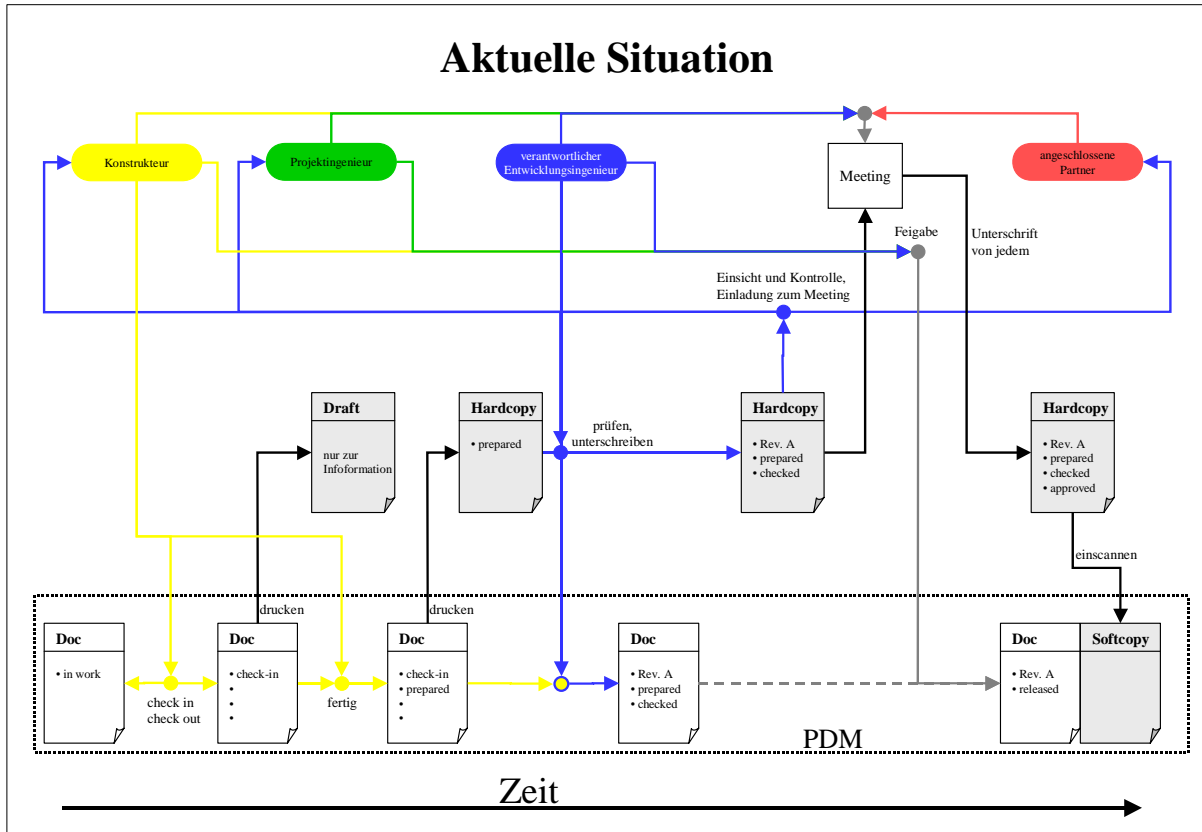
Der Konstrukteur erstellt ein neues Dokument, z.B. eine Zeichnung oder ein Schriftstück. Dieses kann im Laufe seiner Arbeit mehrmals ein- und ausgecheckt werden, z.B. am Ende eines Arbeitstages. Sobald es im PDM-System eingecheckt ist, steht es allen in diesem System arbeitenden Usern zur Einsicht zur Verfügung. Selbstverständlich nur, wenn sie die Zugriffsberechtigung haben. Mit dem „einchecken“ wird dem Dokument zudem eine Revisionsnummer zugewiesen. Von diesen Dokumenten können Konstrukteure sich selber oder externen Partnern Ausdrücke machen, welche dann den Status „Draft“ haben. Das bedeutet, dass das Dokument nur zur Information dient und keinerlei Verbindlichkeit enthält, auch den Änderungsdienst gibt es hier noch nicht.

Wenn der Konstrukteur seine Arbeit beendet hat, gibt er das Dokument zur Prüfung an seinen Vorgesetzten weiter. Das Dokument hat jetzt den Stand „prepared“. Selbstverständlich kann man auch davon Ausdrücke machen. Wenn die Ausdrücke dem Änderungsdienst unterliegen, das heißt das jede Änderung an alle beteiligten Partner verteilt wird, dann sind sie verbindlich. Falls nicht, dient der Ausdruck nur zur Information und ist somit unverbindlich.

Der Vorgesetzte, welcher der verantwortliche Entwicklungsingenieur ist, muss jetzt die Arbeit überprüfen. Anschließend erhält das Dokument im PDMS den Status „checked“. Um sicherzugehen, dass es im gesamten Projekt keine Konflikte mehr gibt, müssen der dafür zuständige Projektingenieur, alle davon betroffenen Abteilungen und externe Partner zusätzlich

ihr Einverständnis geben. Die rechtsverbindliche Anerkennung erhält das Dokument durch die Summe aller nötigen Unterschriften.

Bild 2.3 Beispiel eines heutigen Dokumentenverlauf



Je nach Anzahl der beteiligten Abteilungen ist es hierfür sinnvoll, dafür ein Meeting zu organisieren, um den Vorgang zeitlich zu konzentrieren. Hier müssen alle Beteiligten erscheinen, um ihre Unterschrift zu leisten oder eventuelle Änderungen anzubringen. Mit dem Versenden einer Kopie des zu besprechenden Dokuments, sorgt man im voraus für die Information aller Partner.

Ein weiterer Weg ist, das fertige Dokument mit der Bitte um Kontrolle und Unterschrift, von einer Person zur nächsten zu schicken. Dabei kann es vorkommen, dass die erste Person zugestimmt, aber eine folgende Änderungen verlangt, von denen der erste dann nichts mitbekommen würde. Dann wären ein zweiter oder auch weitere „Durchläufe“ nötig. Dies kann, bei nicht ständiger Kommunikation oder Störfaktoren, wie Abstimmungsschwierigkeiten und Hemmschwellen, zu erheblichen Verzögerungen führen. Natürlich kann durch regelmäßige Absprachen und einen ständigen Abgleich im Vorfeld die Zahl der Änderungen gering gehalten werden.

Erklärung zur Spalte "Bearbeitung"		Grund der Änderung:			
A) Verwendung alter Teile 1. Aufbrauchen 2. Aufbrauchen bis geänderte Teile vorhanden sind, dann Restbestand verschrotten 3. Verschrotten 4. Nacharbeiten 5. Austauschen der mont. Teile B) Verwendung der Produkte gemäß Strukturteileverwendung 1. Aufbrauchen 2. Verschrotten 3. Nacharbeiten 4. siehe Aufstellung C) Prüfmittel 1. Ändern 2. Neuerstellung	D) Werkzeug / Vorrichtung 1. Ändern 2. Neuerstellung E) Zeitpunkt der Einführung 1. Ab sofort 2. Nach Aufbrauch der alten Teile 3. Sobald neue Teile vorhanden				
		ausgestellt	genehmigt	gesehen	verteilt
Abt./Dat.					
Unterschr.					

Bild 2.4 Ausschnitt eines gelenkten Dokuments

Haben dann alle nötigen Personen unterschrieben, erhält das Dokument den Status „approved“. Nun kann das Dokument vom verantwortlichen Entwicklungsingenieur veröffentlicht („released“), sowie als Kopie an alle Personen verschickt werden. Das unterschriebene Original selbst bleibt verschlossen im Archiv und unterliegt dem Änderungsdienst, es wird noch eingescannt und dem im PDMS vorhandenem Dokument beiliegen.

Dieses Verfahren soll jetzt mit HESY und einem PDM-System vereinfacht werden:

2.3 Neue Möglichkeit – Die Digitale Unterschrift

Die anerkannte digitale Unterschrift

Die Verbindung eines PDMS mit der digitalen Unterschrift durch HESY eröffnet neue Möglichkeiten und Verfahren, welche einen vollständigen digitalen Datenfluss ermöglicht.

Im Anfangsstadium ergeben sich keine Änderungen. Der Konstrukteur erstellt ein neues Dokument, bearbeitet es und checked es ein und aus. Dies geschieht innerhalb des PDM-Systems mit dem dazugehörigem Login. Wenn er das Dokument freigibt, muss er nur noch im erweiterten PDMS den Release-Prozess starten und auf dem HESY-Pad unterschreiben. Im PDMS erhält das Dokument jetzt den Status „prepared“.

Danach wird von dem PDMS eine Nachricht erzeugt, welche den zuständigen „Verantwortlichen Entwicklungsingenieur“ zur Ansicht des Dokuments auffordert. Dieser loggt sich ein und hat dann die Möglichkeit das Dokument zu betrachten. Hat er keine Einwände, unterschreibt er das Dokument ebenfalls mit HESY. Dieses erhält nun den Status „checked“ und bekommt eine neue Revisionsnummer.

Danach wird an alle Partner und den zuständigen Projektingenieur gleichzeitig eine Mail gesendet mit der Aufforderung dieses Dokument zu kontrollieren und zu unterschreiben. Dabei bleibt es immer noch auf dem Server liegen, es wird nur von außen darauf zugegriffen. Wenn keine Änderungen mehr nötig sind, muss es abschließend von jedem digital unterschrieben

werden. Diese Unterschrift wird als Abbild in das Dokument eingefügt und als vollständiger Datensatz daran angehängt.

Es ist hier zu bemerken, dass jeder für sich an seinem Arbeitsplatz unterschreibt, somit fällt der Aufwand, eine Besprechung zu organisieren, weg. Auch sollte eine Fortschrittsabfrage programmierbar sein, womit jederzeit abrufbar ist, von wem die Unterschrift fehlt und ob jemand Änderungsvorschläge hat, welches eventuell ein erneutes Unterschreiben oder Ändern notwendig macht.

