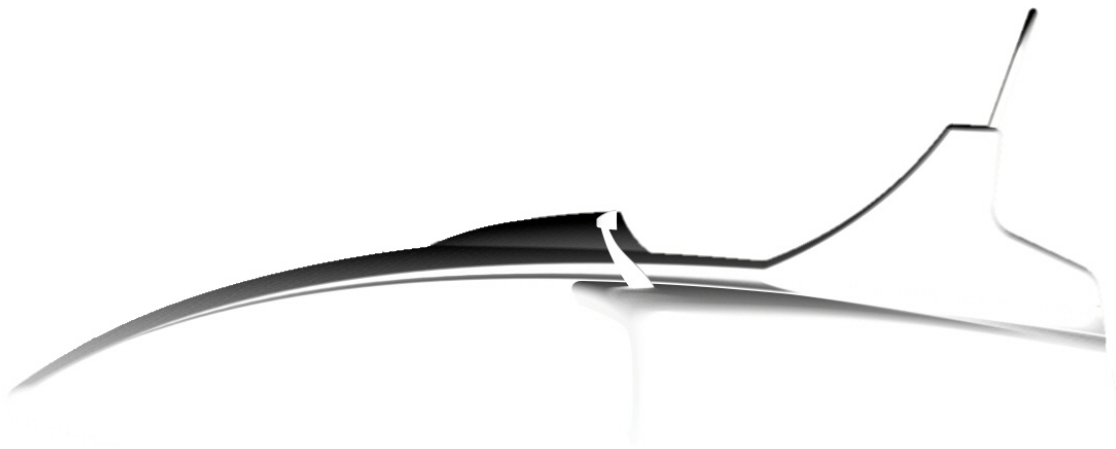




Andreas Riedl

Konstruktion, Entwicklung und Fertigung eines Formlastudent-Rennwagens sowie Untersuchungen hinsichtlich des effizienten Nutzens bei der Verwendung eines PDM-Systemes für diese Aufgabe





Diplomarbeit

Konstruktion, Entwicklung und Fertigung eines Formelstudent-Rennwagens sowie Untersuchungen hinsichtlich des effizienten Nutzens bei der Verwendung eines PDM-Systemes für diese Aufgabe

Hochschule für Technik

Fakultät Maschinenbau und Fahrzeugtechnik

Studiengang Fahrzeugtechnik

Betreuer der Hochschule:	Prof. Dipl.-Ing. G. Goebel
2. Betreuer der Hochschule:	Prof. Dipl.-Ing. Müller
Auftraggeber:	Einstein Automotive e.V.

Inhaltsverzeichnis

1. Danksagung	1
2. Einleitung.....	2
2.1 Umfang und Ziele der Arbeit	2
2.2 Abgrenzungen.....	2
2.3 Stand der Technik.....	3
2.4 Vorhandene Dateistruktur	5
2.4.1 Die Statusordner	5
2.4.2 Unterordner der Modellreihen	5
2.4.3 Teamordner.....	7
2.4.4 Die Aufteilung innerhalb der Teamordner	7
3. Grundlagen der Dateiverwaltung	8
3.1 Begriffsdefinition PDM	8
3.2 Begriffsdefinition PLM	9
3.3 Begriffsdefinition ERP	10
3.4 Prozessstruktur	11
3.4.1 Struktur des Einstein Motorsports	11
3.4.2 Konstruktionsvorgaben	12
3.5 Der Workflow	13
4. Betrachtung verschiedener PDM/PLM Systeme.....	14
4.1 Windchill von PTC.....	15
4.1.1 Arbeiten mit Windchill.....	16
4.1.1.1 Die Oberfläche von Windchill	16
4.1.2 Userverwaltung in Windchill	18
4.1.3 Einpflegen und verwalten von Dateien und Ordnerstrukturen	19
4.1.3.1 Verwalten von Dateien unter Windchill	20
4.1.3.2 Die Workflowstatus in Windchill	22
4.1.4 Die CAD-Schnittstelle.....	23
4.2 Teamcenter Express.....	24
4.2.1 Die Oberfläche von Teamcenter Express	24
4.2.2 Die Userverwaltung im Teamcenter	25
4.2.3 Einpflegen und verwalten von Dateien und Ordnerstrukturen	26
4.2.3.1 Verwalten von Dateien im Teamcenter	26
4.2.3.2 Die Workflowstatus im Teamcenter	27

4.2.4	Die CAD-Schnittstelle von Teamcenter Express.....	27
5.	Qualität der Archivdaten	29
5.1	Datenformat	29
5.2	Prüfen des Datenformates	30
5.3	Einstellungen im Q-Checker	32
5.3.1	Prüfsiegel	32
5.3.2	Nicht erlaubte CATIA-Versionen oder Releases	32
5.3.3	Produkt / Part Update.....	32
5.3.4	Objekt in Bearbeitung ist Hauptkörper	33
5.3.5	CATPart Name prüfen.....	33
5.3.6	Hauptteilname (Teilenummer).....	34
5.3.7	Zeichnungseinstellungen	35
5.3.8	Erlaubte Elementtypen im Show	35
5.3.9	Materialzuordnung für Elementtypen muss existieren	36
5.3.10	Skizze nicht voll parametrisiert.....	36
5.3.11	Vollständige Konfiguration	36
6.	Zusammenfassung und Auswertung.....	37
6.1	Fazit der PDM-Systeme	38
6.2	Der Nutzen des Q-Checkers	39
6.3	Weitere Verbesserungsvorschläge	39
6.3.1	Verbesserte Ordnerstruktur.....	39
7.	Konstruktion des Formelstudent Rennwagens	41
7.1	Lastenheft und Pflichtenheft	41
7.1.1	Die Entstehung des Lastenheftes für AL07.....	41
7.2	Verlauf der Konzeptphase	45
7.3	Die Konstruktion.....	46
7.3.1	Beginn der Konstruktion.....	46
7.3.2	Ergonomieuntersuchung	47
7.3.3	Konstruktion des Rahmens	48
7.3.4	Konstruktionen im Bereich Fahrwerk	49
7.3.5	Die Bauteile des Antriebes	50
7.3.6	Der Motor und seine Anbauteile.....	50
7.3.7	Das Team Elektrik.....	51
8.	Die Fertigung und erste Tests eines Formelstudent Rennwagens.....	52
8.1	Die Vorbereitungen	52
8.2	Die Fertigung des Rahmens	54
8.2.1	Vorgehensweise bei der Fertigung	55

8.2.2	Das Finish des Rahmens und der Anbauteile	56
8.3	Die Fertigung der Bauteile des Teams Fahrwerk	56
8.4	Das Team Antrieb und seine Komponenten	57
8.5	Die Fertigung des Motors.....	58
8.6	Der Fertigungsaufwand des Team Elektrik	58
8.7	Viele Einzelteile ergeben ein Fahrzeug	58
8.7.1	Arbeitsorganisation	58
8.7.2	Zusammenbaureihenfolge	59
8.7.3	Einstellarbeiten und statische Tests.....	62
8.7.4	Der erste Rollout	63
8.7.5	Das Setup	63
8.8	Die Weiterentwicklungen	64
8.9	Wichtige Dokumentation	64
8.9.1	Die technische Dokumentation	64
8.9.2	Die organisatorische Dokumentation	65
8.9.3	Stakeholder während der Fertigung.....	65
9.	Quellenverzeichnis	66

Abbildungsverzeichnis

Abb.: Organigramm Einstein Motorsport 2006/2007	4
Abb.: Struktur Projektlaufwerk	6
Abb.: PLM-System.....	9
Abb.: Globales ERP-System.....	10
Abb.: Prozessstruktur Einstein Motorsport	11
Abb.: Startseite von Windchill	17
Abb.: Userverwaltung in Windchill	18
Abb.: Verwalten von Dateien unter Windchill.....	20
Abb.: Aktionsliste von Windchill	21
Abb.: Einstellungsmöglichkeiten im Q-Checker	30
Abb.: Teilenummer in CATIA	34
Abb.: Verbesserte Ordnerstruktur.....	40
Abb.: Rahmen AL06	42
Abb.: Rahmen AL07	42
Abb.: Konzept AL07	45
Abb.: Konzept AL07 Team Antrieb / Motor	45
Abb.: Vergleich Mann / Frau in Sitzposition.....	47
Abb.: Beispiel der Schweißnahtreduzierung.....	48
Abb.: Bauteile des Team Fahrwerk	49
Abb.: Der Motor und seine Anbauteile.....	50
Abb.: Ausschnitt der Vorgangsliste der Fertigung	53
Abb.: Ausschnitt des Gantt-Diagrammes der Fertigung	53
Abb.: Fertigung des Rahmens AL07.....	54
Abb.: Das Differenzial mit den Haltern und den Kettenspannern	57
Abb.: Sitzschale nach drittem Schaumvorgang	61
Abb.: AL07 am Ende der Fertigung	61

Tabellenverzeichnis

Tab.. 4: Einsatz von PDM	14
Tab.: Workflowstatus in Windchill	22
Tab.: Workflowstatus in Teamcenter Express	27
Tab.: Entscheidungsmatrix PDM-System	37

Abkürzungen

Abkürzungen

SAE

Society of Automotive Engineers

PDM

Product Daten Management

PLM

Product Lifecycle Management

ERP

Enterprise Ressource Planing

CAE

Computer Aided Engineering

CAM

Computer Aided Manufacturing

CAD

Computer Aided Design

CATIA

Computer Aided Three-Dimensional
Interactive Application

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich am ,Eides Statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit „Konstruktion, Entwicklung und Fertigung eines Formlaststudent-Rennwagens sowie Untersuchungen hinsichtlich des effizienten Nutzens bei der Verwendung eines PDM-Systemes für diese Aufgabe' selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt, sowie alle Zitate entsprechend kenntlich gemacht habe.

Ort, Datum

Unterschrift

1. Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei allen bedanken, die mich während dieser Arbeit tatkräftig und mit nutzvollen Ratschlägen unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt Herr Prof. Goebel, der diese Diplomarbeit betreute und auch zu später Stunde noch als Ansprechpartner zur Verfügung stand und selbst an Wochenenden die Zeit fand, sich nach Fortschritten zu erkundigen. Ferner möchte ich mich bei Herr Prof. Müller bedanken, der diese Arbeit als Zweitbetreuer betreute. Mein Dank gilt auch Herr Prof. Böhm, der mich gerade im Bereich PDM mit vielem nützlichen Informationsmaterial fütterte und mir hier mit Rat und Tat zur Seite stand.

Danke sagen möchte ich auch Herrn Hamberger, der sich um die funktionierende Software kümmerte und nie aus der Ruhe zu bringen war. Ein ebenfalls dickes Danke geht an das gesamte Personal des „Institut für Konstruktion und CA-Techniken“, dass sie mir hier einen Arbeitsplatz zur Verfügung stellten und für meine Fragen stets ein offenes Ohr hatten.

Weiter zu erwähnen ist das Einstein Motorsport Team. Ohne dieses engagierte und motivierte Team wäre es nicht möglich gewesen, dieses Projekt und somit auch diese Diplomarbeit erfolgreich abzuschließen.

Nicht zu vergessen die Sponsoren des Einstein Automotive e.V., ohne die dieses Projekt nie möglich gewesen wäre. Und natürlich die Hochschule Ulm, welche uns mit Räumlichkeiten und Maschinen unterstützt.

Ich wünsche all meinen Unterstützern viel Erfolg für ihren weiteren Lebenslauf und sage noch einmal: DANKE.

2. Einleitung

2.1 Umfang und Ziele der Arbeit

Der erste Teil umfasst die benötigte Infrastruktur für die Konstruktion und Entwicklung eines Formelstudent-Rennwagens. Welche Arbeiten stehen an und wie organisiert man sich im Team am Besten, um das Ziel, ein konkurrenzfähiges Fahrzeug zu entwickeln, zu erreichen.

Desweiteren sollen innerhalb dieser Arbeit verschiedene Systeme zur Datenverwaltung auf ihre Tauglichkeit für das Formelstudent-Projekt an der Hochschule Ulm betrachtet und diskutiert werden.

Speziell handelt es sich hierbei um so genannte PLM und PDM-Systeme. Diese Software ermöglicht es, Bauteile zu verwalten, deren Lebenslauf zu dokumentieren, Variantenvielfalten zu managen, die Fertigung mit der Konstruktion und viele weiteren Bereiche zu verknüpfen.

Diese Systeme finden mittlerweile bei allen OEM's der Fahrzeugindustrie Anwendung. Aufgabe wird es sein, die einzelnen Systeme miteinander zu vergleichen. Die Leistungsfähigkeit eines einzelnen Systems zu erforschen um abschließend eine Tauglichkeitsanalyse für das Projekt durchzuführen und eventuelle Alternativen aufzuzeigen.

2.2 Abgrenzungen

Der Inhalt dieser Arbeit beschränkt sich bei der Betrachtung der PDM-Systeme auf die gewünschten Tools. Diese Programme können oft weit mehr, als wie im Folgenden beschrieben. Die spezifische Anwendung eines PDM-Systemes wird aufgrund der Komplexität dieser Systeme und der nicht zur Verfügung stehenden Zeit ebenfalls nicht näher betrachtet.

Diese Arbeit soll nur den prinzipiellen Ablauf einer Konstruktion und Fertigung eines Rennwagens beschreiben, nicht die einzelnen Verfahren. Entscheidungsprozesse während der Konstruktion werden nicht näher erläutert.

2.3 Stand der Technik

Seit der Gründung des Projektes Einstein Motorsport an der Hochschule Ulm wurden einige Korrekturen und Verbesserungen an der Teamstruktur vorgenommen.

Gestartet wurde im Oktober 2005 mit einem Technischen Leiter, der für das Vorantreiben der technischen Entwicklung, Kontakterstellung zu Sponsoren und letztlich dem Einkauf von Bauteilen verantwortlich war. Mittlerweile gibt es zwei Technische Leiter, die sich primär auf die technische Entwicklung konzentrieren können. Ein Dritter wird bereits angelernt, um den bevorstehenden Ausscheiden von einem der beiden zu kompensieren und einen flüssigen Übergang zu ermöglichen.

Drei Personen sind derzeit mit der Organisation des Projektes betreut. Diese übernehmen derzeit den Bereich Sponsoring, obwohl dieser auch lieber an zwei einzelne Personen übergeben würde (siehe hierzu Organigramm). Zum weiteren Aufgabenbereich gehört das Managen von öffentlichen Auftritten wie Messen oder das geplante Rollout.

Anschließend gibt es 5 Teamleiter mit je einem Stellvertreter. Diese haben jeweils die verschiedenen technischen und organisatorischen Aufgaben, ihrem Fachgebiet entsprechend. Eingeteilt sind sie in die Bereiche Rahmen, Fahrwerk, Antrieb, Motor und Elektrik. Je nach Arbeitsaufwand sind entsprechend viele Mitglieder in den Teams.

Das Team Rahmen hat zur Aufgabe, den Rahmen mit seinen Anbauteilen wie Feuerschutzwänden und der Außenhaut zu konstruieren und zu überwachen. Im Fahrwerk sind außer den Querlenker und der Federung die Lenkung, die Pedalerie sowie die Bremsanlage eingebunden. Zum Themenbereich Antrieb gehören die Antriebswellen, das Differenzial sowie die Auslegung der Übersetzung. Die Motorenleute betreuen das gesamte Aggregat sowie die Anbauteile wie Kühler, Wasserpumpe etc. Auch die Schaltung obliegt ihrer Obhut. Das Team Elektrik kümmert sich um die Verkabelung des Fahrzeuges, der Applikation des Steuergerätes, der Anpassung des Displays.

Fasst man dies alles in einem Organigramm zusammen, entsteht folgendes Bild:

Organigramm Einstein Motorsport

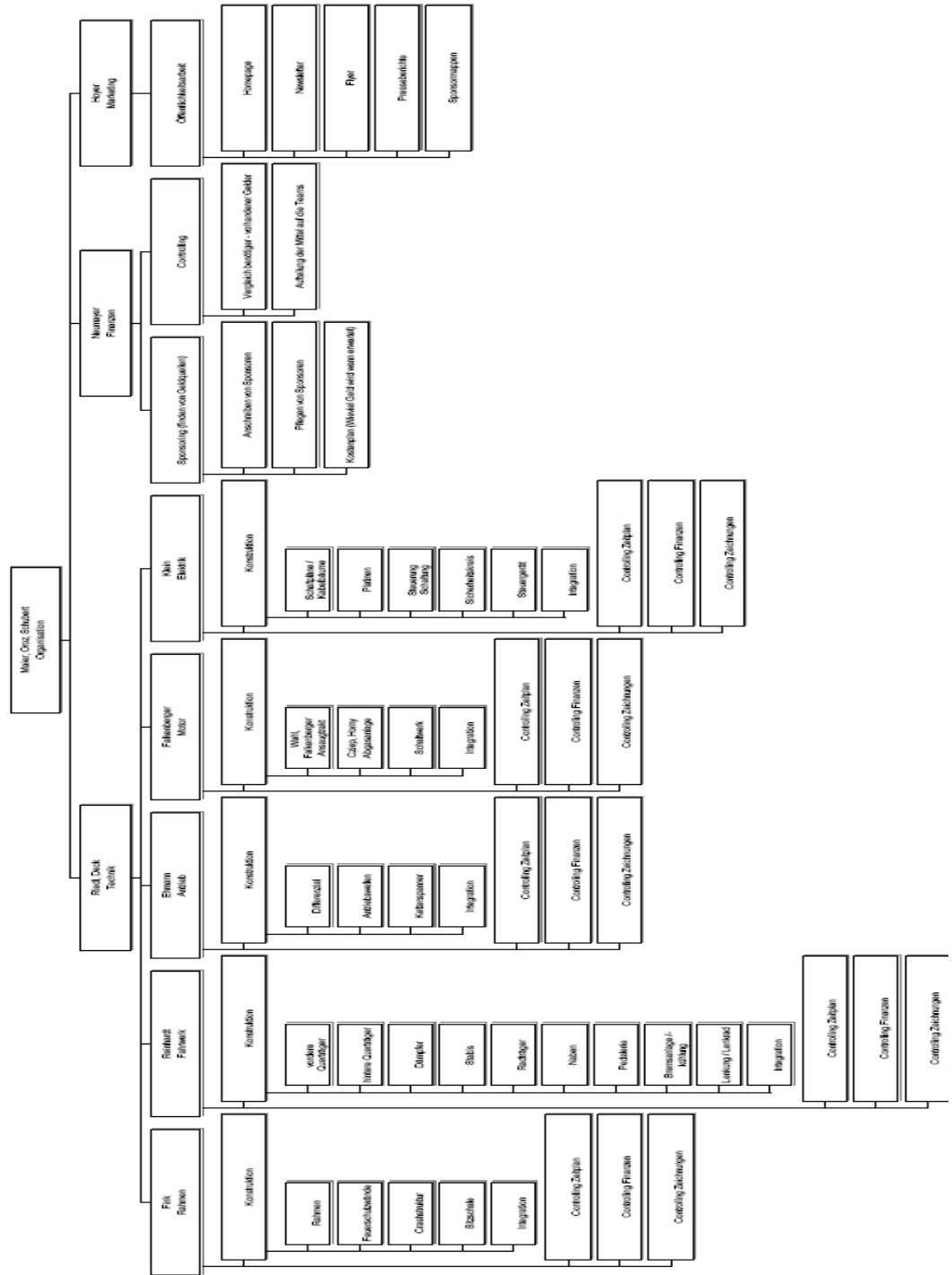


Abb.: Organigramm Einstein Motorsport 2006/2007

2.4 Vorhandene Dateistruktur

Wie in jedem Unternehmen hat sich auch innerhalb des Formulastudentprojektes an der Hochschule Ulm bereits eine kleine Richtlinie für Dateibenennungen entwickelt. Jeder Teamleiter bzw. jedes Team hat seinen Ordner. Dieser Ordner ist gleich der anderen Teams aufgeteilt. Jedes Bauteil wird durch ein Makro nach einer vordefinierten Bauteilbezeichnung benannt. Hierdurch soll die „Suchzeit“ verringert und die effektive Arbeitszeit erhöht werden.