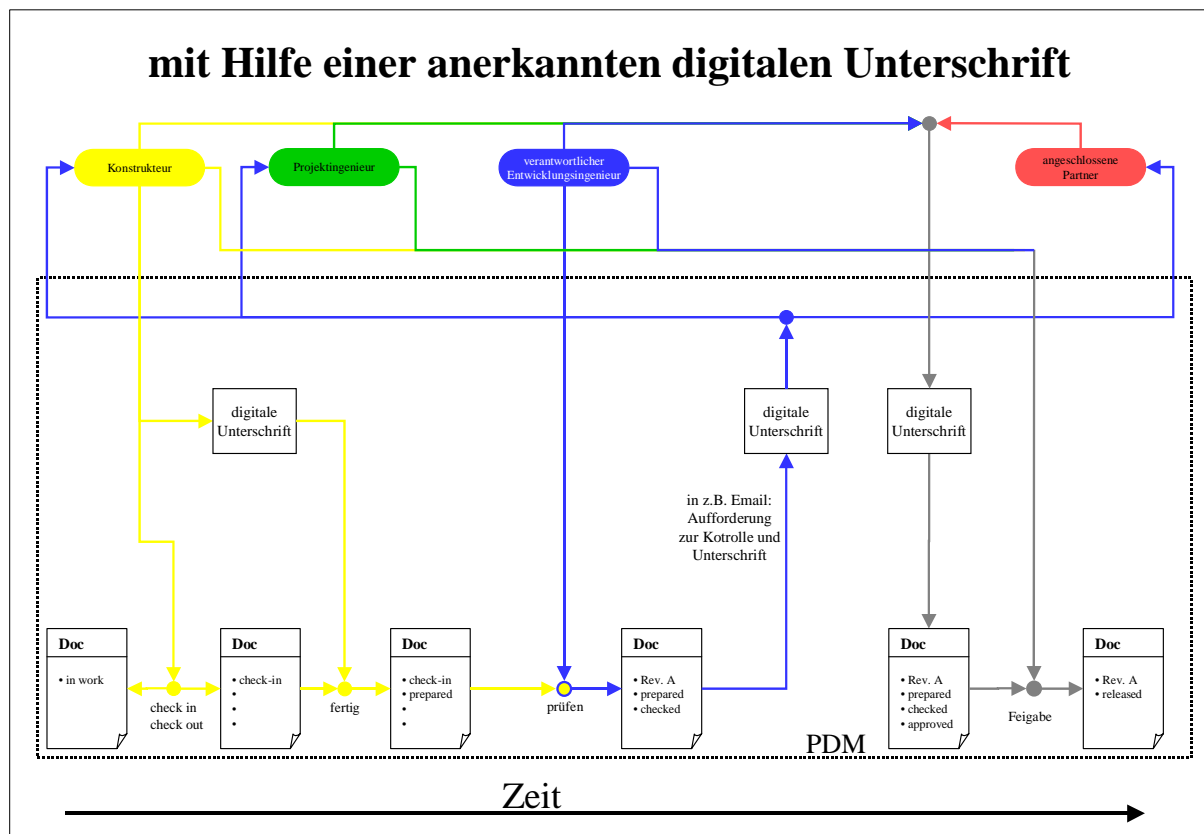


Bild 2.5 Dokumentenmanagement mit Hilfe einer anerkannten digitalen Unterschrift

Wenn alle hierfür notwendigen Beteiligten unterschrieben haben, geht eine Mitteilung an den Projektgenieur und er kann im PDMS das Dokument auf den Status „released“ setzen.

Dieses elektronische Work-Flow Management ersetzt zwar nicht die Kommunikation zwischen den einzelnen Partnern, aber der organisatorische Aufwand, ein Produkt zu entwickeln, sollte sich nachdem das System eingespielt ist, im Vergleich zu gelenkten Papierdokumenten, erheblich verringern.

Die Sicherheit und Akzeptanz

Der Umstand, dass die Kommunikation papierlos ist, stellt sehr hohe Anforderungen an die Datensicherung. Dies wird umfassend durch gesetzliche und betriebsinterne Vorschriften geregelt. Allerdings ist ein System nur so sicher wie das schwächste Glied.

Die Soft- und Hardware kann man redundant und sicher programmieren, mit dem Menschen gelingt das nicht so leicht. Um eine ausreichende Akzeptanz dieses neuen Systems zu schaffen, sind am Anfang Schulungen der Mitarbeiter notwendig. Erst wenn diese die Notwendigkeit und Vorteile der digitalen Unterschrift und der vollständig virtuellen Entwicklung verinnerlicht haben wird dieses System reibungslos funktionieren. Der Aufwand sollte sich aber auf lange Sicht durch den gesparten Änderungsdienst, die nun elektronisch gelenkten Dokumente, und dem Wegfall der Meetings rechnen.

3 Parametrisierter Flugzeugentwurf

3.1 Konstruktionselemente in CATIA

CATIA V5 ist ein volumenorientiertes CAD-Programm, wobei CATIA nicht nur ein reines CAD-Programm ist. Mit der heutigen Version R11 bietet das Programmpaket CATIA V5 eine Vielzahl von Programmen, nützlichen Werkzeugen und zusätzlichen Modulen für die Konstruktion, Berechnung, Planung und letztendlich auch für die Fertigung. Zusammen mit SmarTeam als Projektdatenmanagementsoftwarelösung (PDM) können fast alle Bereiche in der Planung, Entwicklung und Konstruktion eines Projektes abgedeckt werden.

Trotz der hohen Leitungsfähigkeit basiert das Programm auf den einfachen Geometrietypen (Punkt, Kreis, Linie, und Spline), Flächenmodellen (Ebene, Zylinder- oder Freiformfläche) und Volumenmodellen (Block, Kugel, Kegel und Zylinder).

CATIA V5 bietet mehrere Möglichkeiten diese Objekte zu konstruieren. Man kann die Volumenmodelle direkt erzeugen oder aus mehreren Flächen das Volumenmodell ableiten.

Die für die Parametrisierung bewährteste Vorgehensweise ist aber, zuerst auf einer 2D Konstruktionsebene den Grundriss der Fläche zu beschreiben und daraus dann eine Freiformfläche zu erstellen. Aus dieser Fläche wird ein Volumenmodell erzeugt, bei dem alle Parameter im Nachhinein noch verändert werden können. Alle mit einer Bemaßung versehenen Parameter von konstruierten Objekten können in eine Excel Tabelle exportiert und dort verändert werden. Dabei ist dringend darauf zu achten, dass im Sketcher keine negativen Längen verarbeitet werden.

3.1.1 Einfache Objekte

Punkte

Punkte haben in CATIA, wie in jedem anderen 3-D Konstruktionsprogramm, drei Koordinaten X, Y und Z. Im Sketcher gibt es, da hier eine 2 dimensionale Umgebung vorliegt, nur die Dimensionen V und H.

Linien, Polylinien, Splines

Linien sind Verbindungen zwischen Punkten. Jede Linie ist durch die Anzahl ihrer Punkte definiert und damit auch ihre möglichen Parameter. Bei Linien bietet CATIA noch die Möglichkeit Start- und Endwerte festzulegen von diesen ausgehend dann erst die Linie erzeugt wird.

Ebenen

Eine Ebene ist durch 3 Punkte im Raum oder eine Ebenengleichung bestimmt. Mit CATIA ist es möglich, Ebenen anhand von Schnittkanten, Offsets, Linien oder Punkten zu erzeugen.

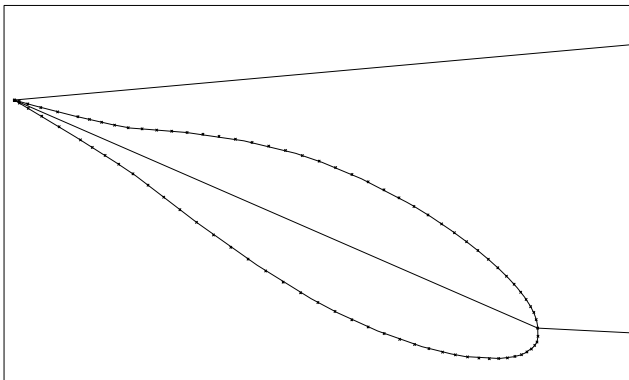


Bild 3.1 Punkte zu Splines und Linien verbunden

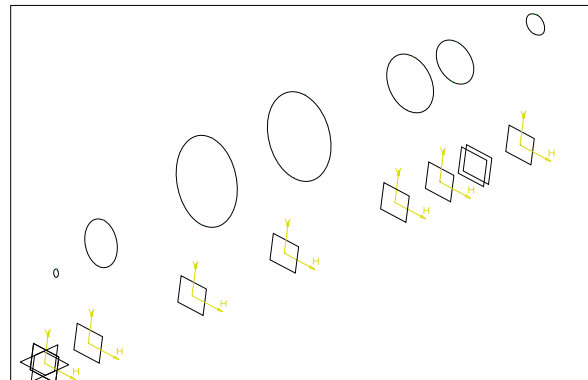


Bild 3.2 Ebenen mit Ellipsen

3.1.2 Flächen und Volumen

Freiformflächen

Freiformflächen, in CATIA Lofts genannt, können auf verschiedene Arten erzeugt werden.

Die gebräuchlichste Art ist es, Lofts anhand von 2D Gitterstrukturen zu erzeugen. Dabei wird eine Oberfläche „über“ diese Konturen gebildet. Diese Fläche kann zusätzlich mit Führungs- und Leitlinien beschrieben werden, um die zu erzeugende Form genauer zu beschreiben.

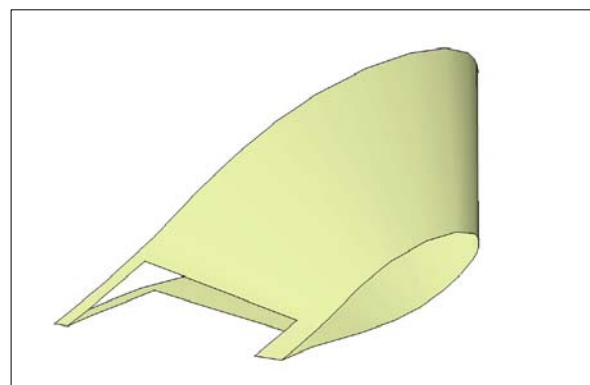


Bild 3.3 Freiformfläche

Die weitere Möglichkeit ist es, Flächen entlang einer Linie auf einer Fläche auszuweiten. Siehe Bild 3.3.

Volumenmodelle

Volumenmodelle können bei CATIA direkt im Part-Design konstruiert werden. Hierfür stehen eine große Anzahl von verschiedenen Objekten zur Verfügung, die sich aber alle auf einfache geometrische Primitives wie Quader, Kugel, Kegel und weiteres stützen.

Um dreidimensional geformte Körper anzufertigen, ist es sinnvoll diese aus den vorher definierten Flächen zu erzeugen. Dazu ist es in CATIA notwendig, dass diese einen geschlossenen Raum bilden, welcher dann von dem Volumenelement ausgefüllt wird.

All diese Flächen können zusätzlich mit Hilfe von z.B. Verrundungen und Übergängen bearbeitet werden um die gewünschte Form zu erreichen.

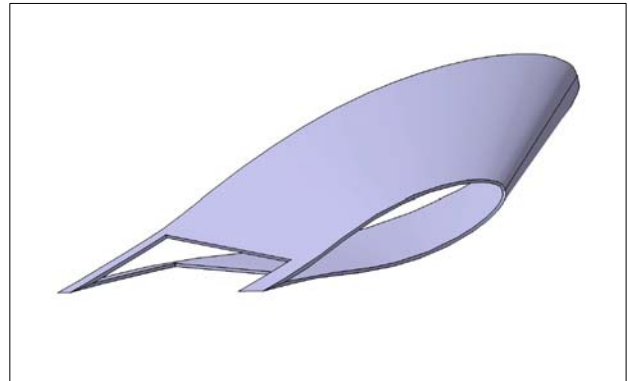


Bild 3.4 Volumenmodell

Schnitte

Schnitte können entlang von ebenen Flächen oder Linien erfolgen. Das Ergebnis, wenn zwei Flächen miteinander verschnitten werden, ist neben der abgeschnittenen Fläche auch eine Schnittkurve, welche weiter verwendet werden kann.

In CATIA können auch subtraktive oder additive Schnittmengen von Volumen erzeugt werden. Damit ist es möglich auch komplexe Körper aus einfachen Geometrien zu erstellen.

Abbildungen

Linien, Splines, Punkte und andere Gitterelemente können in CATIA auf Flächen abgebildet werden. Hierzu muss neben dem abzubildenden Objekt auch noch eine Abbildungsfläche definiert werden, diese muss nicht zwingend eben sein.

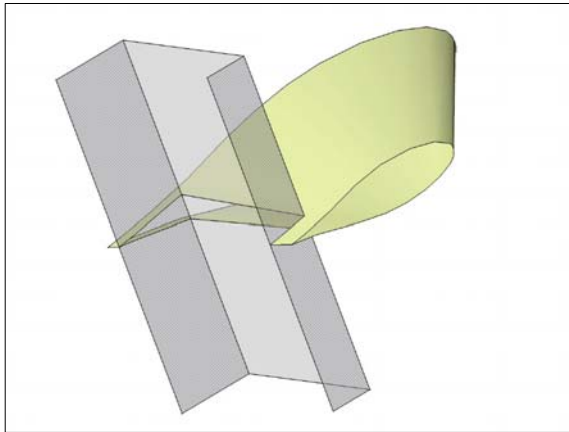


Bild 3.5 Schnittebene für Seitenruder

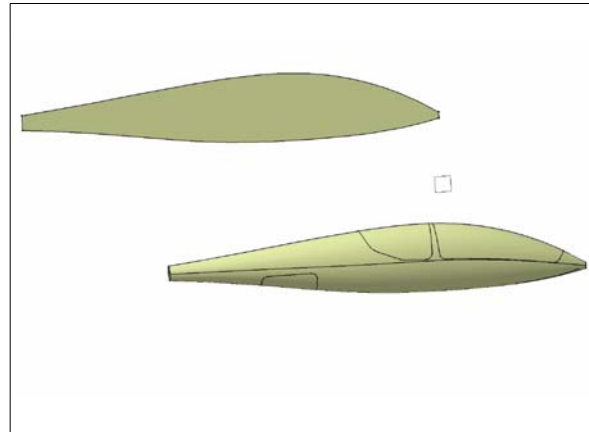


Bild 3.6 Auf eine Ebene projizierte Seitenfläche des Rumpfes

3.1.3 Interne Zusammenhänge und Abhängigkeiten

Skizze

Die Skizzieroberflächen von CATIA, Sketcher genannt, basieren auf einer Bezugsebene. Man braucht diese um die zweidimensionalen Grundgerüste zu erstellen. Innerhalb dieser Skizze ist es möglich, zweidimensional zu konstruieren und die entsprechenden Objekte zu bemaßen. Diese Werte können später wieder verändert oder mit Formeln interaktiv berechnet werden.

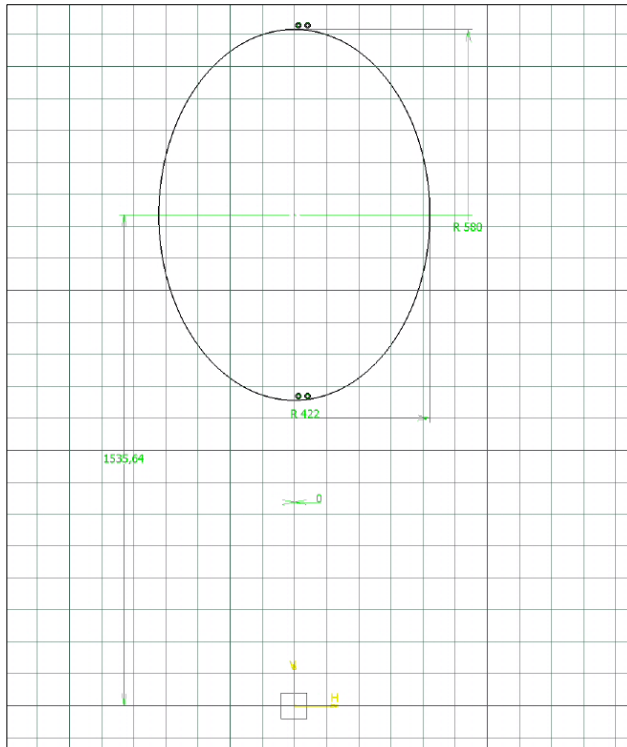
Konstruktionstabellen

Jeder gemessene oder selbst erzeugte Parameter kann von CATIA in eine Konstruktionstabelle exportiert werden. CATIA kann diese in Textfiles oder Exceltabellen speichern und später auch wieder einlesen. Damit ist es möglich auch im Nachhinein noch Einfluss auf die Konstruktion zu nehmen.

Wegen der besseren Möglichkeit die Tabellen in Excel zu bearbeiten und auch mit zusätzlichen Formeln zu ergänzen wird in dieser Arbeit dieses Format verwendet.

Formeln und Abhängigkeiten

Wie oben erwähnt, kann jeder bemessene Wert in CATIA V5 exportiert oder mit Hilfe einer Formel von anderen Werten oder Parametern abhängig gemacht werden. Dabei ist zu beachten, dass CATIA V5 immer mit Einheiten rechnet und diese auch konsistent verlangt.



A	B	C
1 Rumpf Geometrie/Ebene Ellipse 01/Ebene - Offset 1/Offset (mm)	0	
2 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 01/Ellipse 1 y/Offset (mm)	0	
3 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 01/Ellipse 1 x/Offset (mm)	121,88	
4 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 01/HalbAchse 1 a (z)/Radius (mm)	52,875	
5 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 01/HalbAchse 1 b (y)/Radius (mm)	32,5245	
6 Rumpf Geometrie/Ebene Ellipse 02/Ebene - Offset 1/Offset (mm)	664	
7 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 02/Ellipse 2 y/Offset (mm)	0	
8 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 02/Ellipse 2 x/Offset (mm)	134,12	
9 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 02/HalbAchse 2 a (z)/Radius (mm)	307,395	
10 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 02/HalbAchse 2 b (y)/Radius (mm)	225,471	
11 Rumpf Geometrie/Ebene Ellipse 03/Ebene - Offset 1/Offset (mm)	2241	
12 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 03/Ellipse 3 y/Offset (mm)	0	
13 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 03/Ellipse 3 x/Offset (mm)	1535,64	
14 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 03/HalbAchse 3 a (z)/Radius (mm)	580	
15 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 03/HalbAchse 3 b (y)/Radius (mm)	422	
16 Rumpf Geometrie/Ebene Ellipse 04/Ebene - Offset 1/Offset (mm)	3641	
17 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 04/Ellipse 4 y/Offset (mm)	1559	
18 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 04/HalbAchse 4 a (z)/Radius (mm)	560	
19 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 04/HalbAchse 4 b (y)/Radius (mm)	440	
20 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 05/Ellipse 5 y/Offset (mm)	5321	
21 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 05/Ellipse 5 x/Offset (mm)	0	
22 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 05/Ellipse 5 z/Offset (mm)	1600	
23 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 05/HalbAchse 5 a (z)/Radius (mm)	369	
24 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 05/HalbAchse 5 b (y)/Radius (mm)	255	
25 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 05/HalbAchse 5 c (x)/Radius (mm)	6001	
26 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 06/Ellipse 6 y/Offset (mm)	0	
27 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 06/Ellipse 6 x/Offset (mm)	1610,5	
28 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 06/HalbAchse 6 a (z)/Radius (mm)	264,506	
29 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 06/HalbAchse 6 b (y)/Radius (mm)	260,757	
30 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 07/Ebene - Offset 1/Offset (mm)	7221	
31 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 07/Ellipse 7 y/Offset (mm)	0	
32 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 07/Ellipse 7 x/Offset (mm)	1630	
33 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 07/HalbAchse 7 a (z)/Radius (mm)	129	
34 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 07/HalbAchse 7 b (y)/Radius (mm)	129	
35 Rumpf Geometrie/Skizze Ellipse 07/HalbAchse 7 c (x)/Radius (mm)	375	
36 Verschnittenen/Verschnittungslinie vom Skizze/vom Abstand Punkt 1/Offset (mm)	2810	
37 Verschnittenen/Verschnittungslinie vom Skizze/vom Abstand Punkt 2/Offset (mm)	150	
38 Verschnittenen/Verschnittungslinie vom Skizze/vom Länge 2/Länge (mm)	500	
39 Verschnittenen/Verschnittungslinie vom Skizze/vom Länge 2/Länge (mm)	12000	
40 Verschnittenen/Verschnittungslinie vom Skizze/vom Radius Kabine/Radius (mm)	90	
41 Verschnittenen/Verschnittungslinie vom Skizze/vom Rundungsradius 1/Radius (mm)	38	
42 Verschnittenen/Verschnittungslinie vom Skizze/vom Rundungsradius 2/Radius (mm)	5	
43 Verschnittenen/Verschnittungslinie vom Skizze/vom Winkel 1/Winkel (deg)	2800	
44 Verschnittenen/Verschnittungslinie vom Skizze/vom Winkel 2/Winkel (deg)	3300	
45 Verschnittenen/Verschnittungslinie hinten Skizze/hinten Abstand Punkt 1/Offset (mm)		
46 Verschnittenen/Verschnittungslinie hinten Skizze/hinten Abstand Punkt 2/Offset (mm)		

Bild 3.7 Skizze für 3. Rumpfellipse

Bild 3.8 Konstruktionstabelle für den Rumpf

-f(w) Formel.2: `Geometrie\Wurzel Bezugsebene\Ebene - Winkel.1\Winkel` = `Geometrie\Geometrie Seitenleitwerk\Wurzel Winkel\Winkel`
-f(w) Formel.3: `Geometrie\Geometrie Seitenleitwerk\Abschluss 25% Punkt\Offset` = `Geometrie\Geometrie Seitenleitwerk\Abschluss Länge\Länge` * 1/4
-f(w) Formel.4: `Geometrie\Geometrie Seitenleitwerk\Wurzel 25% Punkt\Offset` = `Geometrie\Geometrie Seitenleitwerk\Wurzel Länge\Länge` * 1/4
-f(w) Formel.5: `Geometrie\Abschluss Bezugsebene\Ebene - Winkel.1\Winkel` = `Geometrie\Geometrie Seitenleitwerk\Abschluss Winkel\Winkel`
-f(w) Formel.1: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 02x\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,00107
-f(w) Formel.6: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 03x\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,00428
-f(w) Formel.7: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 04x\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,00961
-f(w) Formel.8: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 02y\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,00822*Profilfaktor.3
-f(w) Formel.9: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 03y\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,01455*Profilfaktor.3
-f(w) Formel.10: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 04y\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,01903*Profilfaktor.3
-f(w) Formel.11: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 02x\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,00107
-f(w) Formel.12: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 03x\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,00428
-f(w) Formel.13: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 04x\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,00961
-f(w) Formel.14: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 02y\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,00822*Profilfaktor.3
-f(w) Formel.15: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 03y\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,01455*Profilfaktor.3
-f(w) Formel.16: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 04y\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,01903*Profilfaktor.3
-f(w) Formel.17: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 05y\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,02446*Profilfaktor.3
-f(w) Formel.18: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 05x\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,01704
-f(w) Formel.19: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 06x\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,02653
-f(w) Formel.20: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 07x\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,03806
-f(w) Formel.21: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 08x\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,05156
-f(w) Formel.22: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 09x\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,06699
-f(w) Formel.23: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 10x\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,08427
-f(w) Formel.24: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 11x\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,10332
-f(w) Formel.25: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 12x\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,12408
-f(w) Formel.26: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 13x\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,14645
-f(w) Formel.27: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 14x\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,17033
-f(w) Formel.28: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 15x\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,19562
-f(w) Formel.29: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 16x\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,22221
-f(w) Formel.30: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 17x\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,25
-f(w) Formel.31: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 18x\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,27866
-f(w) Formel.32: `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)\Aufmaß 0 19x\Offset` = `Flächen\Abschlussprofil (FX71L150-25)_Referenzmaß\Offset` * 0,30866

Bild 3.9 Formeln für Seitenleitwerk

3.2 Entwurf eines vollständig parametrisierten Flugzeuges

In den nachfolgenden Kapiteln wird der Entwurf der äußeren Hülle eines Flugzeuges beschrieben. Auf alle Parameter kann im Nachhinein durch die Exceltabellen zugegriffen werden und des können Änderungen vorgenommen werden.