2.4.1 Die Statusordner

Für die Konstruktion gibt es zwei Hauptordner. Der eine beinhaltet sämtliche Bauteile, welche bereits abgeschlossen sind und demnach in Fertigung gegangen sind bzw. anderweitig verarbeitet werden. Im Zweiten werden Konstruktionen in Arbeit abgespeichert. Jedes Teammitglied hat nur in seinem Teamordner Schreibrechte. Leserechte besitzt jedes Mitglied für jeden Ordner. Teamleiter haben für Ihre Ordner noch gesonderte Rechte. Sie dürfen z.B. neue Ordner erstellen bzw. auch welche löschen. Für diese Regelung wird das Administrationstool von Microsoft verwendet.

2.4.2 Unterordner der Modellreihen

In der zweiten Ebene unter den primären Konstruktionsordnern finden sich die verschiedenen Fahrzeuge, im aktuellen Fall die Daten von AL06 und AL07, für AL08 wird bereits die Ordnerstruktur erzeugt.

Weiter findet man hier Ordner für allgemeine Zwecke. Wie z.B. Makros für die Konstruktionen sowie Zeichnungsrahmen. Diese Ordner unterliegen nur den Administratoren, Teamleiter haben hier keinerlei Schreibrechte.

Fahrzeugtechnik, Hochschule-Ulm

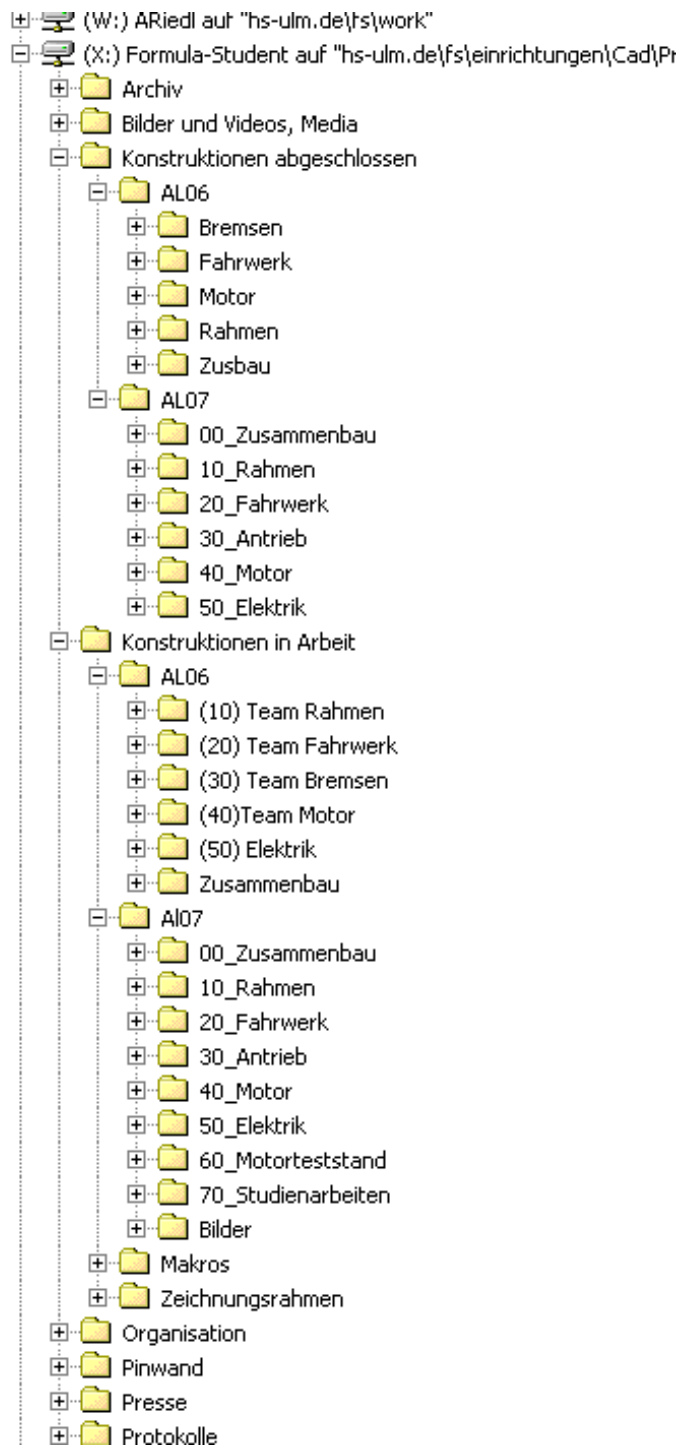


Abb.: Struktur Projektlaufwerk

2.4.3 Teamordner

Unterhalb der oben genannten Ordner finden sich die eigentlichen Teamordner. Zu Beginn des Projekts wurden für die verschiedenen Teams laufende Nummern vergeben, um eine verständliche Datenstruktur zu schaffen.

So kennzeichnet das Team Rahmen seine Bauteile mit einer vorangestellten 10, das Team Fahrwerk verwendet die 20, so läuft es bis zu dem Team Elektrik mit der 50.

Seit Beginn des Projektes AL07 gibt es noch weitere Kennzeichnungen der Dateien. So sind die Bauteile mit der 20 allgemeine Bauteile des Team Fahrwerks. Die Nummer 21 steht für DIN-Bauteile, welche nur im Bereich Fahrwerk verwendet werden. Mit 22 werden abgesegnete Komponenten markiert, die 23 kennzeichnet Zeichnungen zu den jeweiligen Bauteilen.

Diese Nummerierung ist ein Anfang, um sich in dem langsam entstehenden Bauteildschungel zurecht zu finden. Immerhin besteht ein Formlastudentrennwagen aus etwas mehr als 300 Einzelbauteilen, der Motor nicht eingerechnet.

Für die Zukunft wird über ein System mit Sachnummern nachgedacht. Dies wäre ein Muss für ein PDM-System, aber auch ohne PDM sollte eine ausgefeilte Nummerierung helfen, Bauteile schneller zu finden und mit den Daten effizienter umzugehen.

Grundlage hierfür ist natürlich, dass sich die Konstrukteure auch an die vorgegebenen Richtlinien halten. Daher wird über die Einführung eines Prüftolls nachgedacht, wie es z.B. von der Fa. Transcat angeboten wird. Hierauf wird später nochmals eingegangen.

2.4.4 Die Aufteilung innerhalb der Teamordner

Innerhalb der Teamordner gibt es für jedes Team individuelle weitere Ordner. Allerdings immer die ähnlichen, so dass sich der Fahrwerkskonstrukteur auch innerhalb der Motorendaten ohne langes Suchen zurechtfindet.

3. Grundlagen der Dateiverwaltung

Mit anwachsender Verwendung von CAD und Email ist die digitale Archivierung immer komplexer und umfangreicher geworden. Gerade in den letzten 20 Jahren ist ein enormer Anstieg der digitalen Datenflut zu verzeichnen. Wurde einst noch alles fein säuberlich auf Papier erzeugt und in Ordnerschränken verstaut, so tummelt sich heute das Wissen der Firmen auf Festplatten und Servern. Um diese Daten auch nach längerer Zeit noch verfügbar zu haben müssen diese Archiviert werden und zwar so, dass man sie auf Wunsch auch schnell genug findet. Auch bei aktuellen Arbeiten ist es wichtig, dass jeder Mitarbeiter, der eine Datei benötigt, diese findet und auch Zugriff darauf hat. Der normale Windows-Explorer reicht hier bei weitem nicht mehr aus.

Deshalb wurden verschiedene Systeme entwickelt, um der Datenflut Herr zu werden.

3.1 Begriffsdefiniton PDM

Produktdatenmanagement ist der Ansatz, Daten aus Konstruktion und Entwicklung zu verknüpfen um diese schneller aufzubereiten, sie stets auf den aktuellen Stand zu halten und Änderungen anderer Bereiche für alle transparent zu gestalten.

Ein PDM-System ordnet Dateien nach vorgegebenen Werten (Metadaten) und verknüpft diese untereinander. Es hilft gerade während der Entwicklung von neuen Baugruppen, bereits vorhandene Bauteile schneller zu finden als bisher. Hierfür nutzt es die Eingaben der Konstrukteure. Wird z.B. eine Turbinenrad von sechs auf acht Schaufeln umkonstruiert, so kann man im PDM bequem nach „Turbinenrad“ suchen und es wird fündig, sofern natürlich diese Bezeichnung in den Metadaten hinterlegt wurde.

Es hilft ferner bei der Sortierung und Ordnung von Bauteilen und ganzer Baugruppen. Es aktualisiert die Stücklisten automatisch, ändert Zeichnungen ab und legt, sofern gewünscht, die 3D-Daten als PDF oder andere Files ab.

Durch PDM können auch nicht-CAD-Daten mit denen der Konstruktion verknüpft werden. Z.B. Bauteillebensläufe lassen sich bequem mit den anderen vereinigen. Wird nun der CAD-Datensatz verschickt, ist es vorstellbar, dass das System automatisch den Bauteillebenslauf unaufgefordert mitversendet, damit der Kunde einen schnellen Überblick über eingearbeitete Änderungen bekommt.

Da über die Einführung eines PDM-Systems ernsthaft nachgedacht wird, wird auf weitere Features der Software im späteren Verlauf noch näher eingegangen.

3.2 Begriffsdefinition PLM

PLM steht für „Product Lifecycle Management“ oder auch „Produktlebenszyklus Management“. PLM ist noch ein recht junger Begriff der seit seiner Einführung in vielen Bereichen für Verwirrung gesorgt hat. Oft wird es als Synonym für PDM verwendet, was schlichtweg falsch ist. PLM allein macht noch kein PDM. Zur Realisierung eines PLM-Konzeptes werden Lösungskomponenten benötigt. Dazu zählen CAD, CAE und auch PDM.

PLM ist ein IT-Lösungssystem mit dem alle Daten, die bei der Entstehung, Lagerhaltung und dem Vertrieb eines Produktes anfallen, einheitlich gespeichert, verwaltet und abgerufen werden. Im Idealfall greifen alle Bereiche und Systeme, die mit einem Produkt in Berührung kommen, auf eine gemeinsame Datenbasis zu.

Gerade zu Zeiten der Nachweispflicht für die Produkthaftung ist ein PLM-System fast schon unerlässlich. Der Gesetzgeber verlangt einen lückenlosen Nachweis, wann welche Spezifikation wo zum Einsatz kam. Bei dem hohen Datenaufkommen und der stetigen Aktualisierung der Bauteile ist dies ohne PLM kaum zu bewältigen.



Abb.: PLM-System

3.3 Begriffsdefinition ERP

ERP steht für „Enterprise Resource Planing“. Dies bedeutet etwa „Planung der Unternehmensressourcen“.

Der wohl bekannteste ERP-Hersteller ist das Unternehmen SAP mit über 40.500 Mitarbeitern.

ERP-Software unterstützt Unternehmen dabei, sämtliche Ressourcen wie Kapital, Betriebsmittel und Personal möglichst effizient für den betrieblichen Ablauf einzusetzen. Diese Programme werden nach Unternehmensrichtung, Größe und Verwendung der eingesetzten Technologien wie Datenbanken und Betriebssystemen ausgewählt und in die vorhandene IT-Infrastruktur eingepflegt.

Gerade in großen Unternehmen oder bei Unternehmen mit ständig wechselnden Aufträgen kann ERP viele nützliche Dienste leisten. Bei ersteren verliert man schnell den Überblick über vorhandene Maschinen und die Anzahl der Mitarbeiter, durch ERP-Software ist eine maximale Maschinenauslastung realisierbar. Bei Unternehmen mit wechselnden Aufträgen ist es leichter, die vorhandenen Ressourcen optimal auszunutzen und nicht etwa Aufträge länger zu bearbeiten als es eigentlich nötig wäre.

Im Einstein Motorsport sollte keiner der beiden Fälle in naher Zukunft auftreten. Von daher wird dieses Thema nicht weiter bearbeitet.

[wik1-3] [SAP]

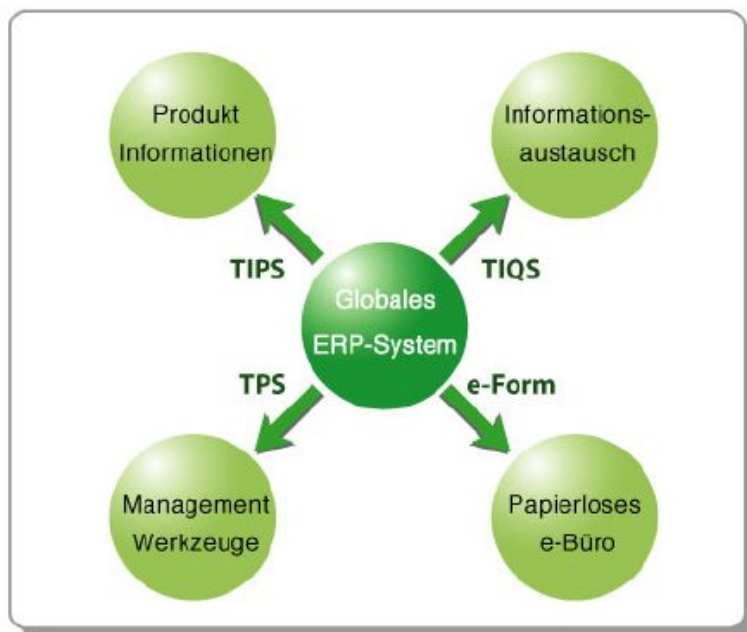


Abb.: Globales ERP-System

3.4 Prozessstruktur

Um ein PDM wirklich effizient nutzen zu können, muss eine vorhandene Prozessstruktur leicht in das PDM übertragbar sein.

Unter Prozessstruktur versteht man den Ablauf eines Bauteiles, von seiner Idee über die Konstruktion bis hin zur Fertigung. Je nach Größe des Unternehmens sind z.B. verschiedene Freigabeprozesse notwendig, um ein Bauteil zum Leben zu erwecken. Dies alles wird in der Prozessstruktur aufgelistet.

3.4.1 Struktur des Einstein Motorsports

Innerhalb des Einstein Motorsport Projektes herrscht derzeit folgende Prozessstruktur:

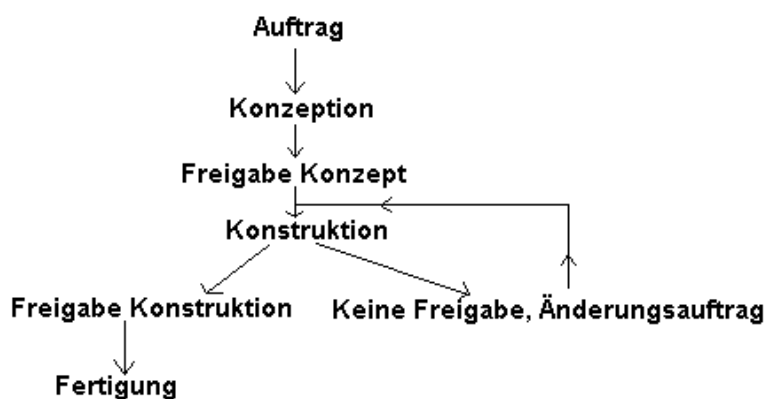


Abb.: Prozessstruktur Einstein Motorsport

Hier erfolgt nachdem das Konzept freigegeben wurde nur noch eine Freigabe. Diese erfolgt durch die Technische Leitung. Der Antrag kommt vom jeweiligen Teamleiter. Diese beiden Instanzen tragen letztlich die Verantwortung, dass die Teile ihre Funktion erfüllen und in das Gesamtpaket des Fahrzeuges passen. Ein Konstrukteur einer Nachbarbaugruppe kann momentan nicht erkennen, ob ein Bauteil bereits freigegeben wurde oder ob noch eventuelle Änderungen möglich wären.

Hier muss für die Zukunft eine adäquate Lösung gefunden werden.

3.4.2 Konstruktionsvorgaben

Wie in jedem Unternehmen auch sind die Konstruktionsrichtlinien wichtig, um einen internen Datenaustausch reibungslos zu gewährleisten. In ihnen sollte das zu verwendete Konstruktionstool festgelegt sein, wie eine Konstruktion aufgebaut werden muss und welche Speicheroptionen und Datenformate zugelassen sind.

Innerhalb des Projektes AL07 gelten hierfür einige Regeln. Das zu verwendende CAD-System ist CATIA-V5R16. Ältere Konstruktionen, welche noch vom Vorgängermodell AL06 stammen, müssen in R16 neu gespeichert und eventuell neu positioniert werden. Allgemein gilt weiter, dass die Bauteile nach Möglichkeit direkt an ihrem späteren Einbauort konstruiert werden sollen, um ein lästiges Positionieren und wahrscheinliche Update-Fehler in CATIA zu vermeiden.

Für den Strukturbaum in CATIA wurde ein Makro programmiert. Dieses erstellt automatisch diverse Geometrische Sets und einen neuen Body. So ist die Zuordnung der Konstruktionselemente eindeutig geregelt und bei jedem Konstrukteur gleich. Arbeitet also ein anderer an dem Bauteil weiter, weiß er, wo er zu suchen hat.

Ein weiteres Feature des Makros in der Version 1.2 ist das automatische Abschalten der Hybridkonstruktion unter CATIA-V5R16 direkt in den Optionen. Diese Funktion wurde auf Drängen der Automobilhersteller eingeführt, allerdings führt es durch seinen nicht mehr gut zu strukturierenden Strukturbaum schnell zu Verwirrungen und Unübersichtlichkeiten in der Konstruktion. Aus diesem Grund wurde diese Konstruktionsmethodik im Einstein Motorsport als „nicht wünschenswert“ deklariert und mit Hilfe des Makros auch unterbunden.

Die Bauteilbezeichnung wird ebenfalls von dem Makro abgefragt. Der Aufbau ist bereits weiter oben im Kapitel „[Teamordner](#)“ kurz angesprochen worden. Die Nummern geben den Status bzw. das Dateiformat des Bauteiles an. Danach folgt der Bauteilname mit einer eindeutigen Bedeutung, anschließend folgt der Projektname, aktuell ist dies „AL07“. Wichtig ist auch der Name des Konstrukteurs, dieser wird in abgekürzter Form angegeben. Der erste Buchstabe steht für den Vornamen, der zweite und dritte für die ersten zwei des Nachnamens. ARI steht demnach für Andreas Riedl.

Werden diese Regeln von allen eingehalten, so ist ein vernünftiger Datenverkehr innerhalb der Konstruktion gewährleistet.

3.5 Der Workflow

Spricht man über PDM fällt früher oder später der Begriff „Workflow“. Hiermit wird der Arbeitsablauf eines Bauteils, einer Baugruppe oder eines gesamten Projektes nach einer bestimmten Abfolge von Aktivitäten beschrieben.