Da ein Großteil des Entwurfes auf Skizzen beruht, können allerdings keine negativen Längen und Abstände eingegeben werden. Falls das erforderlich ist, kann durch die Funktion „Position umschalten“, in den Eigenschaften der Länge, die Richtung der Bemaßung geändert werden.

3.2.1 Rumpf

Der Rumpf ist das zentrale Verbindungselement fast aller anderen Komponenten und ist eines der wichtigsten Parts in diesem Entwurf. Neben der eigentlichen Form und den Ausschnitten werden hier die Positionen von Flügel und Leitwerk festgelegt.

Formgebung

Die eigentliche Form des Rumpfes wird durch sieben Ellipsen festgelegt. Diese werden auf den jeweiligen Bezugsebenen erzeugt. Innerhalb dieser Ebene kann dann der Mittelpunkt der Ellipse noch in X- und Y-Richtung verschoben werden. Die weiteren Parameter der Ellipsen ist die Größe der beiden Halbachsen. Für die 2. Ellipse heißen z.B. die Parameter wie folgt:

- `Rumpf Geometrie\Ebene Ellipse 02\Ebene - Offset.1\Offset` (mm)
- `Rumpf Geometrie\Skizze Ellipse 02\Ellipse 2 y\Offset` (mm)
- `Rumpf Geometrie\Skizze Ellipse 02\Ellipse 2 z\Offset` (mm)
- `Rumpf Geometrie\Skizze Ellipse 02\HalbAchse 2 a (z)\Radius` (mm)
- `Rumpf Geometrie\Skizze Ellipse 02\HalbAchse 2 b (y)\Radius` (mm)

der Wert in Klammern gibt die Dimension, hier Millimeter, an.

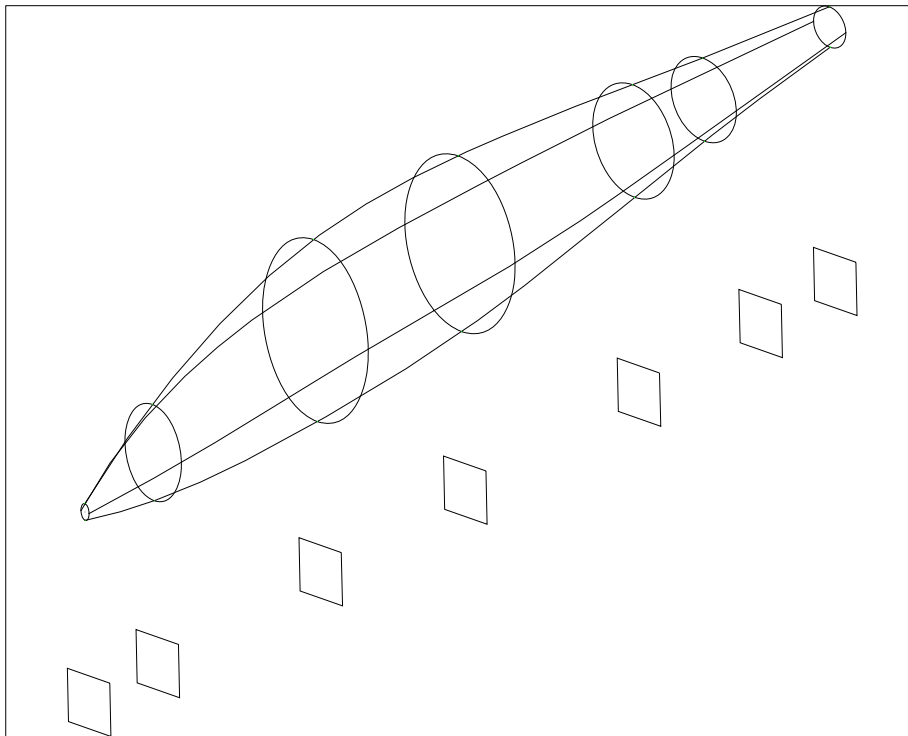


Bild 3.10 Rumpf mit Splines und Ellipsen

Um eine eindeutige Form zu erzeugen werden jeweils 4 Splines über die oberen und unteren, sowie die äußeren linken und rechten Maximalpunkte gelegt. Diese Kurven sind notwendig, damit der von CATIA erzeugte Oberflächenkörper, auch Loft genannt, genau definiert ist. Die für den Loft notwendigen Elemente sind die Ellipsen. Die Splines dienen als Führungskurven um die Genauigkeit des Lofts zu erhöhen.

Projektionsflächen

Für die Anbindung an Mathcad und die damit verbundene Optimierung sind Daten aus dem CAD Modell nötig, die nicht sofort aus den vorhandenen Körpern errechnet werden können. Momentan ist das die Grund- und die Seitenfläche des Rumpfes.

Dazu werden 2 Ebenen (XY und XZ) mit einem sehr großen Offset vom Ursprung erzeugt. Der große Abstand ist nicht notwendig, aber durch ihn ist eine uneingeschränkte Sicht auf das Modell möglich. Auf diese Ebenen wird dann der Rumpf projiziert. Da es nicht möglich war ein direktes Abbild des Rumpfes zu erzeugen, werden hierfür auch die Splines genutzt.

Ausschnitte

Für die Modellierung des Cockpits, des Bugfahrwerks, sowie eines Wartungsschachts sind Ausschnitte am Rumpf nötig. Dazu wird für jeden Ausschnitt eine eigene Ebene mit einer dazugehörigen Skizze erzeugt, auf der ein Grundriss des jeweiligen Ausschnittes konstruiert ist. Nur so ist es später möglich, die einzelnen Elemente getrennt voneinander zu bearbeiten.

Der Abstand der Bezugsebenen und die Länge der Schnittfläche ist abhängig von den Ellipsoiddurchmessern des Rumpfes. So kommt es bei starker Vergrößerung des Rumpfes nicht zu Komplikationen bei den Ausschnitten.

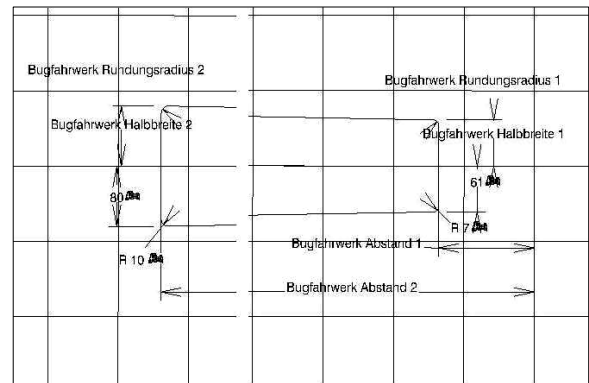
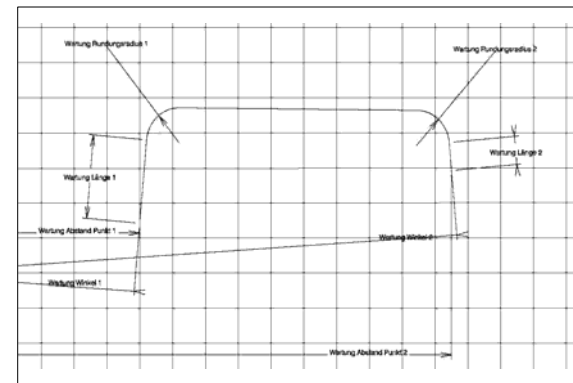
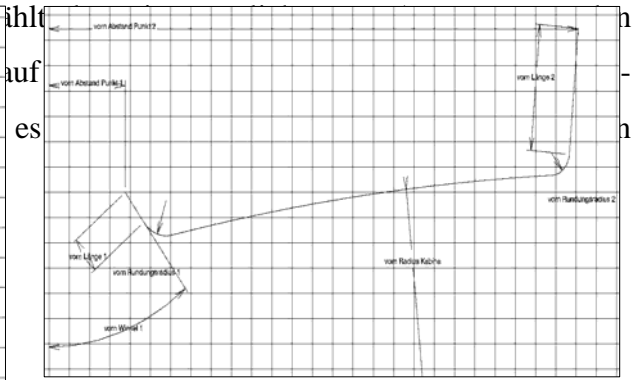
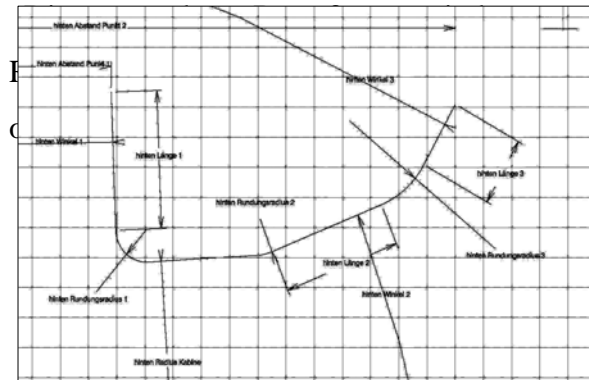


Bild 3.13 Parameter des Ausschnittes für den Wartungsschacht

Bild 3.14 Parameter des Ausschnittes für das Bugfahrwerk

kommen. Die verschiedenen Bezeichnungen der einzelnen Maße ist aus bis Bild 3.14 zu sehen. Diese Bezeichnungen werden auch in der zum Rumpf gehörigen Konstruktionstabelle verwendet.

Anbindung von Leitwerk und Flügel

Damit im gesamten späteren Projekt Flügel und Leitwerk angebunden werden können, müssen Einfügekpunkte geschaffen werden. Bei dem Seitenleitwerk und der Finne ist die Position durch die Absolutlänge von der Rumpfspitze aus gegeben. Der konstruierte Einfügekpunkt ist ein Schnittpunkt der Bezugsebene mit dem oberen bzw. unterem Spline des Rumpfes.

Der Einfügekpunkt des Flügels ist durch Absolutkoordinaten vom Ursprung aus definiert.

3.2.2 Flügel

Der Flügel des Modells ist als Dreifachtrapezflügel ausgelegt, wobei der äußere Abschnitt auch als Winglet genutzt werden kann. Da der Flügel symmetrisch ist, wird nur die in Flugrichtung linke Seite konstruiert, die rechte Seite ist eine Spiegelung an der Wurzelebene des Flügels.

Die gesamte äußere Form des Flügels ist durch die Länge und Lage der vier Profilsehnen in den Knicken bestimmt. Die Lage wird durch die 3-dimensionale Position und den Schränkungswinkel festgelegt und ist mit Hilfe der Konstruktionstabelle für jede einzelne Profilsehne änderbar. Die Anfangs und Endpunkte der Profilsehnen werden zur Nasen- und Endkante als Polylinien verbunden. Zusätzlich werden die 25% Punkte auch den Profilsehnen erzeugt und auch durch sie eine Polylinie, die 25%-Linie, gezogen.

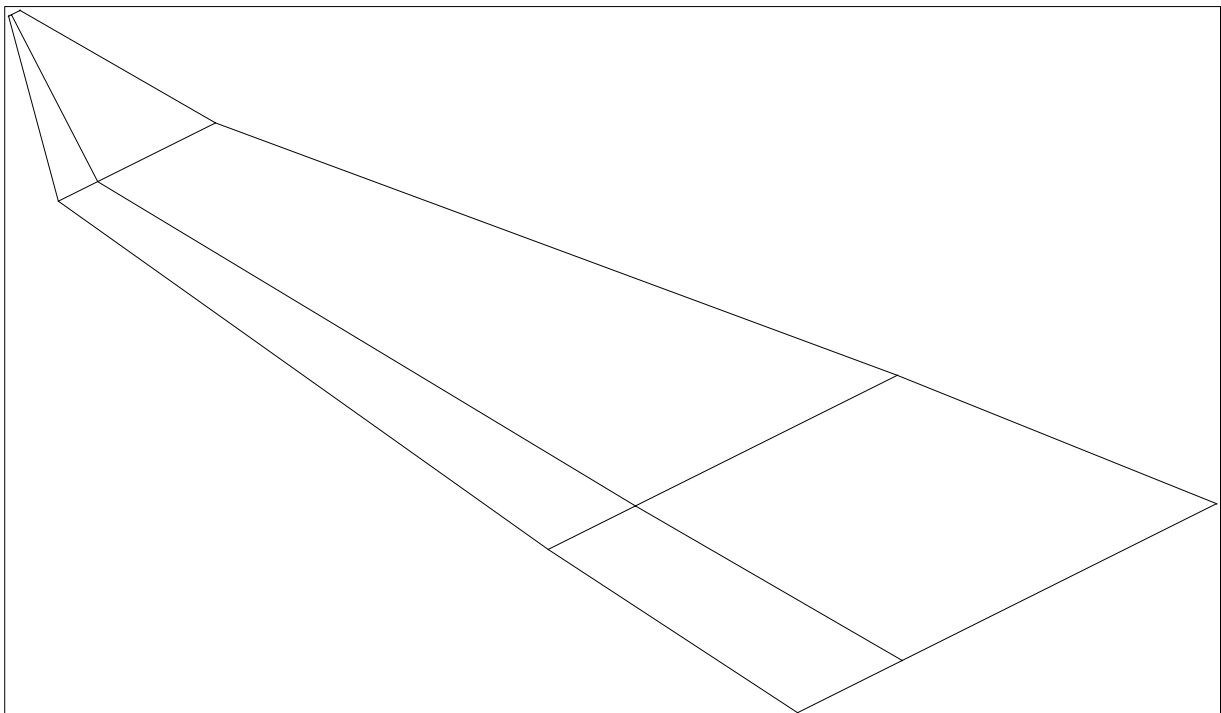


Bild 3.15 Grundgerüst der Geometrie des Flügels

Durch die Tiefe der Profilsehne ist die Form des Profils bestimmt, da dies einzige Abhängigkeit bei einem geraden Schnitt ist. Um bei einem Knick des Flügels die korrekte Abbildung des Profils zu gewährleisten, muss die Profildicke im Schnitt erhöht werden. Das Maß der Vergrößerung gibt der „Profilfaktor“ an. Er errechnet sich aus den Winkeln des jeweiligen Knickes im Flügels.

Über die so erzeugten Profile wird ein Loft „Flügelloft“ generiert, mit der Nasen- und Endkante als Führungskurven.

Ruder

In diesem Modell des Flügels sind 3 Ruder bzw. Klappen und ein Trimmruder integriert. Diese werden von innen nach außen durchnummeriert und besitzen die Namen „Ruder 1“ bis „Ruder 3“ und Trimmruder. Das Trimmruder befindet sich innerhalb des äußersten Ruders.

Die Länge der Ruder ist bestimmt durch den prozentualen Abstand zu der jeweiligen Bezugsebene und der prozentualen Flügeltiefe. Die jeweilige Bezugsebene ist, kann aus Bild 3.16 entnommen werden.

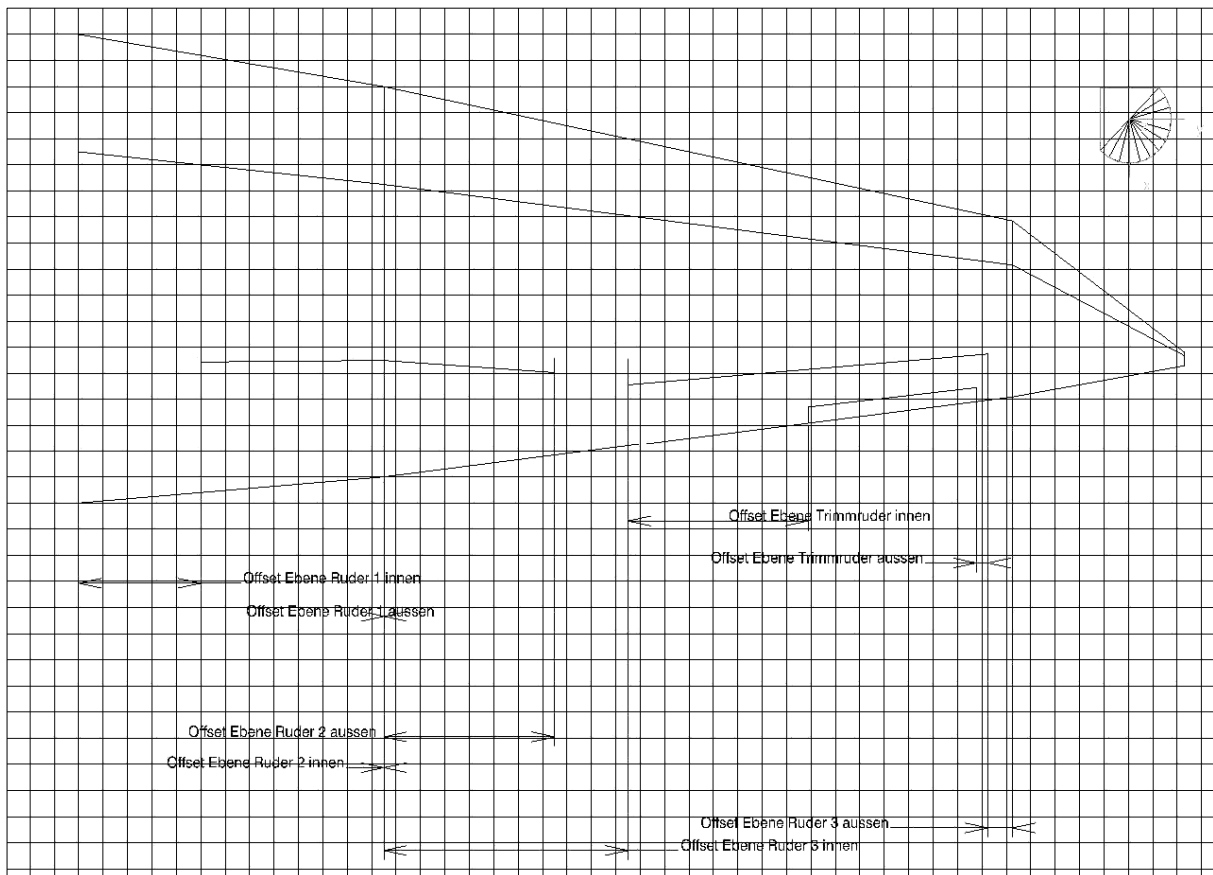


Bild 3.16 Bezugsebenen für die Ruder

Fahrwerksausschnitt

Die Klappe für das Fahrwerk liegt zwischen dem ersten und zweitem Flügeltrapez. Welche Parameter für die Konstruktion verwendet werden, ist in Bild 3.17 zusammengestellt.

Die erzeugte Klappe besteht auch aus zwei Teilflächen, was durch die Lofts der Flügeltrapeze bedingt wird.

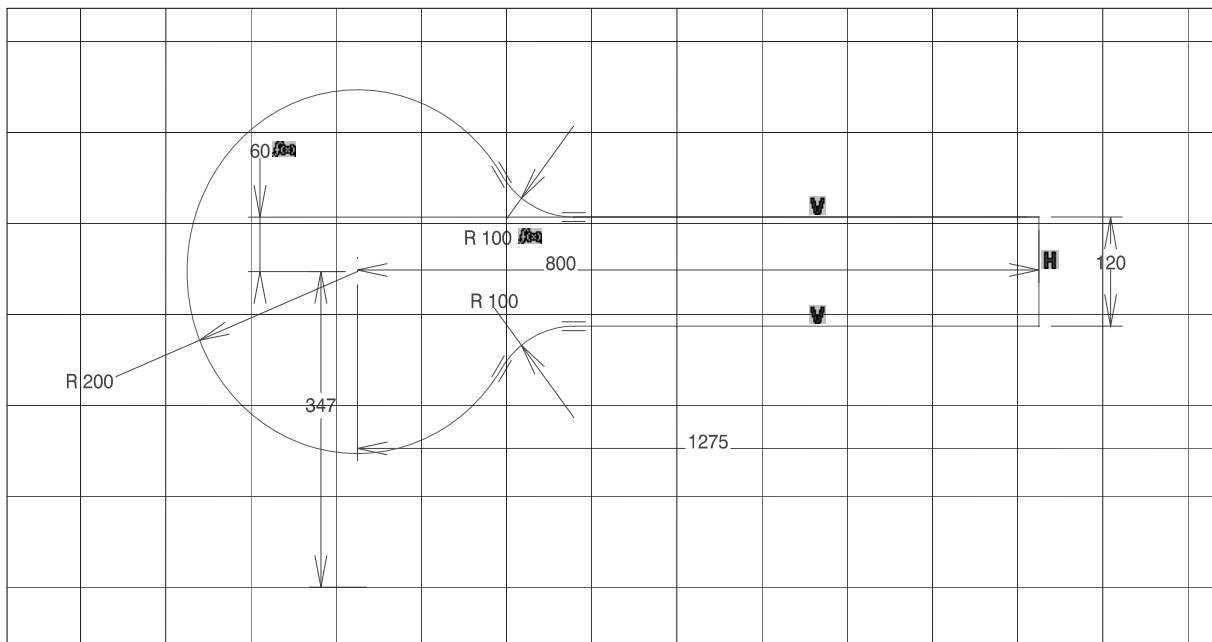


Bild 3.17 Geometrie des Fahrwerksausschnittes

3.2.3 Leitwerk

Alle Teile des Leitwerks beruhen auf dem gleichen Aufbau wie der Flügel, aber durch die schlichtere Geometrie ergeben sich besonders beim Seitenleitwerk und der Finne erhebliche Vereinfachungen.