Ein Arbeitsablauf koordiniert wer wann was und wie zu erledigen hat. Auf PDM angepasst würde dies bedeuten welche Rolle welche Aufgabe in welchem Prozess in welcher Umgebung bearbeitet.

Als Rolle werden verschiedene Benutzergruppen innerhalb eines PDM-Systemes definiert. Eine Rolle kann z.B. alle Mitglieder eines Projektes oder nur die Zeichnungsprüfer umfassen.

Der Workflow gibt demnach an, in welcher Stufe sich gerade das entsprechende Bauteil oder die entsprechende Datei befindet. Gerade bei Konstruktionsdaten ist wichtig zu erkennen, ob das Objekt bereits freigegeben wurde oder ob es sich gerade in einer Änderungsphase befindet. Daher bekommt der Workflow einen so hohen Stellenwert innerhalb eines PDM-Systems.

4. Betrachtung verschiedener PDM/PLM Systeme

Der Markt für PDM ist in den letzten Jahren stark gewachsen. Immer neue Anbieter versuchen sich auf dem Markt zu etablieren. Um nicht alle Programme zu betrachten, wird die Auswahl auf die Software eingeschränkt, welche auch bei den Automobilfirmen und ähnliche Industriezweige Anwendung findet.

Unternehmen	Software	Unternehmen	Software
Toyota F1	CATIA-V5 mit Enovia VPLM	Honda F1	CATIA V5 mit Enovia VPLM
BMW	CATIA-V5 mit PRISMA	Volkswagen	HyperKVS
Daimler Chrysler	Smaragd	Opel	UNIGRAPHICS mit PROSTEP
Audi	CATIA-V5 mit PDVS	Airbus	CATIA-V5 mit WINDCHILL
Ford	CATIA-V5 mit Teamcenter		

Tab.. 4: Einsatz von PDM

Quellen: [hon]; [toy]; [pro]; [kvs]

Diese Tabelle zeigt, dass es zwischen den verschiedenen Unternehmen kaum Ähnlichkeiten im Bereich der verwendeten Software gibt. Nicht einmal der Volkswagenkonzern setzt auf ein System. Während bei VW HyperKVS zum Einsatz kommt, arbeitet Audi mit PDVS.

Nach inoffiziellen Statistiken ist das Beste PDM-System von der Fa. UGS und nennt sich Teamcenter. Danach folgt Enovia von Dassault Systems gefolgt von Windchill der Fa. PTC.

Da alle drei Systeme auch bei verschiedenen OEM's Anwendung finden, werden diese nun auch etwas näher betrachtet. Von Windchill ist bereits eine Testversion vorhanden, von Teamcenter wird eine erwartet. Bei Enovia wird sich vorerst auf Internetrecherchen sowie Befragungen von Anwendern gestützt.

4.1 Windchill von PTC

Windchill findet in der Automobilindustrie kaum Anwendung. Wenn überhaupt dann bei Zulieferern wie bei der Webasto AG. Im Luftfahrtbereich ist bisher Airbus eines der führenden Unternehmen, welches mit Windchill arbeitet.

Windchill ist komplett Browserbasierend und ermöglicht so einen weltweiten Zugriff auf die Daten, ganz bequem via Internet.

PTC hat neben PDM auch das bekannte CAD System Pro/ENGINEER auf dem Markt etabliert. Diese beiden Systeme sind ohne Probleme miteinander verknüpfbar. Bei Catia gibt es hingegen einige Schwierigkeiten. Das Plugin für die Anbindung kann zwar direkt aus Windchill heraus herunter geladen werden, allerdings ist es dann wichtig, die richtige Version zu erwischen. Nicht jedes Windchill für CATIA funktioniert auch mit jedem CATIA. Hier ist die Release sowie die Servicepack-Version entscheidend. Dies bedeutet im Umkehrschluss, ändert sich die CATIA-Version, was ja doch häufiger geschieht, so muss auch Windchill aktualisiert werden. Diese Problematik sollte allerdings bei allen anderen PDM-Systemen mindestens ähnlich auftreten.

Außer CATIA und Pro/ENGINEER stellt PTC Plugins direkt für AutoCAD von Autodesk, Autodesk Inventor, Solid Works von Dassault Systems sowie Unigraphics aus dem Hause UGS bereit.

Bei den CAD-Programmen muss auch auf die jeweils verwendeten Dateiformate geachtet werden, da Windchill nicht mit jedem Format zurechtkommt. Völlig fehlt die Anbindung an FEM- oder anderweitige Berechnungssoftware, so dass maximal Prüfprotokolle mit Windchill verknüpft werden können.

Neben CAD-Programmen kann Windchill auch direkt in Microsoft Office Programme wie Word, Excel und sogar MS-Projekt eingebunden werden.

Die Userverwaltung erfolgt über eine jeweilige Einladung via Email, wenigstens in der vorhandenen Demoversion funktioniert dies so. Der eingeladene User muss sich dann bei PTC registrieren und sein Passwort selbst festlegen. Der Administrator des Systems kann bestimmte Gruppen definieren, wie z.B. „Beobachter“, Teilnehmer dieser Gruppe erhalten nur „View“-Rechte. So ist die Userverwaltung unter Windchill eine recht einfache und übersichtliche Angelegenheit. Per Copy/Paste können auch Teilnehmer in verschiedene Gruppen eingefügt werden.

4.1.1 Arbeiten mit Windchill

Die Oberfläche von Windchill ist relativ verständlich aufgebaut. Das einzige was anfangs etwas unklar erscheint, sind die Karten „Produkt“ und „Projekt“. Deren Unterschied ist zu Beginn nicht ganz ersichtlich.

Im Produkt finden sich später alle technischen Daten, wie Konstruktionen, Stücklisten, Varianten, technische Bewertungen usw. eines Projektes.

Unter „Projekt“ findet man hingegen alle weiteren Dateien, wie die des Marketings, der Organisation oder einfache Bildergalerien.

4.1.1.1 Die Oberfläche von Windchill

Nach dem Login in Windchill öffnet sich die zuletzt aufgerufene Seite des Users. Beim ersten Login erscheint eine allgemeine Übersicht, welche eigentlich bei jedem Start zu sehen sein sollte, da sie die aktuellsten Änderungen innerhalb des Projektes übersichtlich anzeigt.

Oben links findet man die Navigationsleiste. Unter der Startseite findet man die eben angesprochene Übersicht. Weiter gibt es dort Informationen über Zuweisungen, Aktualisierungen, Ausgecheckte Arbeiten oder anstehende Meetings. Unter dem letzten Punkt Dienstprogramme findet man nützliche Plugins zum direkten Download.

Die zweite Karte enthält Informationen über die angelegten Produkte. Verfeinert kann man sich Informationen über die Ordner des Produktes, die Produktstruktur, das Team welches an dem Produkt beteiligt ist einholen. Ein Änderungsmonitor zeigt hier Produktspezifisch die aktuellsten Änderungen. Nützlich ist auch das direkt eingebundene Forum und ein extra Ablageplatz für Dokumentenvorlagen wie Bauteillebensläufe oder andere immer wieder benötigter Formulare.

Das dritte Abteil enthält Informationen über die offenen Projekte. Die Unterteilung ist ähnlich der des Produktes. Unterschied ist hier noch die Übersicht über die vorhandenen und eingesetzten Ressourcen und eine extra Ablage für eventuelle Berichte.

Weiter geht es mit der Karte „Ändern“. Hier können übersichtlich Informationen über Problembereiche, Änderungsanträge und Änderungsnachrichten abgerufen werden. Eine allgemeine Übersicht gibt dann wieder ein Änderungsmonitor.

Windchill On Demand

Startseite Produkt Projekt Ändern Bibliothek
 Übersicht Zuweisungen Aktualisierungen Ausgezeichnete Arbeit Meetings Notizbuch Anmeldungen Berichte Dienstprogramme

Lernen | Hilfe | Publikationen | Seite senden | Hotlinks | Seite kopieren | Support
 Suchen:

Willkommen, **Andreas Riedl** Zuletzt zugegriffen:

Letzte Anmeldung: 21 Apr 2007, 15:08 EDT

In meiner Arbeit suchen:

Zuweisungen

Keine anzuzeigenden Elemente

Aktualisierungen

<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Kopieren"/>	Name	Nummer	Aktionen	Lebenszyklusstatus	Letzte Änderung	Version	Kontext
<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Zu Hotlinks hinzufügen"/>	IMG_1110	0000004056	Aktionsliste	Wird bearbeitet	21 Apr 2007, 13:46	1.1	Formula Student
<input type="checkbox"/>		IMG_1118	0000004057	Aktionsliste	Wird bearbeitet	21 Apr 2007, 13:46	1.1	Formula Student
<input type="checkbox"/>		IMG_1113	0000004056	Aktionsliste	Wird bearbeitet	21 Apr 2007, 13:46	1.1	Formula Student
<input type="checkbox"/>		IMG_1108	0000004055	Aktionsliste	Wird bearbeitet	21 Apr 2007, 13:46	1.1	Formula Student
<input type="checkbox"/>		IMG_1116	0000004054	Aktionsliste	Wird bearbeitet	21 Apr 2007, 13:46	1.1	Formula Student
<input type="checkbox"/>		IMG_1111	0000004053	Aktionsliste	Wird bearbeitet	21 Apr 2007, 13:46	1.1	Formula Student
<input type="checkbox"/>		IMG_1119	0000004052	Aktionsliste	Wird bearbeitet	21 Apr 2007, 13:46	1.1	Formula Student

Ausgezeichnete Arbeit

<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Kopieren"/>	Name	Nummer	Aktionen	Lebenszyklusstatus	Letzte Änderung	Version	Kontext
<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Zu Hotlinks hinzufügen"/>	Mit Volltaas	0000003623	Aktionsliste	In Prüfung	17 Apr 2007, 07:43		Formula Student

Abb.: Startseite von Windchill

Im Browserfenster rechts oben findet man noch weitere, nützliche Links zu Informationen über das Programm selbst. Neben einer ausführlichen Lernstütze gibt es eine aktive Hilfe, welche sich stets nach der gerade geöffneten Karte richtet. Auch findet man einen Link zu Publikationen über Windchill und weitere Hotlinks. Auch eine direkte Suche ist möglich.

Dieser oberflächliche Aufbau ist sehr logisch, auch wenn zunächst die Differenzierung zwischen Projekt und Produkt verstanden werden muss. Sonst sind aber alle Funktionen und Informationen dort, wo man sie erwartet.

Die langen Ladezeiten schrecken derzeit allerdings noch ein wenig ab. PDM soll ja die Suchzeiten reduzieren, dies gelingt bei der hier vorliegenden „Ondemanddemo“ leider nicht ganz. Interessant wäre auf jedenfall eine richtige Version von Windchill auf seine Geschwindigkeit zu testen.

4.1.2 Userverwaltung in Windchill

Die Userverwaltung in der Demoversion ist recht unkompliziert. In der Karte „Projekt“ findet sich eine Schaltfläche „Team“.

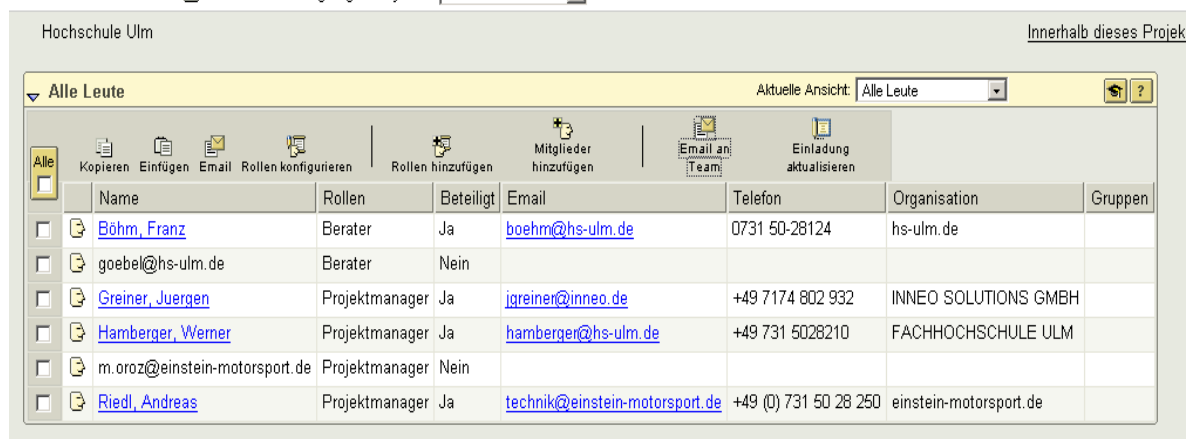


Abb.: Userverwaltung in Windchill

Über die Schaltfläche „Mitglieder hinzufügen“ können neue User über Email eingeladen werden. Sämtliche Daten wie die Telefonnummer kann der Benutzer dann selbst hinterlegen.

Eine weitere wichtige Funktion ist die „Rollen konfigurieren“. Hier können die verschiedenen Rollen projektspezifisch bzw. unternehmensspezifisch angepasst werden. Verschiedene Attribute können ausgewählt werden. So können z.B. User der Rolle „Berater“ nur bestimmte Funktionen und Aktionen durchführen. Dies ist wichtig, um kontrollieren zu können, wer welche Berechtigungen hat. Es macht keinen Sinn, dass jemand aus dem Marketing CAD-Daten ändern darf oder umgekehrt.

Im Projektbereich lassen sich die Benutzer allerdings nur hinzufügen oder löschen. Die Rollenverteilung erfolgt dann unter „Produkt“.

Über die Funktion „Kopieren“ und „Einfügen“ können die Anwender in die verschiedenen Rollen wie „Erhöhungsgenehmiger“, „Viewers“ oder was auch immer im Unternehmen angelegt wurde, hinzugefügt werden.

Weitere Rollen lassen sich mit Hilfe der Funktion „Rollen hinzufügen“ einfach einpflegen und verwalten.

Ein weiteres, nützliches Feature in der Teamverwaltung ist der direkte Link, um an das Team oder an ausgewählte Teilnehmer eine Email zu versenden. Dies spart Zeit und erlaubt einen schnellen Informationsaustausch innerhalb der gewünschten Personen.

Dieses Tool ist in Windchill sehr anschaulich und übersichtlich gestaltet und erfordert kaum Einarbeitungszeit für den Administrator. Allerdings ist das Konfigurieren der Rollen ein wenig eingeschränkt, da weitere Attribute nicht hinzugefügt werden können.

4.1.3 Einpflegen und verwalten von Dateien und Ordnerstrukturen

Unter Windchill lassen sich verschiedenste Dateiformate einpflegen und verwalten. Egal ob Office-Dokumente oder Bilddateien, unter Windchill lässt sich alles Einchecken und auch dementsprechend mit einem Lebenszyklus versehen.

Ganze Ordner mit enthaltenden Unterordnern und Dateien lassen sich ebenfalls importieren. Allerdings müssen hierfür die Ordner erst als zip- oder rar-Archiv verpackt werden. Dies ist zwar ein wenig aufwändig, macht aber bei größeren Ordnern Sinn und verkürzt auch die Ladezeit, gerade dann, wenn Windchill auf einen anderen Server untergebracht ist wie die zu verwendeten Dateien. Sind die Dateien erst einmal hochgeladen, kann das Archiv wieder entfernt werden.

4.1.3.1 Verwalten von Dateien unter Windchill

Das Verwalten von Dateien ist die Hauptaufgabe eines PDM-Systems. Daher ist wichtig, dass diese Funktion leicht und komfortabel, dabei aber eindeutig zu bedienen ist. Bei Windchill dauert es ein wenig, bis man die Funktionen hierfür gefunden hat.

Name	Aktionen	Lebenszyklusstatus	Geändert von	Letzte Änderung
Berechnung	Aktionsliste			12 Apr 2007, 02:28
Konstruktionen	Aktionsliste			12 Apr 2007, 02:27
10 Team Rahmen	Aktionsliste			19 Apr 2007, 12:49
20 Team Fahrwerk	Aktionsliste			19 Apr 2007, 12:50
Media	Aktionsliste			12 Apr 2007, 03:07
Autobild	Aktionsliste			21 Apr 2007, 13:46
Seite 1	Aktionsliste	Wird bearbeitet	Andreas Riedl	21 Apr 2007, 13:46
Seite 2	Aktionsliste	Wird bearbeitet	Andreas Riedl	21 Apr 2007, 13:46
Thumbs	Aktionsliste	Wird bearbeitet	Andreas Riedl	21 Apr 2007, 13:46
Weihnachtsessen	Aktionsliste			21 Apr 2007, 13:46
CIMG2159	Aktionsliste	Freigegeben	Andreas Riedl	22 Apr 2007, 11:14
Organisation	Aktionsliste			12 Apr 2007, 02:31
Planung	Aktionsliste			12 Apr 2007, 02:28
Presse	Aktionsliste			12 Apr 2007, 03:07
Mit Vollgas	Aktionsliste	In Prüfung	Andreas Riedl	22 Apr 2007, 11:14
Technische Spezifikationen	Aktionsliste			12 Apr 2007, 02:32

Abb.: Verwalten von Dateien unter Windchill

Im oberen Bild sieht man die Datenstruktur unter Windchill. Links sind die einzelnen Ordner und Dateien aufgeführt. Etwa in der Mitte gibt es den Link „Aktionsliste“ und danach folgen Informationen über den Lebenszyklusstatus, wer diesen zuletzt geändert hat und wann.

Für den Zustand der Datei ist die Aktionsliste entscheidend. Klickt man sie an, öffnet sich ein weiteres Fenster. Hier können nun die wichtigsten Funktionen gestartet werden. Hier lässt sich die Datei Auschecken, Anzeigen, die Details bearbeiten, der Workflow lässt sich starten und definieren, man kann sie sich im ProductView anzeigen lassen, die Zugriffsrechte auf die Datei können von hier aus gesteuert werden und der Lieferbestand kann erstellt werden. Es besteht auch die Möglichkeit, das File zur Diskussion frei zu geben. Auch die üblichen Funktionen wie Umbenennen, Ausschneiden, Kopieren und Löschen finden sich in diesem Fenster.

Somit ist eigentlich recht übersichtlich jede Funktion für jede Datei abrufbar, allerdings ist diese Vorgehensweise leicht gewöhnungsbedürftig. Ist man doch von Windows Pop-up-Menüs gewohnt oder ruft Funktionen über die rechte Maustaste auf.

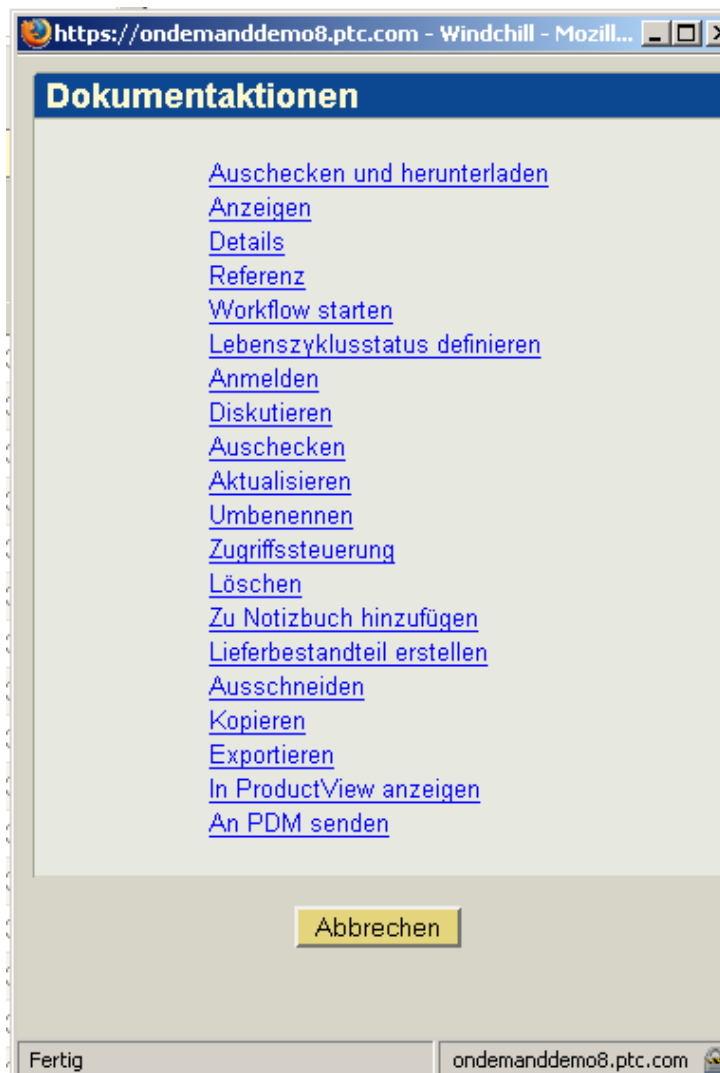


Abb.: Aktionsliste von Windchill

4.1.3.2 Die Workflowstatus in Windchill

In Windchill sind bereits fünf verschiedene Workflowrouten vorprogrammiert. Nachteil dieser Vorgaben, sie sind auf Englisch, wobei das für angehende Ingenieure keinerlei Problem dar stellen sollte.

Hier ein Überblick über die Workflowstatus:

Name	Beschreibung Englisch	Beschreibung Deutsch (frei übersetzt)
Approval Routing	This routing is for review and approval of documents and parts.	Diese Route ist für Ansicht und Zustimmung für Dokumente und Teile
Notify Routing	This is a routing to deliver a notification about a document or part.	Dies ist eine Route um eine Mitteilung über ein Dokument oder ein Part zu liefern
Release Routing	This is a routing for the approval and release of a document or part.	Dies ist eine Route für die Zustimmung und einer Freigabe eines Dokumentes oder Teiles.
Review Routing	This is a routing to review a document or part.	Dies ist eine Route für eine Wiederansicht eines Dokumentes oder Bauteiles.
Two Level Approval Routing	This routing is for sequential, two-level review and approval of documents and parts.	Diese Route ist für aufeinanderfolgende, Zweistufen Wiederansicht und Freigabe von Dokumenten und Bauteilen

Tab.: Workflowstatus in Windchill

4.1.4 Die CAD-Schnittstelle

Wie schon mehrfach erwähnt, ist das Wichtigste eines PDM-Systems die Fähigkeit CAD-Daten zu verwalten, sie zu sortieren und den entsprechenden Benutzergruppen zur Verfügung zu stellen.

Da dies die Hauptaufgabe ist, kann damit jedes PDM-System umgehen, die zentrale Frage lautet daher: „Wie funktioniert das?“.

Die Windchill Schnittstelle wird direkt in CATIA implementiert. Nach der Installation findet sich in der Menüleiste ein weiterer Punkt wieder, der sämtliche Funktionen von Windchill zur Verfügung stellt. Sei es ein neues Teil zu erstellen oder es ein- bzw. auszuchecken. All diese Funktionen und deren Möglichkeiten werden nachfolgend erklärt.

Diese Funktion kann an der Hochschule Ulm derzeit nicht getestet werden, da das Entwicklertool von CATIA, welches für die Implementierung notwendig ist, nicht zur Verfügung steht.

4.2 Teamcenter Express

Das Teamcenter wird von der Fa. UGS vertrieben. Dieses Programm wird mittlerweile in 26 Ländern bei 47.000 Kunden eingesetzt. Gerade im Mittelstand findet Teamcenter mehr und mehr Zuspruch, da es durch gut hinterlegte Grundeinstellungen und einfache Anpassungsmöglichkeiten relativ schnell eingesetzt werden kann und somit vom Kostenfaktor zum Nutzfaktor wird.

Seit März 2007 ist die Version 2.1 verfügbar. Hier wurden im Bereich der Fertigungsanbindung Verbesserungen erzielt, auch konnte das Sprachenspektrum erweitert werden.

Das Teamcenter kann mit allen gängigen CAD-Programmen zusammenarbeiten. Beispielsweise mit CATIA, Autodesk Inventor und SolidWorks sowie Solid Edge und weiteren.

Die Einbindung von CATIA funktioniert hier besser. Wenigstens bei den hier vorliegenden Testversionen. Während in Windchill das PDM über eine neue Menüleiste aus CATIA gestartet wird, wird das Teamcenter über Makros gestartet. Sollte später die Entscheidung auf das Teamcenter fallen, so muss hier nach einer einfachen Programmierlösung gesucht werden, um die entsprechenden Makros in eine eigene Symbolleiste einzubinden.

4.2.1 Die Oberfläche von Teamcenter Express

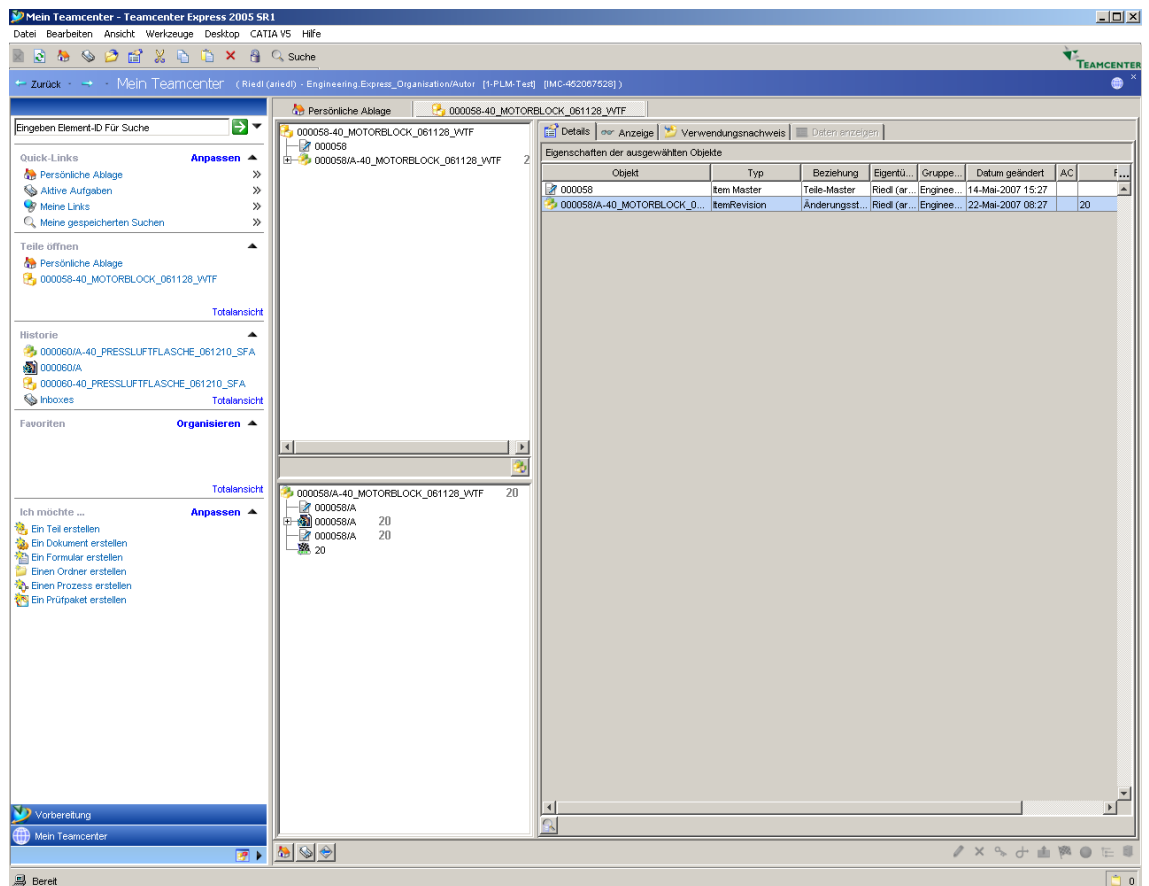
Im Gegensatz zu Windchill besitzt das Teamcenter eine Windowsbasierte Oberfläche. Auf den ersten Blick wirkt alles sehr aufgeräumt und insgesamt übersichtlicher als das Konkurrenzprodukt.

Das Fenster ist in drei vertikale Spalten aufgeteilt. Ganz links finden sich „Quick Links“ zur persönlichen Ablage oder auch zu den persönlichen aktiven Aufgaben. Darunter sind die zuletzt geöffneten Teile aufgelistet, welche sich dadurch schnell öffnen lassen. Anschließend folgt eine Auswahl von Aktionen wie z.B. ein Teil zu erstellen. Ganz unten findet man den Link zum Produktstrukturmanager.

In der mittleren Spalte des Startbildschirmes befindet sich ein Strukturbaum. In diesem ist die Mailbox sowie die vorhandenen Baugruppen aufgeführt.

Rechts befinden sich entsprechend zu dem ausgewählten Bauteil oder der ausgewählten Datei wichtige Details oder Verwendungsnachweise.

Ein weiteres Feature sind sogenannte Tabs. Dadurch kann man auch immer wieder zu den vorher besichtigten Fenstern zurück wechseln.



4.2.2 Die Userverwaltung im Teamcenter

Wie in anderen PDM-Systemen auch ist die Userverwaltung ein zentraler Punkt für effizientes Arbeiten. Verschiedene User müssen den verschiedensten Usergruppen angehören.

Hierbei ähneln sich die benutzen Bezeichnungen in den diversen Programmen bestenfalls. Da nur übersetzte Versionen vorliegen, soll nicht ausgeschlossen werden, dass in den Originalversionen der einzelnen Programme die User und auch andere Bezeichnungen von PDM zu PDM gleich sind.

Wie die Userverwaltung unter Teamcenter funktioniert kann aufgrund eingeschränkter Rechte nicht nachvollzogen werden.

4.2.3 Einpflegen und verwalten von Dateien und Ordnerstrukturen

Wie Windchill ist auch das Teamcenter in der Lage, verschiedenste Dateiformate zu handeln. Je nach Konfiguration und Installation lassen sich direkt aus dem Teamcenter heraus neue Word- oder Excel-Files generieren und bearbeiten.

Hierfür findet sich im Menü der Punkt „Neu“, wie in anderen Anwendungen auch. Der Unterschied zu den bekannten Officeprogrammen liegt in der erweiterten Auswahl an Dateiformaten. Aus dem Teamcenter heraus ist es möglich, direkt CATIA oder Word-Dateien zu erzeugen.

Mit Hilfe des erscheinenden Menüs lassen sich neue Dateien sofort bestimmten Projekten zufügen. Die Seriennummer sowie der Bearbeitungsstatus werden vom Teamcenter automatisch erzeugt, sind aber durchaus änderbar.

In wie weit die Seriennummer anpassbar ist, kann aufgrund eingeschränkter Rechte nicht gesagt werden. Normalerweise halten PDM-Systeme Optionen bereit, um hier anwenderspezifische Einstellungen vornehmen zu können.

Unter Windchill lassen sich komplette Ordnerstrukturen importieren. Im Teamcenter konnte hierfür keine Funktion gefunden werden.

4.2.3.1 Verwalten von Dateien im Teamcenter

Das Verwalten von Dateien im Teamcenter ist etwas komplex. Gerade wenn bereits bestehende Daten diesem PDM-System zugeordnet werden, ist es nicht so verständlich wie gerne gewünscht.

Das Importieren von bestehenden Daten ist hierbei nicht das Problem. Das funktioniert z.B. aus CATIA mit dem Teamcenterbefehl „save as“. Hierbei muss nur darauf geachtet werden, dass der Befehl aus der Teamcenter-Toolbar verwendet wird, nicht der von CATIA.

Ist dies geschafft, muss jede einzelne Datei einem Projekt zugewiesen werden. Hierfür muss das entsprechende Bauteil mit einem Rechtsklick selektiert werden. Im entsprechenden Pop-Up-Menü wird dann noch „Projekt – Zuweisen“ gewählt.

Hierbei öffnet sich ein Fenster mit einem Überblick der Projekte, für die der User freigeschaltet ist. Nun das entsprechende Projekt wählen und mit „Anwenden“ diesen Vorgang abschließen.

Um ein Bauteil den entsprechenden Workflowstatus zu geben, muss es ausgecheckt werden. Das entsprechende Menü findet sich ebenfalls mit einem Rechtsklick auf das Bauteil.

4.2.3.2 Die Workflowstatus im Teamcenter

In der Grundeinstellung von Teamcenter Express sind drei Workflowstatus hinterlegt. Diese findet man in der Toolleiste unter Werkzeuge – Status-Manager.

Name	Beschreibung
10 Zurückgewiesene prüfen	Dateien, die geprüft wurden und nicht freigegeben sind
20 Prüfen	Bauteile oder Dateien, die zu prüfen sind
60 Freigegeben	Bauteile oder Dateien, die für weitere Bearbeitungen oder für die Fertigung freigegeben sind

Tab.: Workflowstatus in Teamcenter Express

Die Vergabe eines Workflowstatus erfolgt durch die Auswahl im oben genannten Menü. Den Status des jeweiligen Bauteils zeigt das Teamcenter direkt im Strukturbaum mit der entsprechenden Nummer an.

Wie weit diese Status konfiguriert werden können, konnte nicht erprobt werden.

4.2.4 Die CAD-Schnittstelle von Teamcenter Express

Das Teamcenter kann aus CATIA heraus mit Hilfe einer Toolbar gestartet werden. Diese Toolbar enthält alle wichtigen Funktionen, wie Laden und Speichern von einzelnen Bauteilen oder Baugruppen. Es können neue Baugruppen erstellt und direkt in das Teamcenter importiert werden. Einige weitere Tools stehen noch direkt zur Verfügung, diese sind für den Rahmen dieser Arbeit nicht repräsentativ.

Die Toolbar kann mit Hilfe des Entwicklertools von CATIA V5 erzeugt werden und lässt sich somit auch für eine gesamte Netzwerkinstallation einstellen. Ist diese Lizenz nicht verfügbar, ist es noch möglich, das Teamcenter über Makros zu bedienen. CATIA bietet die Möglichkeit, Makros in eine Toolbar mit Symbolen einzubinden. Dies ist ein einmaliger Aufwand für einen geübten User von ca. 20min, der sich lohnt.

Sinnvoll ist hier nun ein Makro, das diese Menüleiste selbst generiert. Allerdings bietet CATScript, die Programmiersprache der CATIA-Makros, keine entsprechenden Befehle, so dass dies nicht möglich ist.

Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass jeder User an seinem Arbeitsplatz erst die Toolbar generieren muss, bevor er das Teamcenter vollständig nutzen kann. Auch muss diese Arbeit bei jedem Releasewechsel von CATIA erneut vorgenommen werden.

Eine Lösung über das Kopieren des CATIA-Environment oder der CATSettings konnte nicht gefunden werden.

5. Qualität der Archivdaten

5.1 Datenformat

Schon ohne PDM ist es wichtig, dass alle verwendeten Konstruktionsdaten nach einem Schema aufgebaut sind. Im CATIA V5 fängt es mit der Bauteilbezeichnung an und endet mit dem Strukturbaum.

Die Benennung ist wichtig, damit man das gesuchte Bauteil schnell und unkompliziert findet. Wichtig ist, dass Bauteile mit verschiedenen Varianten stets den gleichen Namen tragen, die Versionsnummer muss ebenfalls schnell ersichtlich sein. Das CAD-System kostet jede Minute Geld, wenn es also nicht genutzt wird, bzw. der Konstrukteur Zeit bei der Suche nach seinen Bauteilen verwendet, sind dies Kosten die dem Unternehmen schaden. PDM kann hier helfen. Durch das Hinterlegen von Metadaten können die Teile auch durch Stichpunkte oder diverser Eigenschaften gefunden werden. Vorstellbar ist, dass man nach Materialeigenschaften sucht, die in dem Bauteil hinterlegt sind und somit man fündig wird.

Was einst eine „sprechende Artikelnummer“ war erledigt heute PDM. Es ist nicht mehr wichtig, aus der Sachnummer zu erkennen, wo das Bauteil verbaut ist, wenn diese Angaben in den Metadaten hinterlegt wurden.

Um ein einfaches und effizientes Arbeiten in einem Betrieb zu ermöglichen, muss in CATIA V5 ein definierter Strukturbaum vorgegeben werden. Dies ermöglicht ein schnelles zurechtfinden in einem Bauteil und dessen Aufbau auch für jemanden, der es gerade zum ersten Mal vor sich auf dem Schirm hat. Dies kann auf mehrere Arten geschehen. Entweder man gibt ein Startmodell vor, mit dem jede Konstruktion beginnt. In guten PDM-Systemen kann man ein solches Startmodell direkt hinterlegen. Dies wird geöffnet, sobald ein neues Teil angelegt wird. Eine weitere Möglichkeit einen einheitlichen Strukturbaum zu erzeugen ist mit der Hilfe von Makros.

Seit CATIA V5R14 ist es ferner wichtig, darauf zu achten, dass die Konstruktionen nicht im Hybriddesign erzeugt werden. Diese Konstruktionsmethode ermöglicht es, aus einem Body ein Geometrisches Set zu machen. Man kann Solidfunktionen sowie Surfacefunktionen in einem Body vereinen und anwenden. Allerdings führt dies schnell zu unübersichtlichen Aufbauten und wird daher von der Industrie kaum eingesetzt.

5.2 Prüfen des Datenformates

Die oben genannten Punkte müssen von der Führung eines Unternehmens vorgegeben werden. Oft kommen diese Startmodelle auch direkt vom Auftraggeber.

Um die vorgegebenen Werte zu überprüfen stellt die Fa. Transcat ein Prüftool zur Verfügung, den Q-Checker. Mit diesem Tool ist es möglich, voreingestellte Werte zu prüfen und teilweise auch zu korrigieren. So kann die Bauteilbezeichnung auf Ihre Richtigkeit kontrolliert werden, welcher Body sich in Bearbeitung befindet, ob der Partbody leer ist oder ob bei einer Surfacekonstruktion die Flächennormale umklappt.

Der Q-Checker bietet über 300 verschiedene Einstellungsmöglichkeiten für den Administrator. Jedes Kriterium lässt sich auch gewichten. So kann man verschiedene KO-Bedingungen und deren Gewichtung definieren.