Höhenleitwerk

Das Höhenleitwerk ist ähnlich aufgebaut wie der Flügel. Es besteht aus einem Doppeltrapez, das durch die gleichen Parameter wie der Flügel beschrieben wird. Auch hier können die Profilsehnen in alle Koordinatenrichtungen verschoben werden, sowie Länge und Schrängungswinkel geändert werden.

Das einfache Höhenruder ist im ersten Abschnitt integriert. Die Länge und Tiefe der Ruder ist, wie im Flügel, durch den prozentualen Abstand vom Abschnitt der Flügelabschnitte und der prozentualen Flügeltiefe parametrisiert.

Zum Einfügen des Seitenleitwerkes sind in der Skizze des Wurzelprofils zusätzlich 2 Punkte vorhanden. Diese liegen auf der Wurzelprofilsehne und sind durch den wiederum prozentualen Abstand von der Nasenkante bzw. Hinterkante definiert. Diese Parameter können, wie auch alle anderen, in der zum Höhenleitwerk gehörigen Konstruktionstabelle verändert werden.

Seitenleitwerk und Finne

Das Seitenleitwerk und die Finne bestehen im Gegensatz zum Flügel nur aus zwei Profilen. Diese Profile können bei diesen beiden Leitwerken auch im Einstellwinkel verändert werden. Nur ist dies, bedingt durch die vertikale Lage, jetzt ein anderer Winkel als im Höhenleitwerk oder Flügel.

Das Seitenleitwerk verfügt über ein Ruder, dieses ist wie die Ruder im Flügel und Höhenleitwerk parametrisiert und kann auch mit Hilfe einer Exceltabelle verändert werden. Ein Trimmruder am Seitenleitwerk und der Finne nicht.

3.2.4 Zusammenbau

Der Rumpf, der Flügel, das Höhen- und Seitenleitwerk und die Finne sind jeweils einzelne Parts und werden getrennt in einzelnen Verzeichnissen mit den dazugehörigen Exceltabellen gespeichert.

Alle einzelnen Parts werden zusammen in ein Produkt geladen und dort anhand verschiedener Bedingungen verbunden. Um eine eindeutige Anbindung zu gewährleisten sind für jede Verbindung mindestens 3 Bedingungen notwendig.

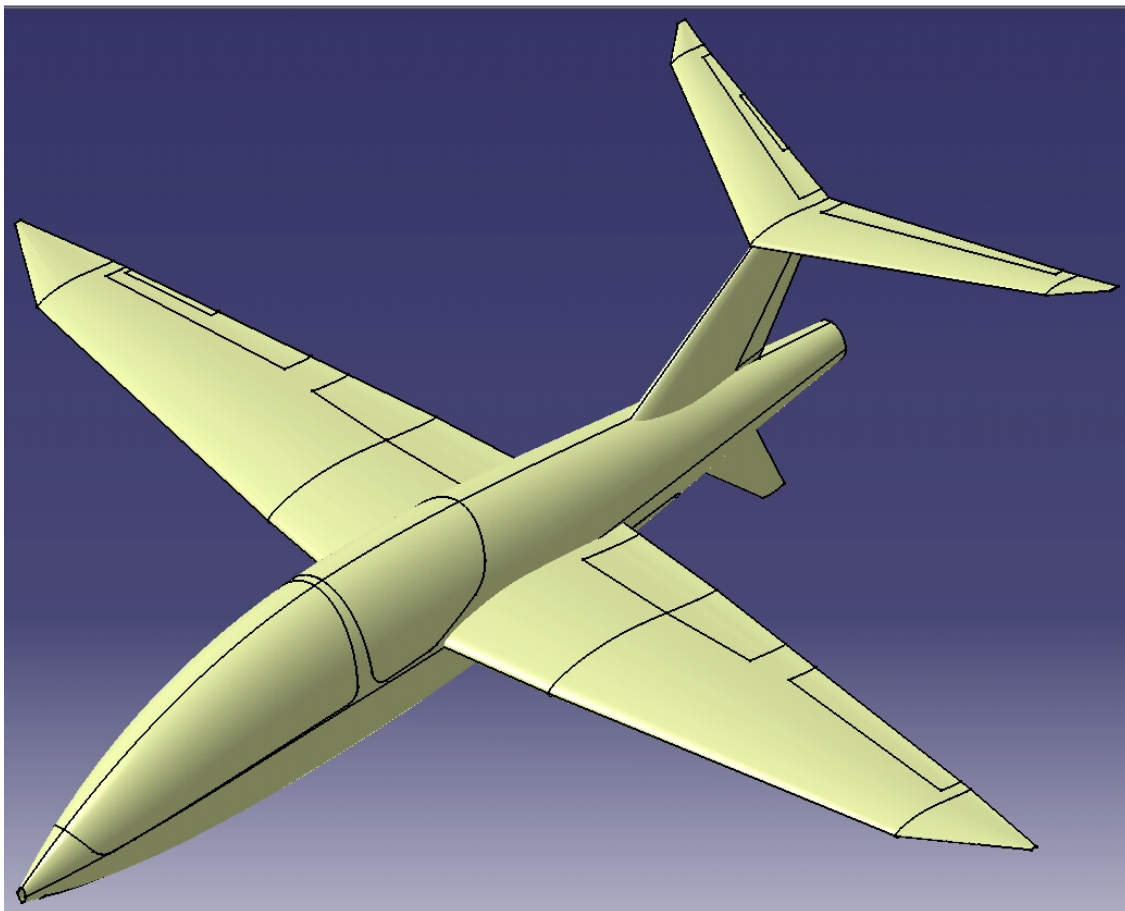


Bild 3.18 Isometrische Ansicht des komplettes Projekt

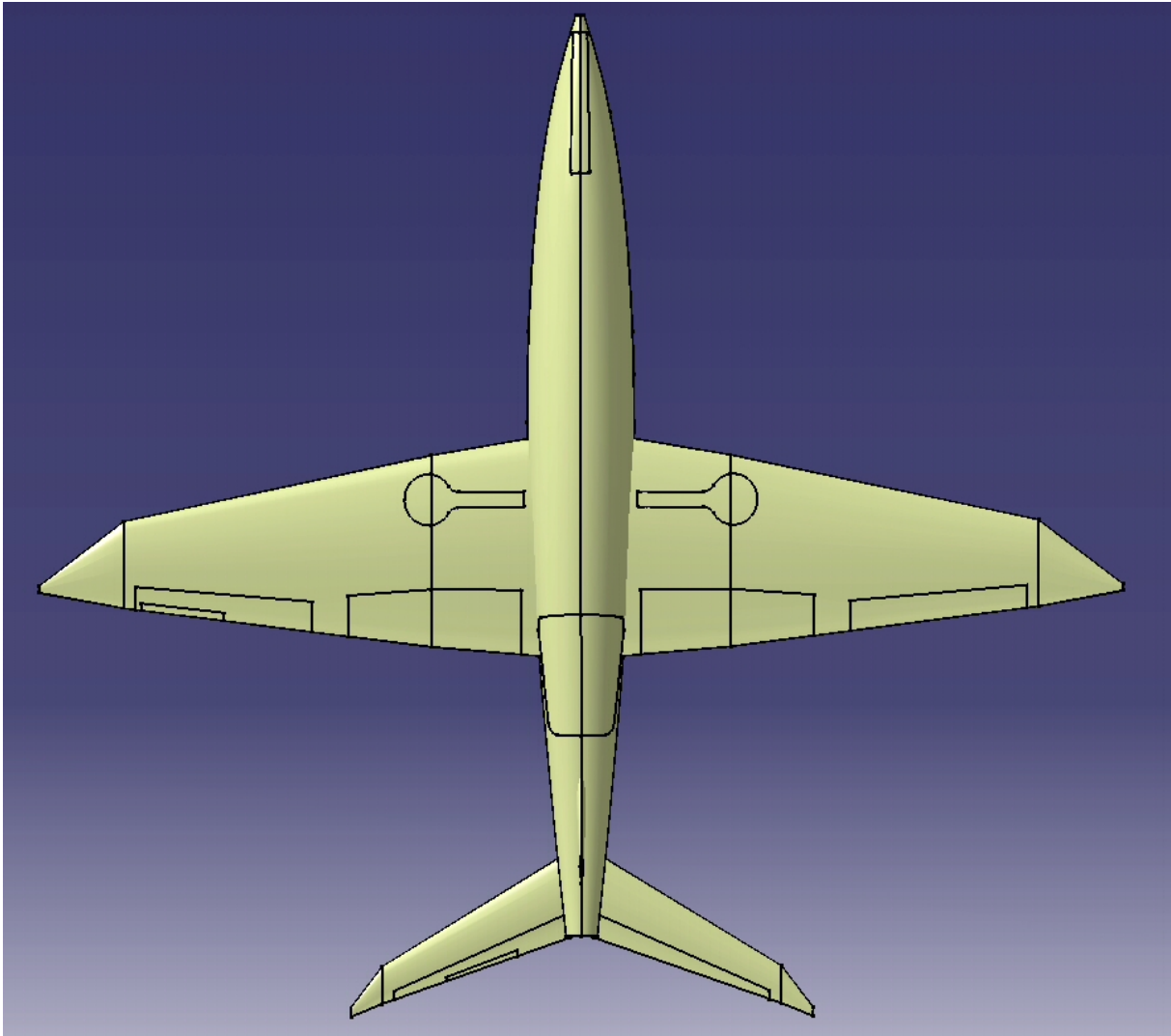


Bild 3.19 Ansicht von unten

4 Grundlage und Philosophie der semantischen Featuretechnik

4.1 Projekt „Pegasus Rebell“ im IFB

Der im Kapitel 3 beschriebene parametrisierte Flugzeugentwurf ist ein Teil des gesamten Projekts „Pegasus Rebell“ innerhalb des IFB's. Dieses Projekt besteht aus einer Dissertation [viii] und eine Vielzahl an Studien- oder Diplomarbeiten, es wird der vollständige Entwicklungsprozess eines Flugzeuges beschrieben.