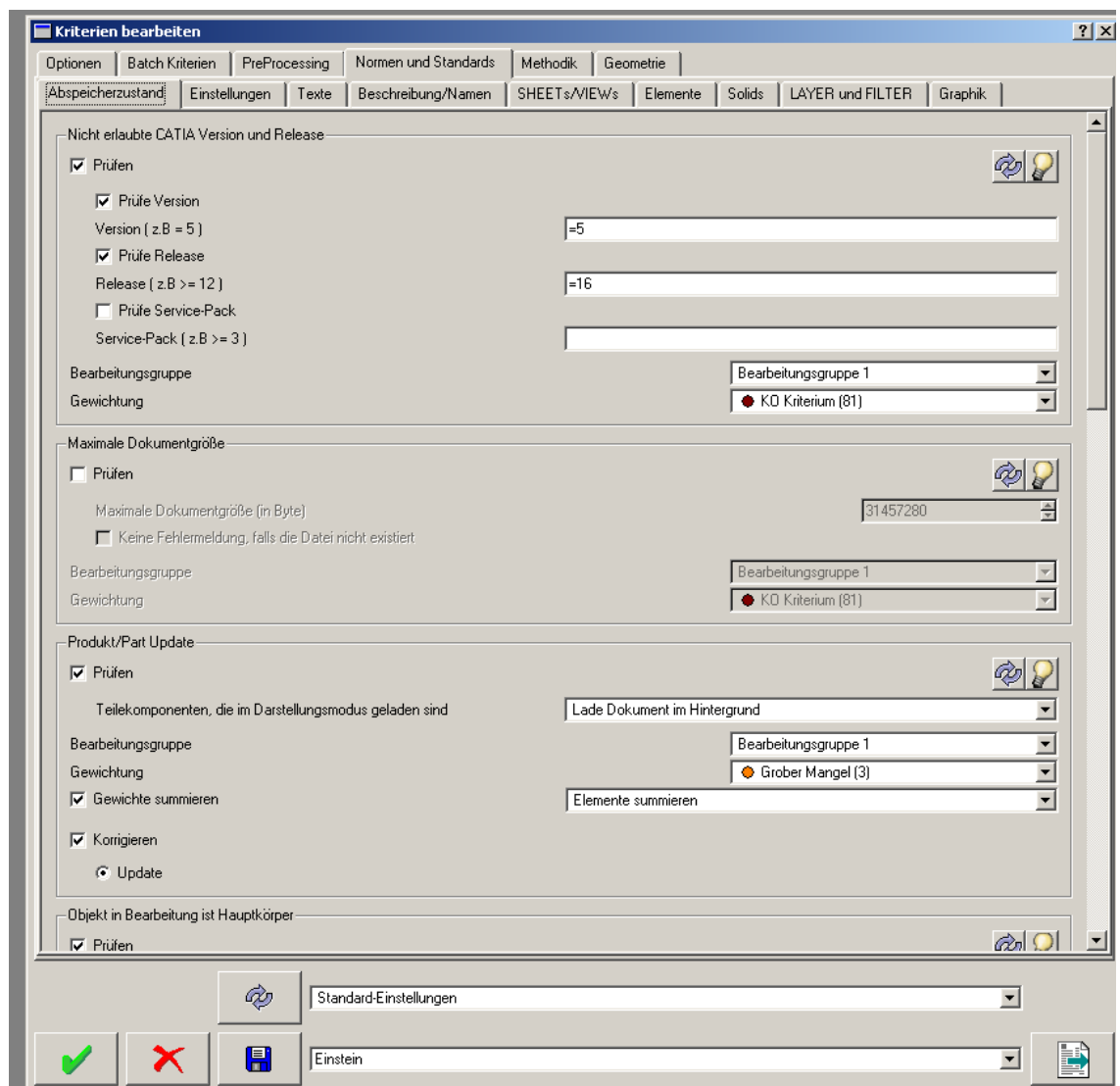


Abb.: Einstellungsmöglichkeiten im Q-Checker

Findet der Q-Checker keinen Fehler im Bauteil, so wird der Status IO ausgegeben. Sind allerdings Mängel vorhanden, wird der Status KO. Anschließend gibt er auch gleich an, welche Stellen im Bauteil, im Strukturbaum oder in der Bauteilbenennung überarbeitet werden müssen, um den IO-Status zu erlangen. Durch Anklicken der Fehlermeldung unterlegt er die entsprechende Stelle im Strukturbaum, wie in CATIA üblich, orange und der Fehler kann schnell gefunden und somit behoben werden. Manche Fehler wie z.B. das dass Bauteil nicht update ist, kann der Q-Checker automatisch korrigieren, sofern dies vom Administrator so vorgesehen wurde.

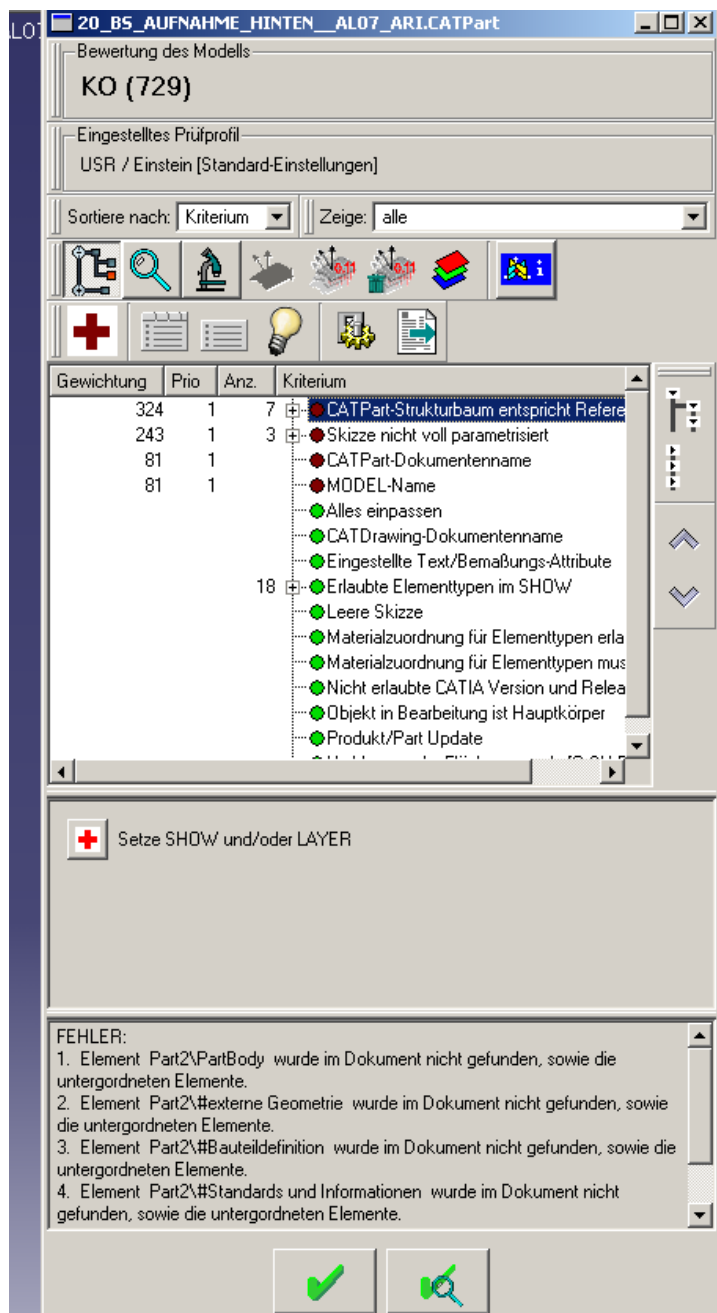


Abb.: Q-Checker Prüfungsergebnis

5.3 Einstellungen im Q-Checker

Wie jedes andere Tool auch muss man den Q-Checker erst einmal sagen, wie er denn was prüfen soll, damit das Bauteil später auch genau das Format hat, dass es haben soll.

Hierfür gibt es wie bereits oben erwähnt viele Einstellungsmöglichkeiten. Hier wird allerdings nur auf die von uns Verwendeten eingegangen.

5.3.1 Prüfsiegel

Mit Hilfe des Prüfsiegels ist es möglich, schnell zu erkennen, ob das jeweilige Bauteil oder die vorliegende Zeichnung mit dem Q-Checker überprüft wurde. Auf Wunsch kann selbst in den Eigenschaften ein Eintrag erfolgen.

Beim Prüfsiegel kann maximal eine Fehlermeldung erzwungen werden, eine Gewichtung erfolgt hierbei nicht.

5.3.2 Nicht erlaubte CATIA-Versionen oder Releases

Durch diese Einstellung wird überprüft, mit welcher Version das Modell erzeugt wurde. Momentan sind nur Bauteile zulässig, die in CATIA V5R16 konstruiert wurden. Ändert sich im Laufe der Zeit das System auf V5R17, so muss auch das Profil im Q-Checker angepasst werden.

Ein abspeichern eines Bauteiles in einem höherem Release hat zur Folge, dass es nicht mehr im niedrigeren geöffnet werden kann. Daher ist dieser Prüfpunkt für die Dateiablage wichtig.

Das Kriterium wird als KO eingestuft und erhält die Gewichtung von 81.

5.3.3 Produkt / Part Update

Hier wird geprüft, ob das Produkt, Part oder die Zeichnung auf dem aktuellen Stand sind. Es wäre natürlich fatal, wenn ein nicht aktuelles Bauteil freigegeben wird. Speziell bei Zeichnungen kann dies zu größeren Problemen während der Fertigung, spätestens aber beim Zusammenbau führen.

Auch dies wird als KO-Kriterium eingestuft.

5.3.4 Objekt in Bearbeitung ist Hauptkörper

Auch diese Funktion ist ähnlich der Updatevariante. Ist nicht der Hauptkörper in Bearbeitung definiert, so kann es sein, dass der Konstrukteur ein nicht ganz fertiges Bauteil vor sich auf dem Schirm sieht. Daher prüft der Q-Checker diesen Zustand.

Man kann in einer weiteren Auswahl angeben, welche Körper, also geordnet, offen oder gar Hybridkörper als Hauptkörper definiert werden dürfen.

Zuletzt kann noch eingestellt werden, ob dieser Körper im Show oder im No-Show liegen soll. Sollte dies nicht der Fall sein, korrigiert der Q-Checker diesen Fehler nach Eingabe des Users automatisch.

Auch dieses ist ein KO-Kriterium und erhält somit die Gewichtung von 81.

5.3.5 CATPart Name prüfen

Dies ist wohl eine der wichtigsten Einstellungen überhaupt. Sie stellt sicher, dass alle abgelegten Bauteile einen Namen tragen, welcher der hinterlegten Nomiklatur entspricht.

Um dies richtig einzustellen, hat Transcat bereits ein Beispielsfile hinterlegt. Diese Datei muss nun so umgeschrieben werden, dass sie dem gewünschten Standard entspricht. Hierfür müssen vorweg allerdings die Standards definiert werden und endgültig freigegeben sein.

So könnte eine Namenskonvention im Q-Checker programmiert sein:

```
BEGIN_BLOCK
COLUMN 1
"^[0-9]"
"^[A-Z]"
"^[AL07]"
"^[A-Z]"
"Part"
ERROR_MSG
"Document name does not begin with a Number and is not "Part""
END_BLOCK
```

Hier würde nun eine folgende Bauteilbenennung überprüft:

```
000000_BAUTEILNAME_AL07_XXX.CATPart
```

Die ersten Zahlen stehen für eine fortlaufende Nummer, welche vom PDM-System automatisch erzeugt wird, der Bauteilname bezeichnet das Bauteil eindeutig, AL07 steht für das aktuelle Projekt, bzw. für das Projekt, in welches das Bauteil verbaut werden soll. Die letzten drei Buchstaben sind das Kürzel des Konstrukteurs, bestehend aus dem ersten Buchstaben des Vornamens und der ersten zwei des Nachnamens.

So ist gewährleistet, dass man allein durch die Bauteilbezeichnung das gesuchte Stück schnell findet und es ist auch sofort ersichtlich, wer der Ansprechpartner für die vorhandene Konstruktion ist.

Ebenso können die Bezeichnungen für CATProducts oder CATDrawings festgelegt werden.

5.3.6 Hauptteilname (Teilenummer)

Mit dieser Funktion wird der die Teilenummer des Bauteils auf eine vorher festgelegte Struktur überprüft. Es macht hier Sinn, die Teilenummer gleich des Dokumentennamens zu gestalten.

Die Anpassung erfolgt wie beim CATPart-Namen über eine hinterlegte Datei, welche entsprechend angepasst werden muss.

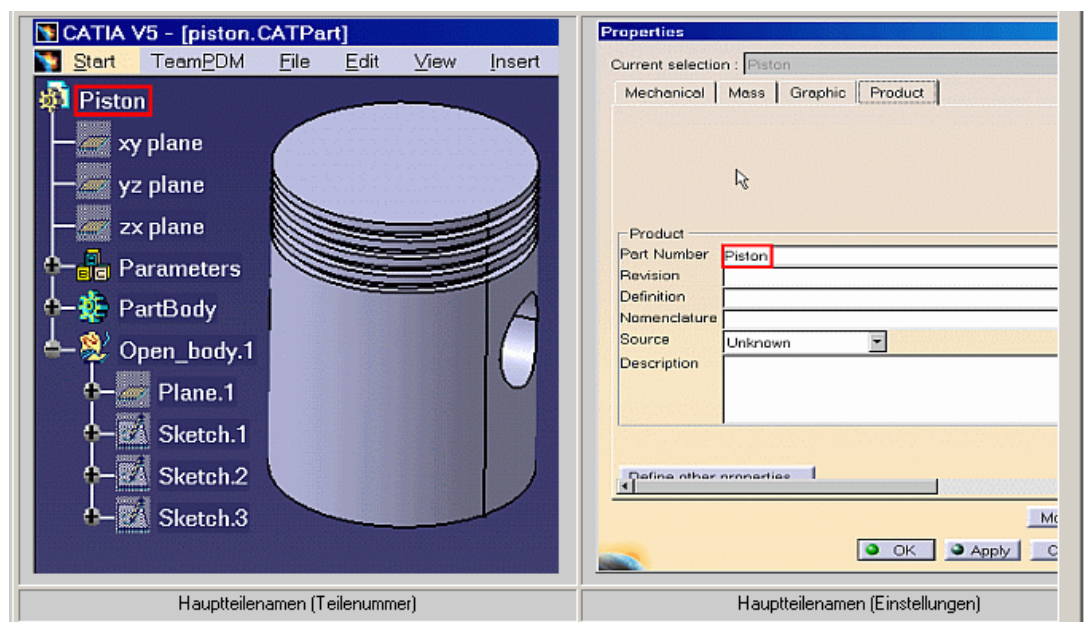


Abb.: Teilenummer in CATIA

Fahrzeugtechnik, Hochschule-Ulm

Einfacher geht dies mit der Einstellung unter „Hauptteilname (Teilenummer) entspricht CATPart-Dateinamen“. Hier muss nicht erst das Textfile umgeschrieben werden.

5.3.7 Zeichnungseinstellungen

Für Zeichnungen können ebenfalls mehrere Einstellungen gemacht werden. Diese machen im Rahmen des Formulastudentprojektes allerdings nicht viel Sinn, da kaum Zeichnungen nach Extern geschickt werden. Diese Funktionen sind bei Automobilherstellern besser aufgehoben, da dort doch noch viele Zeichnungen zu Zulieferern geschickt werden.

Man kann einstellen, welche Zeichnungsrahmen verwendet, wie die Schriftfelder ausgefüllt werden müssen und welcher Zeichnungsstandard (ISO, JIS, ANSI...) in der Zeichnung verwendet werden soll.

5.3.8 Erlaubte Elementtypen im Show

Diese Option ist sehr hilfreich, gerade wenn man größere Baugruppen generiert. Es gibt Konstrukteure, die ihr Bauteil abspeichern, dabei aber vergessen, nicht benötigte Elemente in das sogenannte No-Show zu setzen.

Im Q-Checker können die Elemente angegeben werden, welche unbedingt im Show bleiben sollen, alle anderen werden auf Wunsch automatisch in das No-Show versetzt.

Folgende Elemente sollen sichtbar bleiben:

RootProduct

Product

Part

RootPart

PartBody

Somit ist gewährleistet, dass wenn ein Product geöffnet wird, man wirklich nur die eigentlichen Bauteile findet, da die Konstruktion mit Ausnahme der Außenhaut vollständig im Solid dargestellt wird.

5.3.9 Materialzuordnung für Elementtypen muss existieren

Eine weitere, sehr wichtige Funktion für die spätere Fertigung eines Bauteiles. Ohne eine Materialzuweisung lassen sich keine Gewichte einer Baugruppe im CAD messen und auch die Fertigung weiß nicht, aus welchem Material dieses Bauteil hergestellt werden soll.

Bei den OEM's gibt es spezielle Materialdatenbanken, aus denen sämtliche verfügbaren Werkstoffe eingefügt werden können. CATIA bietet hierfür selbst schon eine mit den Grundmaterialien ausgestattete Datenbank an, welche sich auch noch erweitern lässt.

Ist kein Material dem PartBody zugewiesen, so wird der Status auf KO gesetzt.

5.3.10 Skizze nicht voll parametrisiert

Hierbei werden alle Skizzen eines Bauteiles auf ihre vollständige Bestimmtheit (iso-constrained) geprüft. Nicht vollständig bemaßte Skizzen können zu Problemen führen und sollten deshalb erst gar nicht verwendet werden. Daher prüft der Q-Checker dies ab und gibt einen Fehler aus, mit der Gewichtung 9.

5.3.11 Vollständige Konfiguration

Transcat stellt im Q-Checker ca. 300 Einstellungsmöglichkeiten zur Verfügung. Die hier genannten erscheinen allerdings für das Formlastudentprojekt als nützlich. Alle weiteren Funktionen werden hier nicht erwähnt, da dies den Umfang dieser Arbeit sprengen würde.

Auch ohne PDM ist der Q-Checker ein nützliches Tool für den Konstrukteur. Kann er doch zu jeder Zeit prüfen, ob seine Konstruktion den vorgegebenen Normen und Strukturen entspricht und kann somit auch frühzeitig reagieren.

6. Zusammenfassung und Auswertung

Da nun einige PDM-Systeme betrachtet wurden, soll mit Hilfe einer Entscheidungsmatrix ermittelt werden, welches der Programme am ehesten Nutzen bringen kann.

Name des Systems	Teamcenter von UGS	Windchill von PTC	Enovia Smartteam von DassaultSystems
Entscheidungskriterien			
CAD Anbindung (speziell CATIA-V5)	Nur über Makros steuerbar	Funktioniert nicht	Keine Testlizenz verfügbar
CAD-Datenverwaltung	Funktioniert einwandfrei	Funktion konnte nur mit anderen Dateien geprüft werden, dies funktioniert einwandfrei	Keine Testlizenz verfügbar
Administration	Keine Möglichkeit der Beurteilung	Relativ lange Einarbeitungszeit notwendig	Keine Testlizenz verfügbar
User Verwaltung	Keine Möglichkeit der Beurteilung	Funktioniert einwandfrei	Keine Testlizenz verfügbar
Dateiimplementierung /-erzeugung	Funktioniert leicht verständlich	Funktioniert nicht mit CATIA-Daten	Keine Testlizenz verfügbar
Benutzerfreundlichkeit	Sehr lange Einarbeitung notwendig	Sehr lange Einarbeitungszeit notwendig	Keine Testlizenz verfügbar
Preis	Keine Möglichkeit der Beurteilung	Keine Möglichkeit der Beurteilung	Keine Testlizenz verfügbar
Gesamt	10	12	0
Jeweiliger Mittelwert	2,25	1,833	0

[Punktesystem für die Matrix: grün = 3; gelb = 2; rot =1]

Tab.: Entscheidungsmatrix PDM-System

6.1 Fazit der PDM-Systeme

Auch nach intensiver Arbeit mit den einzelnen PDM-Systemen traten immer wieder Fehler und daraus resultierend Fragen auf. Keines der getesteten Systeme hinterlässt einen positiven Eindruck. Der Support bei den verschiedenen Programmen ist nicht das, was man erwartet. Oft konnten für Probleme gar keine Lösungen gefunden werden. So wie für die CAD-Integration, welche elementar für diese Art von Programmen ist, steht keine zufrieden stellende Lösung parat.

PDM ist für den Mittelstand und für große Unternehmen konzipiert und entwickelt worden. Hier müssen die Mitarbeiter täglich mit diesen Programmen arbeiten, um den Anforderungen ihres Arbeitsplatzes gerecht zu werden. In einem studentischen Projekt wie dem Einstein Motorsport oder gar für Vorlesungszwecke ist diese Art von System nicht geeignet. Studenten arbeiten nicht permanent mit einer Software oder nutzen diese für kleine Projekte.

Selbst wenn Kleinprojekte mit PDM überwacht und koordiniert werden sollen, ist der benötigte Aufwand zu hoch und der Nutzen, sieht man mal von der Lehre ab, sehr gering. Weiter stellt sich die Frage, ob es einem Studierenden viel nützt, wenn er sich bereits mit Teamcenter Express auskennt. Betrachtet man allerdings einige Stellenangebote, so kann es durchaus von Vorteil sein, schon mal die ersten Gehversuche mit PDM-Systemen gemacht zu haben.

Vorstellbar ist ein Wahlfach, in dem die Grundlegenden Funktionen eines PDM's vorgestellt werden. Ein PDM in CAD-Vorlesungen zu implementieren ist für die vorhandenen Vorlesungsstunden zu aufwändig.

Sollte über ein Wahlfach nachgedacht werden, empfiehlt sich Teamcenter Express. Hier ist die CAD-Schnittstelle auch in CATIA wenigstens möglich, wenn auch nicht ideal.

6.2 Der Nutzen des Q-Checkers

Der Q-Checker ist, wie weiter oben bereits erwähnt, ein sehr nützliches und umfangreiches Tool. Es zeichnet sich durch eine leicht verständliche Benutzeroberfläche aus und es ist auch leicht den internen Anforderungen anzupassen.

Unbedingt empfehlenswert lautet das Fazit für das Einstein Motorsport Projekt. Die einfache Handhabung und die kurze Eingewöhnungszeit verbessern den gesamten Konstruktionsprozess. Durch die erzwungene Dateinomiklatur wird auch das Auffinden der Bauteile einfacher.

Da dieses Programm auch bei einigen Automobilherstellern sowie derer Zulieferer eingesetzt wird, macht es durchaus Sinn, dies in CAD-Vorlesungen zu integrieren.

6.3 Weitere Verbesserungsvorschläge

Während der Arbeit mit PDM-Systemen und der intensiven Beschäftigung mit der vorhandenen Ordnerstruktur des Einstein Motorsport fiel auf, dass die aktuelle Ablage nicht als ideal betrachtet werden kann. Auch der Umgang mit den vorhandenen Möglichkeiten ist noch verbesserungswürdig.

6.3.1 Verbesserte Ordnerstruktur

Derzeit sind abgeschlossene Konstruktionen in einem ganz anderen Ordner als die in Bearbeitung definierten.

Sinnvoller ist hier die Anordnung, einen Konstruktionsordner für jedes Anliegende Projekt zu erstellen und dort dann zwischen „abgeschlossen“ und „in Bearbeitung“ zu unterscheiden.

Der Arbeitsprozess wird dadurch nicht wesentlich beschleunigt, aber der Aufbau ist logischer, überschaubarer und die fertigen Bauteile sind in der Ordnerstruktur näher an den in Bearbeitung definierten.

Fahrzeugtechnik, Hochschule-Ulm

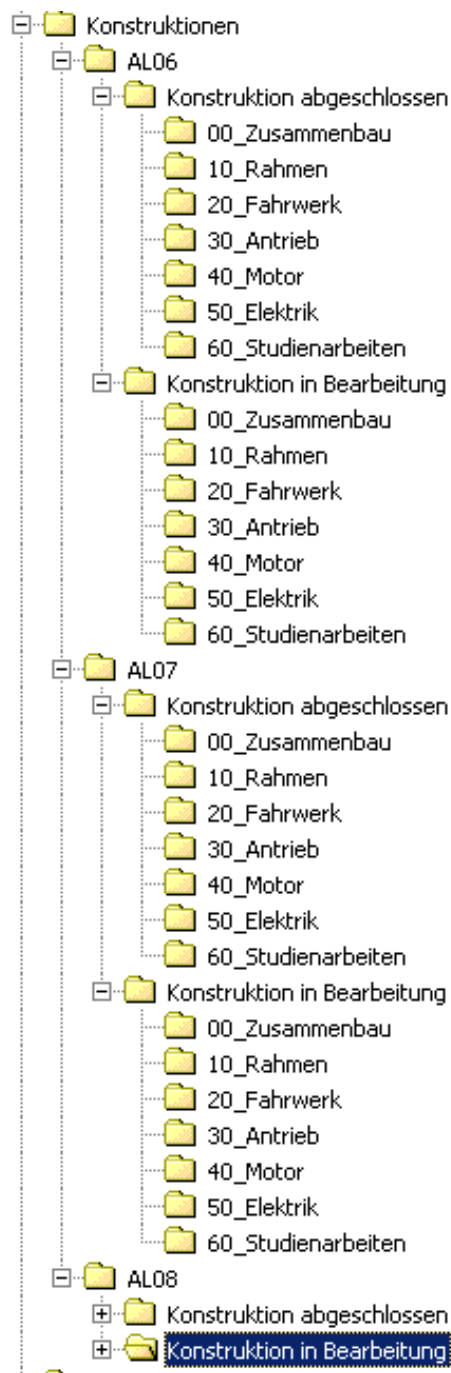


Abb.: Verbesserte Ordnerstruktur

7. Konstruktion des Formelstudent Rennwagens

Die Konstruktion eines Formelstudent Rennwagens erfolgt simultan zu anderen Konstruktionsvorgängen.

Zu Beginn werden in einem Lastenheft die anstehenden Arbeiten mit den gewünschten Zielen definiert. Einer ausführlichen Konzeptphase folgt die Konstruktion mit ihren verschiedenen Änderungsstufen.

7.1 Lastenheft und Pflichtenheft

Das Lastenheft beschreibt die Ziele für die jeweiligen Baugruppen und das Gesamtfahrzeuges. Daten wie der Radstand, die Aufbauhöhe oder das angestrebte Gesamtgewicht werden hier bereits vordefiniert.

Da Lastenhefte elementar für die Entwicklung sind, wird das Format in der DIN 69905 festgelegt. Ein Lastenheft beschreibt „was und wofür“ gemacht werden soll, im Gegensatz zum Pflichtenheft, in dem „was und womit“ beschrieben wird.

Lastenhefte finden nicht nur in konstruktiven Bereichen Anwendung, sondern auch in der IT-Entwicklung.

Die Lastenhefte in der Luft und Raumfahrt orientieren sich nicht an der DIN, sondern an Richtlinien der NASA.

Dem Lastenheft geht eine ausführliche Analyse des Bestehenden voraus. Was kann wieder verwendet werden oder was muss komplett neu entwickelt werden. Es können auch Punkte wie Marktakzeptanz oder Risikoanalyse Einfluss auf die Gestaltung der Anforderungsspezifikation haben.

[wik2]

7.1.1 Die Entstehung des Lastenheftes für AL07

Die Definition des Lastenheftes für das Projekt AL07 entstand nach einer intensiven Fehleranalyse des Projektes AL06 sowie einer Benchmarkphase anderer Teams.

a)

Hieraus entstand der gekürzte Radstand auf 1600mm sowie ein Maximalgewicht von 250kg.

Im Bereich Rahmen wurden die notwendigen Verbesserungen schnell gefunden. Er musste schmaler werden und die Anhäufung von Schweißnähten sollte unbedingt vermieden bzw. auf ein Minimum reduziert werden. Von der Hybridkonstruktion von 2006 wollten wir komplett weg, um mehr Steifigkeit in den Rahmen zu bekommen. Das Gewicht sollte ohne Fahrwerksaufnahmen die 30kg nicht merklich überschreiten.

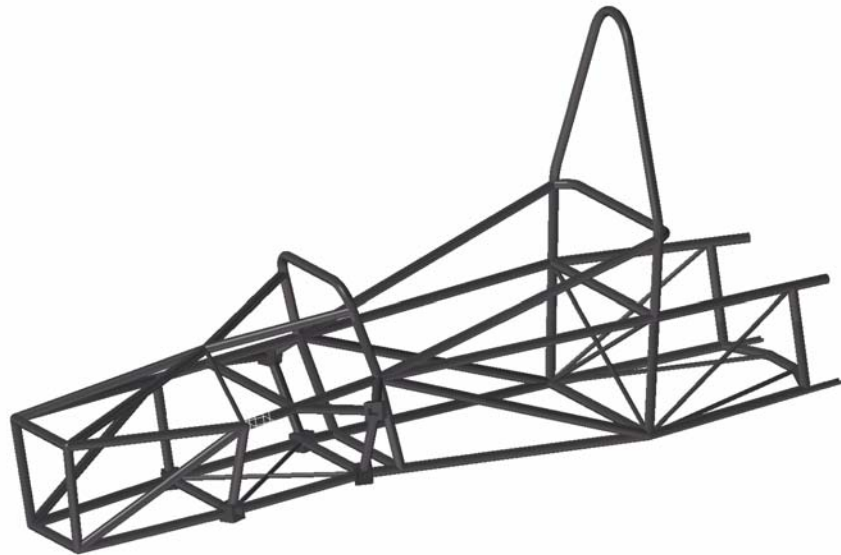


Abb.: Rahmen AL06

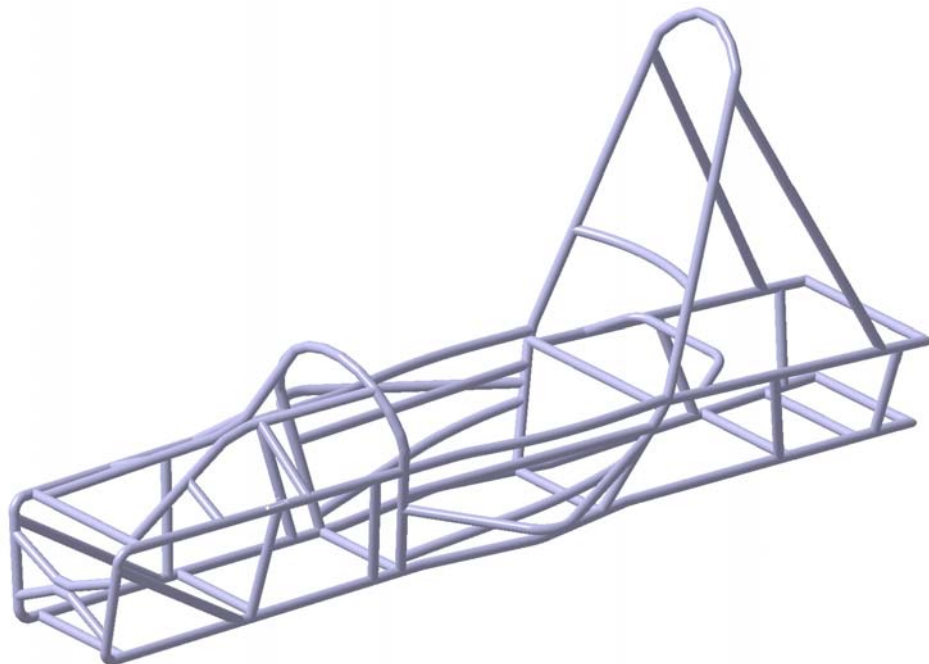


Abb.: Rahmen AL07

b)

Das Team Fahrwerk bekam am meisten Änderungsarbeit. Die Pedalarie musste abspecken und sollte 2007 verstellbar sein, um den verschiedenen Körpergrößen der Fahrer anpassbar zu sein. Die Fahrwerksaufnahmen müssen einfacher zu fertigen sein und sich besser in den Rahmen integrieren. Dadurch wurde eine Umgestaltung der Kinematik notwendig. Das Lenkgetriebe, welches 2006 noch oberhalb der Knie des Fahrers angebracht war, sollte nach unten wandern. Hierdurch wurde mehr Sicherheit für den Fahrer erzielt und die Gewichtsverteilung konnte optimiert werden. Das gesamte Fahrwerk muss stabiler ausgelegt werden. Hierfür sollen auch neue Profile entwickelt werden oder andere Materialien Verwendung finden.

Speziell die Anbindung an den Rahmen musste verbessert werden, da diese 2006 sehr labil ausgelegt war. Die Radträger sollten fertigungsgerechter konstruiert werden und rechtzeitig in die Fertigung gehen, um Improvisationen wie in der Vergangenheit zu umgehen.

c)

Auf das Team Antrieb warteten ebenfalls einige Herausforderungen. Die Wahl des Differenzials wurde überdacht und Ausschau nach einem leistungsfähigeren Bauteil gehalten. Gewichtsoptimierung bei verbesserter Sperrwirkung war das Ziel. Oberste Priorität hat die Anordnung der Antriebswellen. Diese müssen diesmal auf der X1600-Ebene in Z0 des Fahrzeuges liegen, um Abknickungen zu vermeiden. Die Antriebswellen selbst sollten diesmal passgerecht gefertigt sein oder eine Eigenkonstruktion angestrebt werden.

d)

Im Bereich Motor traten zwar nicht die umfangreichsten Änderungen auf, aber wohl die mit den größten Auswirkungen. War 2006 noch der Motor die Achillessehne, so sollte für 2007 ein Aggregat gefunden werden, welches in der Formelastudent einzigartig ist. Des weiteren soll ein neuer Motor angeschafft werden, um Beschädigungen zu vermeiden.

e)

Das Team Elektrik bekam hingegen jede Menge neue Arbeit. War 2006 nur mit Schaltern gearbeitet worden, so sollen 2007 ein Grafikdisplay sowie ein selbstprogrammiertes Steuergerät Einzug in AL07 halten.

f)

Insgesamt soll auf eine Bessere Integration der verschiedenen Bereiche geachtet werden, um Kollisionen bereits während der Konstruktionsphase zu beseitigen.

Die Überwachung der Vorgaben und Ziele obliegt der Technischen Leitung. Abweichungen vom Lastenheft müssen von den jeweiligen Teamleitern begründet und letztlich abgesegnet oder abgelehnt werden.

7.2 Verlauf der Konzeptphase

Während der Konzeptphase werden verschiedene Konzepte der Teams erstellt. Es wird betrachtet, welche Zukaufteile Anwendung finden könnten. Diese werden dann jeweils miteinander verglichen und einer Nutzen-Kosten-Analyse unterzogen. Ein gutes Konzept berücksichtigt auch gleich diverse Ausbaustufen und weitere Entwicklungsschritte für die kommenden Jahre erarbeitet.

Wichtig ist, dass die einzelnen Konzepte später zu einem Gesamtpackage zusammen gefasst werden können. Als Eckdaten gelten hier die geforderten Werte des Fahrzeuges. Das Gesamtgewicht, die Beschleunigung oder die Höchstgeschwindigkeit können den Konstrukteuren erste Anhaltspunkte bei der Auswahl ihrer Komponenten sein.

Zur Auswertung und Veranschaulichung solcher Konzepte können Mind-Map-Programme sehr gut eingesetzt werden. Das Konzept von AL07 in grafischer Darstellung:

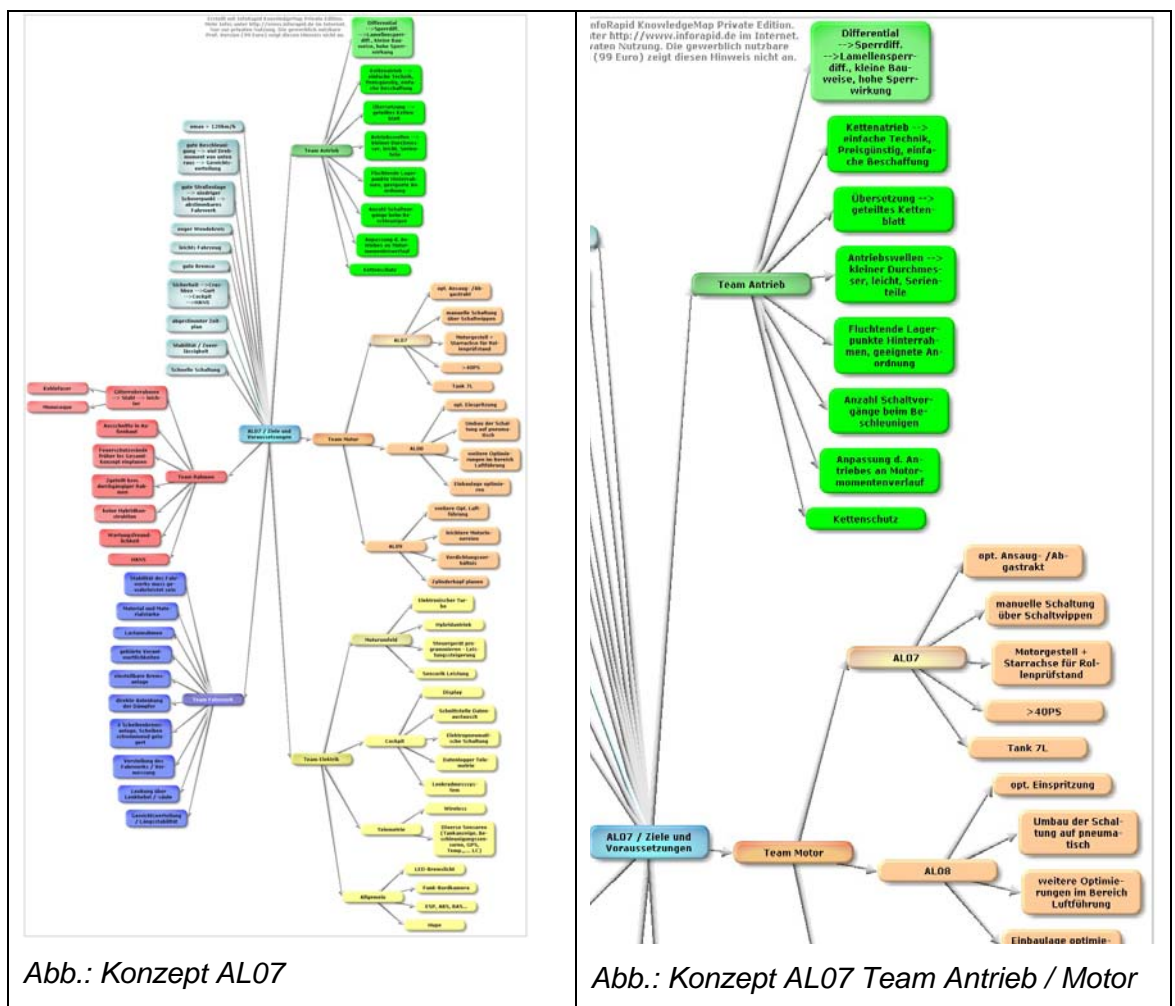


Abb.: Konzept AL07

Abb.: Konzept AL07 Team Antrieb / Motor

Desto mehr Fragen in der Konzeptphase beantwortet werden können, desto leichter fällt später die Konstruktion.

Dieser Phase eines Konstruktionsablaufes folgt die eigentliche Konstruktion.