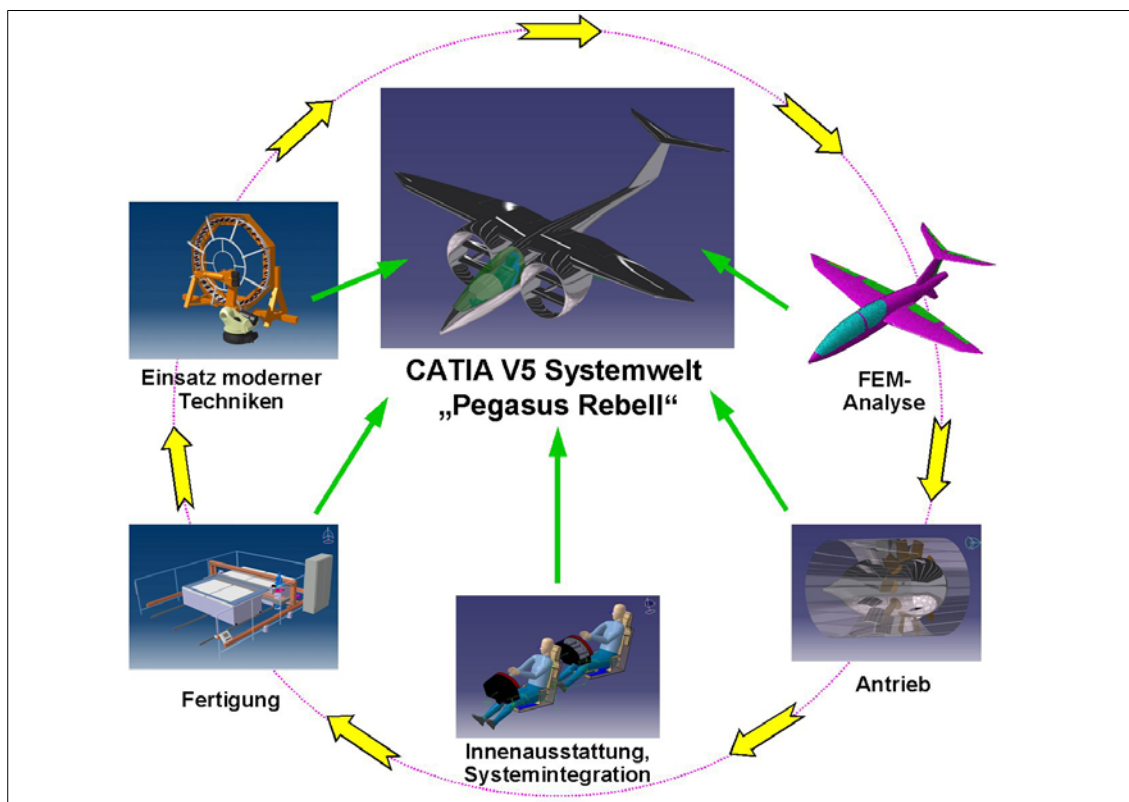


Bild 4.1 CATIA Projektstruktur "Pegasus Rebell"

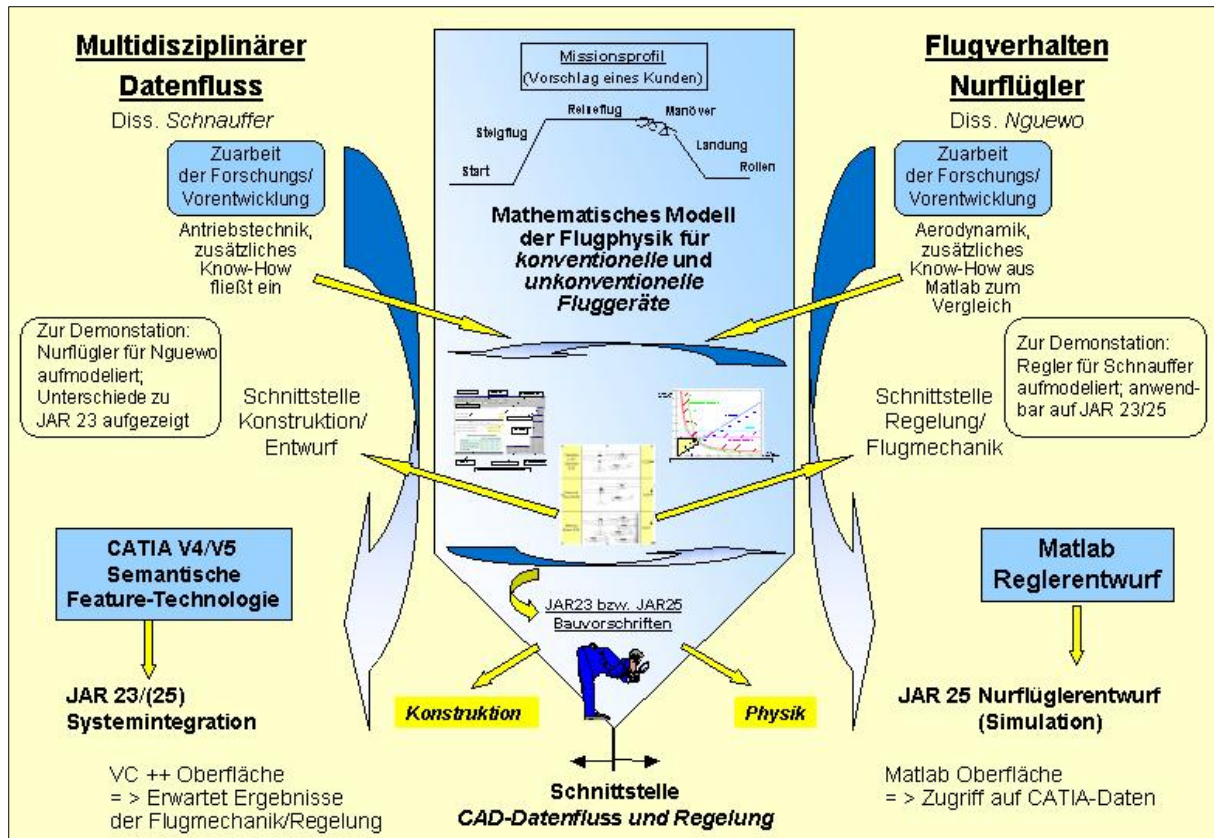


Bild 4.2 Schnittstellen zwischen der Konstruktion (Diss. Schnauffer) und der Mathematik (Diss. Nguewo)

Ziel des Entwurfes ist es, den Entwicklungsprozess eines Flugzeuges von der entwerfenden Mathematik bis zur Fertigung zu beschreiben [viii]. Der parametrisierte Flugzeugentwurf ist das Kernstück dieses Projektes. Hierbei ist der Ansatz, dass mit den aus dem CAD gewonnenen Daten das Flugzeug beschrieben werden kann. Dadurch ist es möglich, die Leistung des Flugzeuges sehr genau einzuschätzen und zu berechnen [ix;x]. Revolutionär ist bei diesem Projekt, dass die mit Hilfe mathematischer Berechnungen gewonnenen Parameter direkt das CAD-Projekt steuern. Damit ist erstmals ein iterativer Prozess zwischen der konstruierenden CAD-Welt und der optimierenden Mathematik möglich.

Der so gewonnene Flugzeugentwurf ist innerhalb der CATIA- Systemwelt Grundlage für die weitere Verfeinerung des Projektes bis zum zugelassenen Flugzeug.

Die weiteren Teilprojekte innerhalb der CATIA V5 Systemwelt „Pegasus Rebell“ sind:

- Die FEM-Analysen für Fluggeräte [xi]
- Getriebe und Antriebsentwurf [xii]
- Propeller und Turbinenberechnung [xiii]
- Entwicklung der Systemintegration und der Innenausstattung [xiv]
- Fertigung und Fabrikplanung [xv]

4.2 Potential des parametrisierten Flugzeugentwurfs

Mit Hilfe des in Kapitel 3 dargestellten Flugzeugentwurfes ist es nicht nur möglich, eine konventionelle Konfiguration zu beschreiben, sondern es können auch unkonventionelle Entwürfe wie Senkrechtstarter oder Nurflügler entwickelt werden. Dazu müssen nur die in den Exceltabellen enthaltenen Werte geändert werden.

Bei weiter gehenden Änderungen, z.B. der Flugzeugkonfiguration kann auch das gesamte Produkt geändert werden. Somit kann auch ein zweites Seitenleitwerk eingefügt werden. Es sollte aber darauf geachtet werden, dass die Namen innerhalb des Produktes nicht verändert werden, sonst kommt es bei den weiteren Verknüpfungen zu Inkonsistenzen.

Im der folgenden Bilderserie Bild 4.6 ist die „Verwandlung“ vom eigentlichen Entwurf zu einem Nurflügler dargestellt. Die hierfür nötigen Änderungen von Parametern wurden ausschließlich in den Exceltabellen ausgeführt. Dadurch ist es möglich verschiedene Flugzeugkonfigurationen in einer Exceltabelle zu speichern und abzurufen.

Wie schon erwähnt haben Änderungen an den bestimmenden Tabellen auf alle nachfolgenden Arbeiten Einfluss. In den Bildern Bild 4.3 und Bild 4.4 ist exemplarisch die Änderung an einem FEM-Netz gezeigt, wenn die 2. Profillänge des Flügels vergrößert wird.



Bild 4.3 original FEM-Netz [xi]

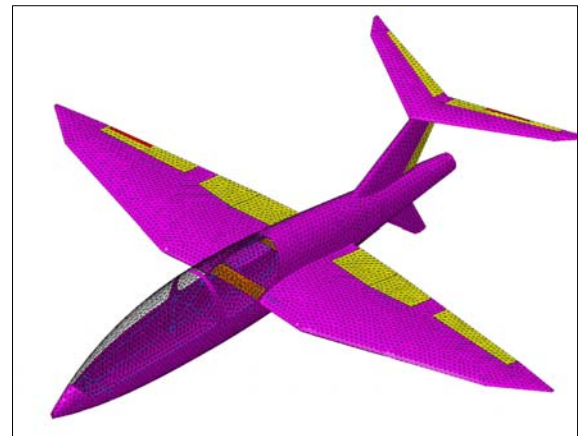


Bild 4.4 FEM-Netz, nachdem die 2. Profillänge geändert wurde [xi]