7.3 Die Konstruktion

Die Konstruktion ist der wohl wichtigste Abschnitt bei der Entstehung eines Fahrzeuges. Sie entscheidet über Erfolg oder Misserfolg. Über Fertigungsmachbarkeit oder Schrott. Alle Fehler, die hier nicht erkannt werden, müssen später in mühevoller Kleinarbeit ohne Zeichnungen improvisiert werden. Die Passgenauigkeit sowie die Funktion kann darunter leiden. Für diese Phase sollte sich extrem viel Zeit genommen werden. Für das Projekt AL07 wurden hier 4 Monate veranschlagt, um eine Konstruktionstiefe von 95% zu erreichen. Besser wären wohl 6 Monate bei einer Konstruktionstiefe von 100%.

Mit Konstruktionstiefe ist gemeint, wie weit die Konstruktion später dem realen Fahrzeug entspricht. Da in der Kürze der Zeit nicht alle Teile verdatet werden konnten, wurden hier nur Platzhalter vorgesehen. Leitungen wie die der Kühler wurden überhaupt nicht konstruiert, obwohl diese durch ihren relativ großen Durchmesser und der eingeschränkten Flexibilität nicht einfach zu verlegen sind.

Selbst der Motorblock ist nicht genau verdatet worden, da sich in Kürze der Zeit keine Firma für eine Abtastung finden lies. All dies sind definitive Schwachpunkte in der Konstruktion, die bei Folgeprojekte vermieden werden sollten.

7.3.1 Beginn der Konstruktion

Da AL07 ein Folgeprojekt von AL06 ist, konnte bereits auf eine beachtliche Datenmenge zurückgegriffen werden.

Zuerst wurden in CATIA V5 die Zusammenbau-Products der einzelnen Teams erstellt und in ein gemeinsames Product gepackt. Da der Radstand und die Spur bereits durch das Lastenheft definiert waren, konnten die Felgen auf ihren neuen Platz positioniert werden. Dadurch wurde die Position der Bremssättel, der Bremsscheiben sowie der Radträger bestimmt werden. Ferner konnte das Differenzial an seinen späteren Einbauort platziert werden.

Als diese fixen Bauteile im CAD an die rechte Stelle gerückt waren, konnte das erste Modell des Motors platziert werden. Somit waren vorerst alle wichtigen Teile voneinander im Raum positioniert und es konnte einen Schritt weiter gegangen werden.

7.3.2 Ergonomieuntersuchung

Anschließend folgte die Positionierung des Fahrers. Begonnen wurde mit dem 95. Perzentil-Mann. Dies ist ein statistischer Wert, bei dem nur 5% der männlichen Bevölkerung größer ist. Hierbei wurde nicht zwischen Sitzriesen und Sitzzwergen unterschieden. Es galt, den Fahrer so tief wie möglich im Fahrzeug unterzubringen, um den Schwerpunkt tief zu halten. Weiterhin sollte er nicht so weit vom Motor entfernt sitzen, um den vorderen Überhang nicht zu lang werden zu lassen.

Für diese Untersuchung bietet CATIA V5 das passende Tool. Hier kann direkt der 95-Perzentil-Mann generiert oder die Körpergröße selbst eingegeben werden. Mit Hilfe verschiedener Funktionen setzt man den Körper dann in die gewünschte Position.

Wichtig hierbei ist, dass der Fahrer mehr oder weniger bequem in das Fahrzeug passt und in einem Notfall es binnen 5 Sekunden verlassen kann. Die Bedienelemente wie Lenkrad und Pedalerie müssen so angeordnet werden, dass sie der 95-Perzentil-Mann sowie auch der größte und der kleinste Fahrer des Teams sie erreichen kann. Dies ist nur möglich, indem man diese Elemente verschiebbar im Fahrzeug verbaut.

In einem Formel-Rennwagen werden keine üblichen Sitze verwendet, sondern nur ausgeschäumte Sitzschalen. Durch diese individuell angepassten Schalen, kann man den Fahrer in Relation zum Lenkrad in die passende Position setzen. Bei der Pedalerie empfiehlt es sich, diese verstellbar im Fußraum unter zu bringen.



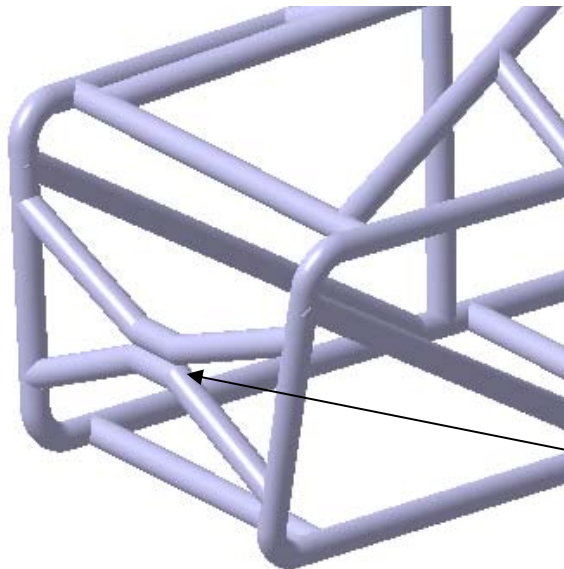
Abb.: Vergleich Mann / Frau in Sitzposition

7.3.3 Konstruktion des Rahmens

Der Rahmen bildet später die Stütze des Fahrzeuges. Er muss platz für alle Anbauteile bieten und darf dabei nicht zu groß oder zu schwer werden. Er muss die Kräfte des Fahrwerkes sowie die Motorschwingungen aufnehmen.

Die größte Herausforderung hierbei ist die Anpassung an das Fahrwerk, da die Kinematik stets wilde Raumpunkte wünscht. Vorgabe nach Lastenheft war hier allerdings, dass alle rahmenseitigen Fahrwerkspunkte auf einer Y-Ebene liegen sollen. Dadurch wurde die Konstruktion und die Fertigung des Rahmens vereinfacht.

Weitere Vorgabe für das Team Rahmen war die Vermeidung von Schweißnahtanhäufungen. Dies wurde erreicht, indem beispielsweise geforderte X-Streben nicht aus vier sondern nur aus zwei Rohren ausgeführt wurden.



Nur eine Schweißnaht notwendig, keine drei wie sonst üblich.

Abb.: Beispiel der Schweißnahtreduzierung

Eine weitere Hürde für das Team Rahmen waren die ganzen Sicherheitsvorschriften der SAE und der allgemeinen Reglementvorgaben in diesem Bereich. Wandstärken müssen eingehalten werden und bestimmte Streben sind Pflicht.

Für weitere Projekte ist es ratsam, den Rahmen so früh wie möglich zu beenden und in die Fertigung zu geben. Die Firma, die später die Rohre für den Rahmen biegen soll, sollte so früh wie möglich, am Besten noch vor Beginn der Konstruktion, in die Planung eingebunden werden.

7.3.4 Konstruktionen im Bereich Fahrwerk

Wie schon mehrfach erwähnt hat das Team Fahrwerk am meisten zu erledigen. Die Konstruktion der Querlenker ist hierbei eine der ersten Aufgaben. Wichtig ist zu Beginn der Konstruktionsphase die entsprechenden Befestigungselemente zu kennen und verdatet zu haben. Die Querlenker sollen sehr leicht werden, aber die auftretenden Kräfte aushalten können. Die Fertigung ist ebenfalls zu berücksichtigen.

Nachdem die Fahrwerkspunkte feststehen und die Felgen positioniert sind, kann mit der Konstruktion der Radträger begonnen werden. Hier gibt es mehrere Möglichkeiten, allerdings sollten diese in der Konzeptphase abgehandelt worden sein. Da Radträger auch zu den komplexeren Teilen gehören, sollten diese zu einem frühen Zeitpunkt in die Fertigung übergehen.

Die Pedalerie ist eine weitere Baugruppe, welche vom Team Fahrwerk abgearbeitet werden muss. Diese sollte ebenfalls so leicht wie möglich ausgelegt werden, allerdings muss beachtet werden, dass bei einer Vollbremsung bis zu 100kg auf das Bremspedal wirken, diese Kräfte müssen ausgehalten werden. Die Erfahrung hat gezeigt, eine separate, verstellbare Einheit birgt mehr Vor- als Nachteile.

Nicht zu vergessen sind die Umlenkhebel, die Pushrods und natürlich die Feder-Dämpfer-Einheiten sowie die Lenkung.

Wichtig im Bereich Fahrwerk sind Kollisionsuntersuchungen, da hier nicht nur die statischen Zustände auftreten, sondern auch dynamische. Deshalb müssen die Bauteile auch im ein- bzw. ausgefederten Zustand simuliert werden.

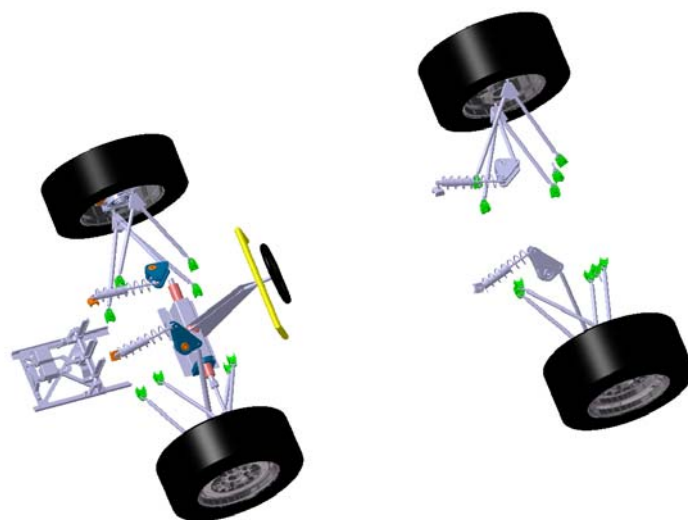


Abb.: Bauteile des Team Fahrwerk

7.3.5 Die Bauteile des Antriebes

Das Team Antrieb beschäftigt sich mit allen Bauteilen, die zwischen Motorausgangswelle und den Reifen liegen. Also dem Differenzial, der Kette, den Antriebswellen und den zugehörigen Befestigungselementen.

Bei den Antriebswellen gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder man kauft welche und kürzt diese, oder man setzt auf eine reine Eigenkonstruktion. Bei AL07 wurde die letztere Möglichkeit in Angriff genommen. Das Differenzial ist ein Zukaufteil. Hierfür müssen entsprechende Befestigungselemente konstruiert werden.

Für das Kettenblatt gilt es ebenfalls einen Adapter zu konzipieren. All diese Bauteile sollten ebenfalls recht frühzeitig in der Fertigung sein, da diese später Verzahnt werden müssen, was nur in wenigen Betrieben in Deutschland möglich ist.

7.3.6 Der Motor und seine Anbauteile

Hier sind noch viele Verbesserungen für die Folgejahre im konstruktiven Bereich möglich. Die Motorhalterungen konnten nicht vollständig konstruiert werden, da zwar ein CAD-Modell des Motors vorhanden war, dies aber nicht zu 100% passt.

Auch die Kühler, der Öl- und der Kühlwasserbehälter wurden nur als Dummies konstruiert und Leitungen wie die dicken Kühlschläuche wurden gar nicht konstruiert.

Um das Package des Fahrzeuges zu optimieren, ist es notwendig, dass diese Teile genau verdatet werden.

Zu den weiteren Aufgaben gehört der Lufteinlass sowie die Abgasanlage. Neben einer kollisionsfreien Konstruktion sind hier auch Strömungsmechanismen zu berücksichtigen. (Diese Thematik wird derzeit in einer Studienarbeit behandelt.)

Natürlich besteht die Arbeit des Motorenteams auch mehr in der Optimierung des Motors und der Leistungssteigerung.

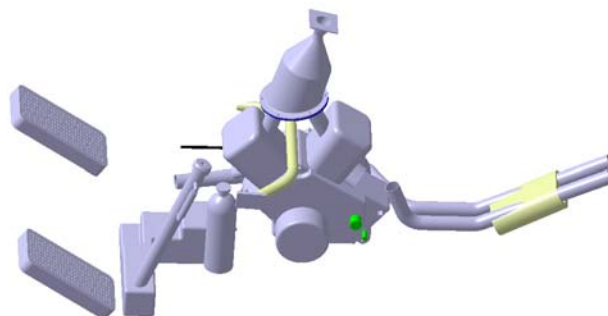


Abb.: Der Motor und seine Anbauteile

7.3.7 Das Team Elektrik

Für dieses Team wurde eindeutig am wenigsten konstruiert. Lediglich das Steuergerät, die Batterie sowie das Cockpit wurden im CAD erstellt und positioniert.

Alle anderen Bauteile wie Bremsschalter sind bei den anderen Teams berücksichtigt worden, da von ihnen auch die Betätigungselemente kommen müssen. Auch wenn dieses Team während der konstruktiven Phase nicht viel zeigbares erarbeiten kann, kann dieses Team durchaus produktiv arbeiten. Das Steuergerät kann vorab grob programmiert, die Schaltpläne können erzeugt und das Display bedatet werden.

8. Die Fertigung und erste Tests eines Formelstudent Rennwagens

Die Fertigung eines Formelstudent-Rennwagens sollte sehr genau geplant werden, um sogenannte Stakeholder bereits im vornherein auszuschließen oder sie zu umgehen.

Doch aller Planung zu trotz wird es zu Problemen kommen. Wichtig ist in dieser Phase, sich nicht entmutigen zu lassen.

Für eine solche Planung eignen sich Projektmanagementprogramme. Hierzu muss man wissen, welche Arbeit wie lange dauert wenn die Personenzahl X daran arbeitet. Ein gesamter Projektplan, welcher auch die Entwicklung mit einschließt plant die Fertigung in den Semesterferien ein. In diesem Zeitraum kann am effektivsten gearbeitet werden.

Der gesamte anfallende Schriftverkehr sollte zu diesem Zeitpunkt erledigt sein. Die notwendigen Arbeitserlaubnisse ausgefüllt und abgesegnet. Die Räumlichkeiten müssen geklärt werden. Benötigte Verbindungsmaterialien müssen vorrätig sein.

Um so besser eine Fertigung geplant ist, desto schneller und präziser verläuft sie.

8.1 Die Vorbereitungen

Wie im Vorwort erwähnt, ist die Vorbereitung ein wichtiger Schritt für den reibungslosen Ablauf der Fertigung. Um diese Vorbereitung effizient zu gestalten, müssen einige Umgebungsparameter bekannt sein.

Jedes Bauteil muss einem Fertigungspartner zugewiesen sein und man muss wissen, wie lange die jeweilige Firma benötigt, um die entsprechenden Bauteile zu produzieren und welche Daten dieses Unternehmen wünscht.

Bei Zukaufteilen ist es empfehlenswert, die Liefertermine sich schriftlich bestätigen zu lassen. Im Aktuellen Projekt wurde beispielsweise auf das Differenzial 16 Wochen gewartet. Im Rahmen einer Fertigung die termingerecht abgeschlossen sein muss ist dies untragbar. Zulieferteile aus dem Ausland sind ebenfalls kritisch zu betrachten. Wichtig ist, dass diese Firmen sehr früh die notwendigen Daten bekommen, gerade bei Sonderanfertigungen ist dies wichtig.

Beim Motor verhält es sich ähnlich. Vorzugsweise hält man sich bei der Bestellung an den Bestellumfang von 2007. Hier ist aufgeführt, welche Teile benötigt werden. Aprilia hat zum Teil recht lange Lieferzeiten, so dass dies nicht zu unterschätzen ist.

Wie bereits oben erwähnt sollten die Fertigungspartner früh in den Konstruktionsprozess eingebunden werden. Umso früher diese Firmen wissen, wann etwas auf sie zukommt, desto besser können sie planen und auch die Termine einhalten. Des weiteren können sie unter Umständen nützliche Tipps zu fertigungsgerechteren Konstruktionen geben, um die Fertigungszeit zu verkürzen.

Wenn alle Randparameter bekannt sind, kann ein Projektplan erstellt werden. Hierfür gibt es viele Programme auf dem Markt, zum Teil auch ausreichend gute Opensource-Software.

Vorgangsliste					
Name	Anfang	Ende	Meilenst %	Res.	Notizen
Rohrbiegen	26.03.07	28.03.07	false 0	 	
Rahmen schweißen	28.03.07	31.03.07	false 0	 	
Anbringen aller Verbindungselemente	31.03.07	01.04.07	false 0	 	
Rahmen nachbehandeln	01.04.07	04.04.07	false 0	 	
Zusammenbau Fahrwerk	23.03.07	28.03.07	false 0	 	03.03.07 – 00:00:00
Zusammenbau Motor inkl. Elektrik	19.03.07	31.03.07	false 0	 	Erste Testläufe sollten im Rahmen machbar sein; Halterungen für Rahmen müssen fertig sein!
Neuer Vorgang_7	03.03.07	07.03.07	false 7	 	
Ferien	05.04.07	10.04.07	false 0	 	
Ferien2	25.05.07	11.06.07	false 0	 	
Neuer Vorgang_10	26.02.07	27.02.07	false 0	 	

Abb.: Ausschnitt der Vorgangsliste der Fertigung

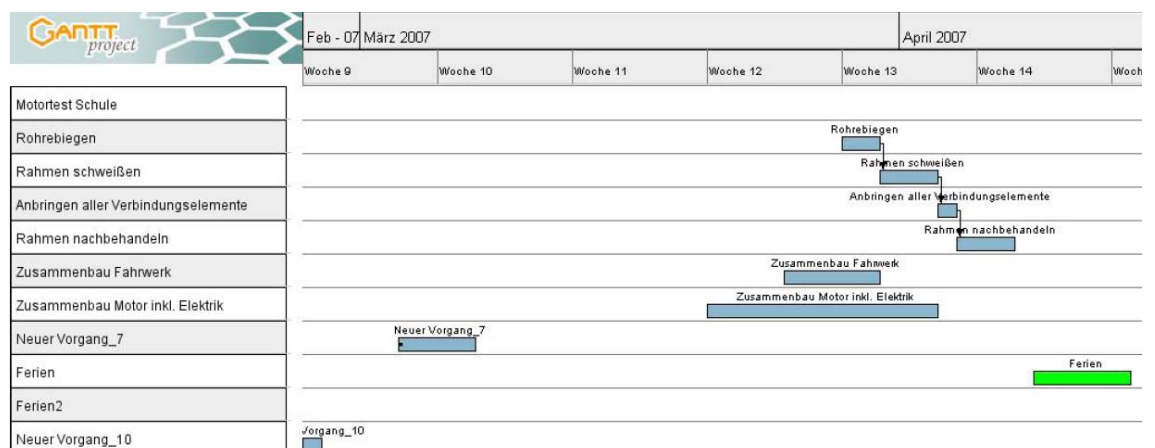


Abb.: Ausschnitt des Gantt-Diagrammes der Fertigung

Ein Zeitpuffer muss ebenfalls eingeplant sein. Während der Fertigung muss mit ihm sehr sorgsam umgegangen werden, da sich Lieferverzögerungen aufsummieren und auf einmal der gesamte Puffer verbraucht ist.

8.2 Die Fertigung des Rahmens

Die allgemeine Fertigung des Fahrzeuges kann und soll parallel verlaufen. Allerdings benötigt man oft den Rahmen, um andere Bauteile anpassen zu können. Daher ist dieser Teil der wohl wichtigste sowie der aufwändigste.

Zu Beginn müssen alle notwendigen Rohre gebogen werden. Da hierfür spezielle Maschinen benötigt werden, wird dies bei Zulieferern erledigt. Hierbei muss die Auswahl des Stahles sehr sorgfältig getroffen werden. Manche Stähle lassen sich nur sehr schwer biegen oder auch gar nicht. Auch sollte vorher geklärt werden, ob der Zulieferer bereits gesägte Rohre möchte oder sich diese selbst zusägt.