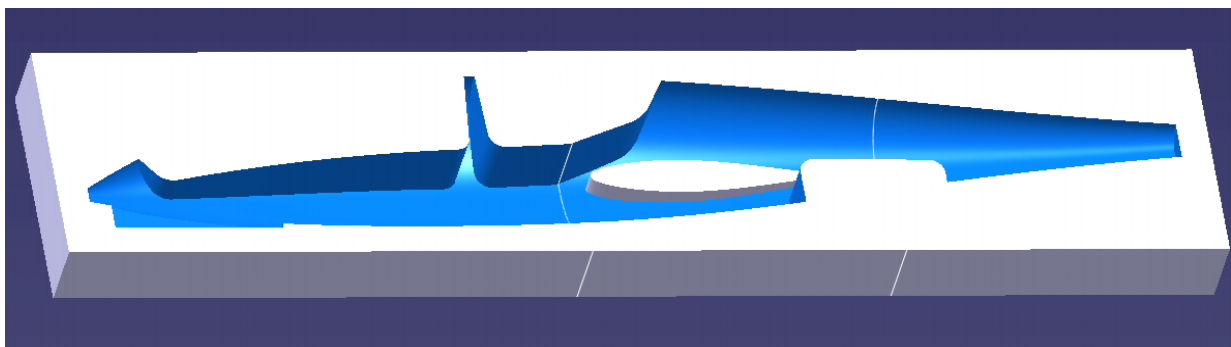


Bild 4.5 Fabrikplanung - Rumpfform

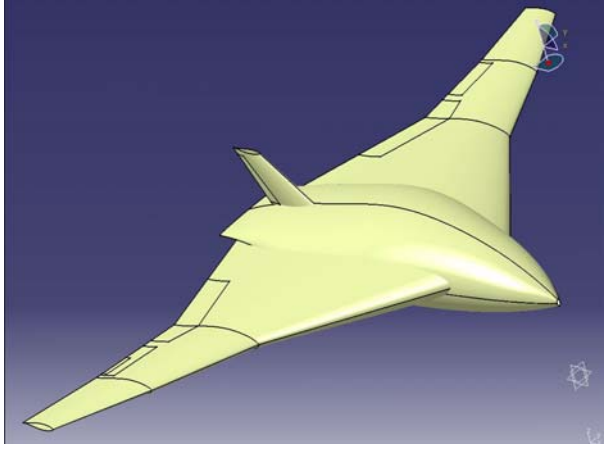
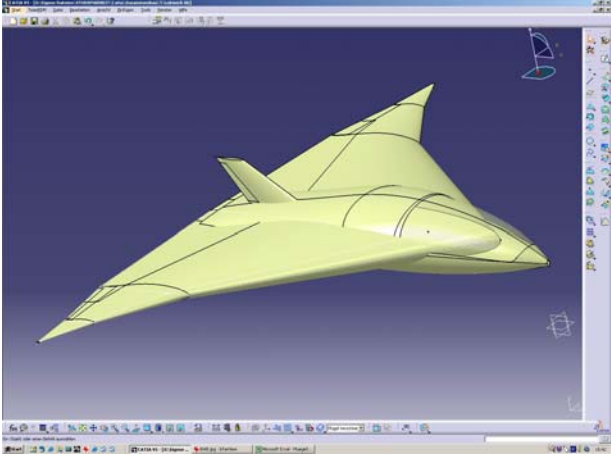
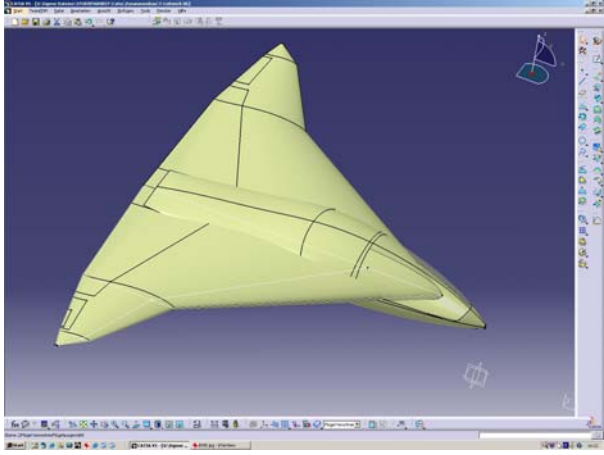
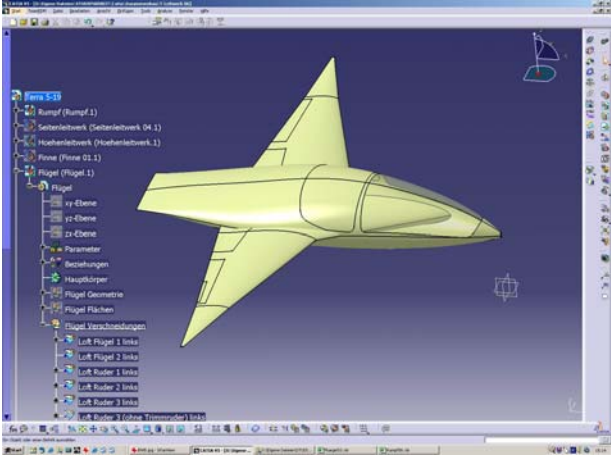
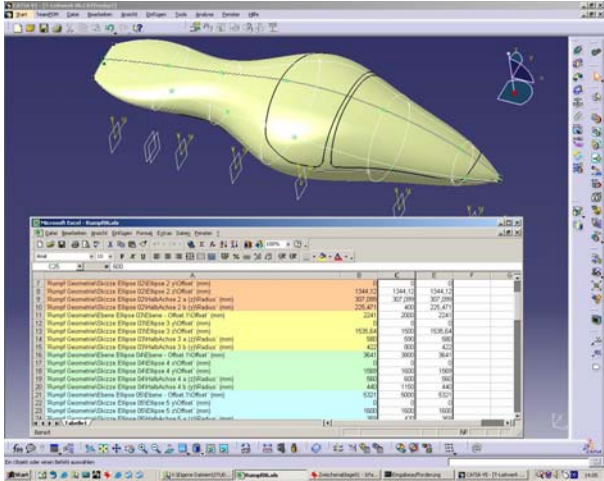
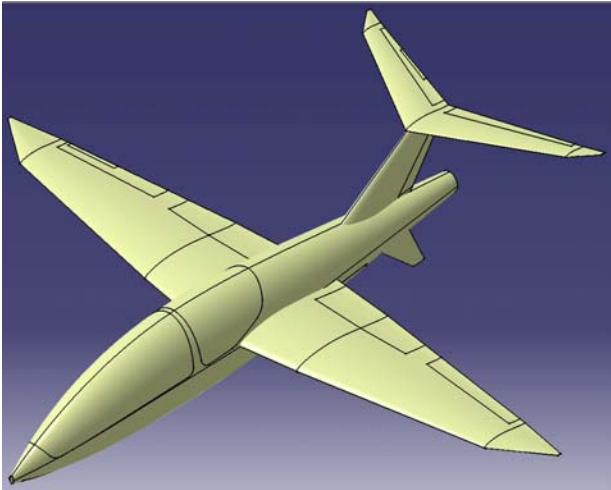


Bild 4.6 Schrittweise Verwandlung des eigentlichen Entwurfes in ein BWB-Entwurf

5 Ausblick

lessons learned

Ein wichtiger Aspekt bei der Verwendung eines PDMS ist die Protokollierung von Fehlern während der Entwicklung eines neuen Produkts. Die erfassten Daten sollten aber nicht nur der Fehler selber sein, sondern die Phase in der er auftrat, die Ursache, deren Auswirkung und der Weg wie er behoben wurde. Dadurch erreicht man eine Speicherung des gewonnen Wissens für zukünftige Entwicklungen, da nicht davon auszugehen ist, dass alle Mitarbeiter in dieser Abteilung verweilen und mit deren Fortgang diesen Wissen verloren geht.

Diplom Arbeit

Auf Grundlage dieser Arbeit mit der semantischen Feature-Technik und der Funktionalitäten des PDMS „SmarTeam“ wird eine Diplomarbeit folgen. Mit dieser Arbeit sollte es möglich werden verschiedene Konfigurationen eines Flugzeuges zu erstellen um sie anschließend mit dem gesamten Entwicklungsprozess bewerten zu können. Die Eingabe soll auf einer zu entwickelnden Oberfläche erfolgen, welche dann alle angeschlossenen Programme interaktiv steuert.

LBA

Das in dieser Arbeit angesprochene Verfahren der digitalen Unterschrift und Signatur kann in SmarTeam und somit den Entwicklungsprozess eingegliedert werden. Mit Hilfe des Luftfahrtbundesamtes (LBA) soll er rechtliche Rahmen ausgelotet werden damit eine Möglichkeit geschaffen wird, die digitale Unterschrift in Unternehmen einzuführen.

Literaturangabe

-
- [i] Informations- und Kommunikationsdienste-Gesetz - IuKDG) in der Fassung des Beschlusses des Deutschen Bundestages vom 13. Juni 1997 aus:
<http://www.netlaw.de/gesetze/iukdg.htm>

 - [ii] „Sicherheit in Kommunikationsnetzen“ von Prof.Dr.O.Spaniol, Lehrstuhl für Informatik IV; Skript zur Vorlesung an der RWTH-Aachen; Fassung 14. Juli 2000
<http://www-i4.informatik.rwth-aachen.de/content/teaching/scripts/downloads/sikon.pdf>

 - [iii] „Computernetzwerke“ von A. Tanenbaum, Prentice Hall, München, 1997

 - [iv] „Digitale Signaturen - Teil 2 - Asymmetrisches“ von Dipl.-Inf. Robert Gehring
Erschienen im Linux-Magazin 10/1998
<http://www.linux-magazin.de/Artikel/ausgabe/1998/10/Signatur/signatur2.html?print=y>

 - [v] Zitat aus *<http://www.hesy.de/>* von R. Baltus

 - [vi] „Unterschriftenprüfer für Normalstifte, Grafiken“ R. Baltus 13.01.02

 - [vii] Bilderfolge des Bildes „rotwoop2.gif“ auf *<http://www.hesy.de/index.html>*

 - [viii] „Multidisziplinärer Datenfluss im Entwicklungsprozess am Beispiel eines Senkrechstarters (Pegasus Rebell)“ von P. Schnauffer
Dissertation: Institut für Flugzeugbau, Universität Stuttgart

 - [ix] „Schubvektorsteuerung für unkonventionelle Flugzeuge“ von R. Leetsch
Studienarbeit: Institut für Flugzeugbau, Universität Stuttgart

 - [x] „Aerodynamische und flugmechanische Daten für unkonventionelle Flugzeuge“
Studienarbeit: Institut für Flugzeugbau, Universität Stuttgart

-
- [xi] „FEM-Analysen für (un-) konventionelle Fluggeräte“ von S. Goesken;
Studienarbeit: Institut für Flugzeugbau, Universität Stuttgart
- [xii] „Entwurf von Getriebesträngen für unkonventionelle Flugzeuge“ von M. Hammer;
Studienarbeit: Institut für Flugzeugbau, Universität Stuttgart
- [xiii] „Auslegung eines Antriebskonzeptes für ein neuartiges senkrechtstartendes Flugzeug“
von M. Kaufmann; Diplomarbeit: Institut für Flugzeugbau, Universität Stuttgart
- [xiv] „Integration von Flugzeugsystemen in (un-) konventionelle Flugkörper“
von P. Lederbogen; Diplomarbeit: Institut für Flugzeugbau, Universität Stuttgart
- [xv] „Moderne Konstruktionsbauweisen für unkonventionelle Flugzeuge“ von M. Dias
Studienarbeit: Institut für Flugzeugbau, Universität Stuttgart