Wenn alle Rohre gebogen sind, können die einzelnen Ausfräsungen eingearbeitet werden. Dies dauert je nach Konstruktion sehr lange. Pro Rohr kann zwischen 20 Minuten und 1,5 Stunden Zeitaufwand gerechnet werden. Vielleicht sollte für 2008 darüber nachgedacht werden, auch diese Arbeit von Zulieferern erledigen zu lassen. Idealerweise werden die Rohre direkt aus 3D-Daten gefräst, da Zeichnungen schnell unübersichtlich oder schlecht verständlich werden. Mehrere Ausklinkungen weisen zwei bis maximal drei verschiedene Winkel auf.

Um einen guten Rahmen zu generieren ist es wichtig, dass alle Rohre in minimalen Toleranzen gefertigt werden. Auf die Symmetrie ist ein besonderes Augenmerk zu legen. Auch die Fahrwerksstreben müssen symmetrisch zu einander gefertigt und in den Rahmen eingepasst werden.

Da sich das Anpassen der Fahrwerkspunkte als besonders schwierig gestaltet, sollte für die Zukunft über andere Befestigungsmöglichkeiten nachgedacht werden.



Abb.: Fertigung des Rahmens AL07

8.2.1 Vorgehensweise bei der Fertigung

Der Rahmen kann nicht einfach mal so schnell zusammen geschweißt werden. Eine vernünftige Vorbereitung ist elementar. Wenn in der Konstruktion bereits auf eine einfache Fertigung geachtet wird, kann hier wertvolle Zeit gewonnen werden.

Bei AL07 wurden alle unteren Rohre in eine Ebene gelegt. Dadurch sind keine Unterbauten oder Auflagen notwendig. Begonnen wurde mit den unteren Längsträgern, diese wurden mit den Querstreben zueinander ausgerichtet und verbunden. Anschließend kommt der vordere Überrollbügel an die Konstruktion. Mit zwei weiteren Längsstreben wird der hintere Überrollbügel an das entstehende Fahrzeug angeschweißt. Zu Ende des ersten Schrittes kann dann der hintere Aufbau an den Rahmen.

Somit ist der erste Arbeitsgang des Rahmens abgeschlossen. Weiter geht es mit verschiedenen Verstrebungen und den Fahrwerksstreben. Diese Arbeit nimmt aufgrund einer hohen gewünschten Passgenauigkeit viel Zeit in Anspruch. In diesem Stadium sind alle Rohre nur angepunktet und noch nicht vollständig verschweißt.

Sobald alle Rohre ihren Platz im Rahmen gefunden haben, können diese vollständig verschweißt werden. Um möglichst wenig Verzug in die Konstruktion zu bekommen, sollten immer die parallelen Rohre nacheinander verschweißt und der Rahmen so lange es geht nicht aus seiner Aufspannung genommen werden.

Nachdem alle Schweißarbeiten beendet sind, muss der Rahmen erneut auf seine Passgenauigkeit überprüft werden. Hierzu reicht es nicht aus, von vorne nach hinten zu messen. Oft kann sich ein Schweißstück auch in der Diagonalen verziehen. Daher müssen auch diagonale Kontrollmaße überprüft werden.

Hat der Rahmen seine Maßhaltigkeit beibehalten, bringt man am sinnvollsten die Fahrwerksaufnahmelaschen und weitere Aufnahmen an den Rahmen an.

8.2.2 Das Finish des Rahmens und der Anbauteile

Wenn alle Schweißarbeiten beendet sind, ist es an der Zeit den Rahmen Sand zu strahlen um ihn hinterher zu lackieren. Dies macht allerdings erst dann Sinn, wenn wirklich alle Arbeiten erledigt sind. Aus diesem Grunde sollte das Fahrzeug komplett aufgebaut sein, um es dann in seine Einzelteile wieder zu zerlegen und dann den Rahmen zu lackieren.

So wird gewährleistet, dass keine weiteren Arbeiten, die die Oberfläche des Stahles angreifen, zu tätigen sind und der Rahmen vor Witterungseinflüssen geschützt ist.

Andere Anbauteile aus Stahl wie aktuell die Querlenker oder das Lenkgestänge sind ebenfalls zu behandeln. Eine gute und schlagfeste Behandlung ist das Pulverbeschichten. Bei Aluminium empfiehlt es sich, die Bauteile zu eloxieren. Wichtig bei diesen Arbeiten ist der zeitliche Ablauf. Die Firmen, die diese Arbeiten erledigen, sollten weit im Voraus benachrichtigt werden, wann die Teile angeliefert und wann sie zurück erwartet werden.

8.3 Die Fertigung der Bauteile des Teams Fahrwerk

Diese Bauteile sind 2007 von Zulieferern gefertigt. Die Radträger sind CNC gefräst. Die Querlenker, Bremsscheibenaufnahmen, Lenkungsbauteile und Dämpfer sind entweder Kaufteile oder ebenfalls spanbearbeitete Bauteile, welche Extern gefertigt sind.

Die größte Aufgabe ist das Anbringen der Schweißlaschen an den Rahmen. Diese nehmen später die Querlenker auf. Um einen guten Geradeauslauf zu erreichen, müssen diese Aufnahmen exakt parallel verbaut werden. Minimale Abweichungen kann man durch das Verstellen der Querlenker ausgleichen. Solche Anpassungen sind in keiner Weise wünschenswert. Als Anregung für die Folgejahre sollte über eine Montagevorrichtung für die Schweißlaschen nachgedacht werden, um in diesem Bereich eine einfachere und passgenauere Lösung zu entwickeln.

Laut Reglement sind die Schrauben im Bereich Fahrwerk und Antrieb mit speziellen Sicherungen zu versehen. Aus diesem Grunde hat man bereits in der Konstruktion von AL07 das Augenmerk auf den Verzicht von vielen Schraubverbindungen gelegt.

8.4 Das Team Antrieb und seine Komponenten

Dieses Team ist im Vergleich zum Team Fahrwerk produktiv weit aus weniger gefordert, da die meisten Bauteile Kaufteile sind. Diese Abteilung kümmert sich um das, was zwischen Motor und Antriebsrad liegt. Dem Differenzial, dessen Halterung, einem funktionierenden Kettenspanner und den Antriebswellen.

Beim Differenzial fiel die Entscheidung 2007 auf ein Motorsport erprobtes Kaufteil. Es hat eine einstellbare Sperrwirkung und zeichnet sich durch sein geringes Gewicht aus.

Die Differenzialaufnahmen kamen zu einem Materialsponsor in Bearbeitung. Da sie aus dem sogenannten Flugzeugaluminium F53 gefertigt sind, weisen sie ein geringes Gewicht bei sehr hoher Festigkeit auf.

Bei der Verpressung der Lager sind ein paar Grundüberlegungen notwendig. Es ist wichtig, dass die Lager senkrecht zu ihrer späteren Lage eingepresst werden, um unnötige Spannungen im Bauteil zu vermeiden. Kegellager sowie auch Rollenlager sind meist aus Stahl gefertigt. Da es zwischen Aluminium und Stahl zu Kontaktkorrosion kommen kann, sind die Lager mit einem Klebstoff, der speziell für Lager entwickelt ist, zu behandeln. Dieser Kleber verhindert die angesprochene Kontaktkorrosion.

Die eigentliche Schwierigkeit beim Einbau des Differenzials liegt in der Positionierung relativ zum Motor und dessen Antriebsritzel. Das Ritzel muss mit dem Kettenblatt in einer parallelen zur x-Achse des Fahrzeuges eingebaut werden. So ist ein optimaler Kraftfluss gewährleistet.

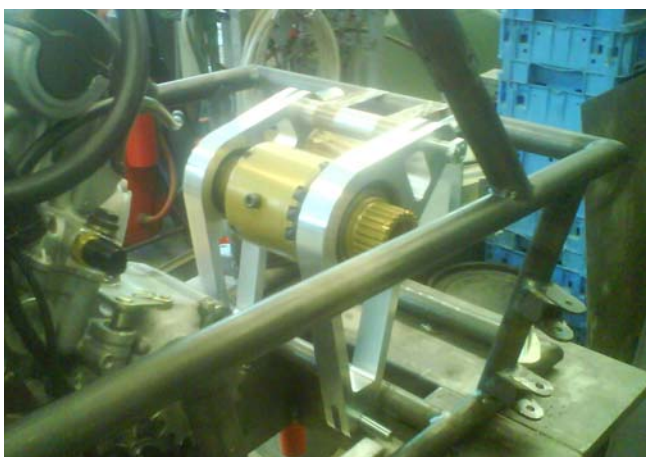


Abb.: Das Differenzial mit den Haltern und den Kettenspannern

8.5 Die Fertigung des Motors

Da der Motor und seine Anbauteile größtenteils aus Kaufteilen besteht, ist auch hier die reine Fertigung sehr schnell abgeschlossen. Der Ansaugtrakt ist ein Carbonfaserteil, welches selbst laminiert wird. Die Form stammt von einem Zulieferer.

Der Ansaugtrakt wird ebenfalls bei einer Fremdfirma vorbereitet und dann im Fahrzeug angepasst, um Kollisionen zu vermeiden. Alle weiteren Bauteile wie Halter sind dann am Rahmen direkt anzupassen.

8.6 Der Fertigungsaufwand des Team Elektrik

Dieses Team unterscheidet sich elementar von allen anderen. Auch wenn es Metall verarbeitet, dann doch eher in Kabelform. Der gesamte Kabelbaum ist eine Eigenanfertigung. Die Bauteile wie das Motorsteuergerät, die Sensoren am Motor und das Display sind mit einander zu verbinden.

Im Bereich des Motors müssen Temperaturfeste Kabel verwendet werden, da diese weg schmelzen können.

Wichtig ist hier auch, dass Diagnoseschnittstellen bereits im Vorfeld angedacht sind. Gerade bei der Applizierung des Motors ist es notwendig, schnell diverse Messwerte abgreifen zu können.

8.7 Viele Einzelteile ergeben ein Fahrzeug

In der Fertigung eines Formelstudent-Rennwagens ist ziemlich schnell ein Punkt erreicht, in dem das eine Team ohne das andere nicht mehr auskommt. Das Team Fahrwerk kann seine Schweißlaschen ohne das Team Rahmen nicht am Fahrzeug anbringen. Das Team Antrieb benötigt erstmal einen Rahmen sowie den Motor, um das Differenzial anpassen zu können.

8.7.1 Arbeitsorganisation

Entscheidend für eine schnelle und ordentliche Fertigung ist die Vorbereitung und ein logischer Ablauf der einzelnen Arbeiten. Der größte Feind ist Zeitdruck oder falsche Übermotivation. Arbeit die in der ersten Fertigungsphase nicht ordentlich gemacht wird, muss später meist mit größerem Aufwand nachgearbeitet werden.

Schädlich sind auch Mitglieder, die auf eigene Faust handeln. Dadurch kann schnell Arbeit an falscher Stelle verrichtet werden, welche oft nur Ressourcen benötigt aber das Projekt nicht effizient weiter bringt.

Daher ist es wichtig, dass alle an einem Strang ziehen und maximal zwei Personen, welche ständig mit den Teamleiter in Rücksprache stehen, die Arbeiten und die Ressourcen koordinieren. Auch hier zählt: Desto besser die Vorbereitung, desto schneller geht die eigentliche Arbeit voran.

8.7.2 Zusammenbaureihenfolge

Wie unter 8.2 beschrieben, ist der Rahmen das elementare Bauteil des Fahrzeuges. Hier werden alle weiteren Bauteile direkt oder indirekt angebracht. Nachdem während der Rahmenbauphase bereits die notwendigen Halter und Flansche für die weiteren Bauteile angebracht wurden, sollte koordiniert mit den Einbauarbeiten begonnen werden.

Den Anfang kann Team Motor machen. Diese Bauteile werden im Gegensatz zum Fahrwerk alle innerhalb der Rahmenstruktur verbaut. Der Motorblock muss in seine endgültige Lage gebracht und ordentlich befestigt werden. Der Ansaugtrakt sowie die Abgasanlage müssen so in das Fahrzeug integriert werden, dass es zu keinem Zeitpunkt mit keinem Bauteil zu einer Kollision kommen kann. Die Kühler und der Tank sind so in das Fahrzeug einzubauen, dass sie vollständig in der Hauptrahmenstruktur ihren Platz finden, dies ist eine Vorgabe der SAE. Eine große Herausforderung sind hier noch die Leitungen für das Kühlsystem. Deren Größe und Platzbedarf wird häufig unterschätzt. Die Kühlschläuche müssen gegebenenfalls mit hitzebeständigem Klebeband vor den Temperaturen der Abgasanlage geschützt werden.

Es kann sein, dass der Motor nochmals entnommen werden muss, um die notwendigen Firewalls in das Fahrzeug einpassen zu können.

In diesem Stadium ist auf Schweißarbeiten zu verzichten, da der Motor oder seine Anbauteile durch die hohe eingebrachte Wärme Schaden nehmen können. Sobald die elektrischen Systeme verbaut sind, steigert sich dieses Risiko nochmals erheblich.

Der nächste Schritt ist dann der Einbau der gesamten elektrischen Geräte. Das Steuergerät, der Kabelbaum und das Display müssen einen sicheren Platz finden und fest mit dem Fahrzeug verbunden werden. Das Steuergerät und weitere empfindliche Geräte sind vor Spritzwasser zu schützen, um einen technisch bedingten Ausfall bei Regen zu vermeiden. Es muss auch darauf geachtet werden, dass die verwendeten Kabel hitzebeständig sind, da im Motorenbereich mit hohen Temperaturen zu rechnen ist.

Wenn der Motor und die gesamte Elektrik verbaut sind, kann mit den Bauteilen des Teams Antrieb fortgefahren werden. Das Differenzial und damit der Kettenverlauf müssen in einer Linie mit dem Antriebsritzeln liegen, da sonst unnötige Reibungen und Vibrationen entstehen können. Für die Kette muss ein Kettenschutz angebracht werden, dass bei einem Riss der Kette die Bauteile nicht unkontrolliert durch die Luft fliegen und im schlimmsten Fall einen Menschen verletzen können. Dieser Kettenschutz muss die Vorgaben der SAE erfüllen. Die Antriebswellen können erst nach dem Fahrwerk verbaut werden.

Da während der Fertigungsphase des Rahmens bereits Aufnahmen für das Fahrwerk angebracht wurden, ist der Einbau des Fahrwerkes recht gut zu handhaben. Die Querlenker können vorab schon mit den Radträgern und weiteren Aufnahmen zusammen gebaut werden. Das Anbringen an den Rahmen ist bei guter Vorarbeit kein Problem und geht sehr zügig voran. Bei dem Einbau der Lenkung muss ebenfalls das Reglement ständig beachtet werden. Die Position des Lenkrades ist relativ zum Rahmen vorgegeben.

Wenn das Fahrwerk und seine Anbauteile befestigt sind, kann mit der Montage der Pedalerie und der Bremsanlage fortgefahren werden. Die Bremsleitungen sind so zu verlegen, dass sie an keiner heißen Stelle vorbei laufen. Im Motorbereich empfiehlt sich eine Hitzeabschirmung. Die Bremsflüssigkeit darf nicht über 110°C erhitzt werden, da sie sonst zu kochen und die Bremse zu faden beginnt. Um eine konstant schnelle Fahrt zu ermöglichen, ist dies unbedingt zu vermeiden.

Wenn all diese Teile montiert sind, kann mit dem Cockpit begonnen werden. Zu erst ist eine Sitzschale anzufertigen. Hier empfiehlt sich ein Müllsack und handelsüblicher 2K-Schaum für Türzargen. Der Müllsack wird mit Klebeband so im Rahmen positioniert, wo später der Fahrer seinen Platz finden soll. Dann wird der Sack mit 2K-Schaum gefüllt und der Fahrer setzt sich hinein. Nach Aushärten des Schaumes muss dieser Arbeitsgang noch mindestens zweimal wiederholt werden.



Abb.: Sitzschale nach drittem Schaumvorgang

Nach dem Schäumen kann die Sitzschale mit einem scharfen Messer in die endgültige Form gebracht werden. Als Schutz empfiehlt sich stabiles Tape. Durch diese Fertigungsart der Sitzschale ist es kostengünstig möglich, jedem Fahrer seinen eigenen Sitz anzupassen.

Zuletzt wird die Außenhaut angepasst. Vorerst wird der Unterboden mit Kabelbinder in die gewünschte Position gebracht. Dann wird das Oberteil aufgesetzt und entsprechende Anbindungspunkte angebracht.



Abb.: AL07 am Ende der Fertigung

8.7.3 Einstellarbeiten und statische Tests

Bevor das Fahrzeug seine ersten Kilometer unter die Räder nehmen kann, sind statische Tests und Einstellarbeiten notwendig. Bevor man hiermit beginnt, sind alle Flüssigkeiten im Fahrzeug aufzufüllen und alle Schläuche und Kabel nochmals zu prüfen.

Das Bremssystem muss anständig entlüftet sein und die Bremswirkung sollte im Stand geprüft werden. Die Hinterachse kann auch durch drehen des Motors auf ihre Leistungsfähigkeit gecheckt werden.

Wenn sichergestellt ist, dass alle Schrauben ordnungsgemäß angezogen, die Räder montiert und alle Flüssigkeiten eingefüllt sind, kann das Fahrzeug auf die Messplatten gestellt und das Vermesswerkzeug angebracht werden. Jetzt sind die Spur- und Sturzwerte einzustellen. Die Radlasten sind zu prüfen und gegebenenfalls zu justieren. Auch sollte die Bodenfreiheit gemessen werden, nicht dass das Fahrzeug am Ende schief steht. Um so genauer die Radlasten von rechts nach links gleich sind, desto besser ist später das Fahrverhalten.

Die Lenkung kann im Stand ebenfalls geprüft werden. Der Lenkeinschlag rechts und links muss gleich sein. Die benötigte Lenkkraft darf auch nicht schwanken. Wenn das Fahrzeug eingefedert wird, darf keiner der Querlenker an der Außenhaut schleifen. Die Unibalgelenke dürfen nicht verkanten. Bei den Bremsleitungen ist darauf zu achten, dass sie bei Lenkeinschlägen nicht zu stark gespannt sind oder rotierende Teile an ihnen vorbeirotieren.

Für diese ganzen Tests ist eine Checkliste angefertigt worden. Diese wird Punkt für Punkt abgearbeitet und die entsprechenden zuständigen Personen unterschreiben diese.

Vor der ersten Ausfahrt ist es ebenfalls sinnvoll, einen Rulescheck durchzuführen. Die SAE schreibt diverse Sicherheitsmaßnahmen vor. Wenn diese nicht eingehalten werden, sollte das Fahrzeug auch nicht bewegt werden.

Voraussetzung für den Rollout ist natürlich auch, dass der Motor seine Arbeit verrichtet und auch die ersten Kilometer auf Prüfständen hinter sich gebracht hat.

Für die erste Ausfahrt und die allgemeinen Testkilometer empfiehlt sich ein großer Platz, evtl. ein Parkplatz oder ein entsprechendes Testgelände.

8.7.4 Der erste Rollout

Der erste Rollout ist der kritischste Moment in der gesamten Entwicklungsphase. Hier zeigt sich erstmals, ob alle Systeme miteinander arbeiten. Trotz aller Vorbereitungen gibt es noch genügend Unbekannte.

Daher ist der erste Test sehr vorsichtig anzugehen. Bereits nach einer kurzen Installationslap muss das Fahrzeug zurück an die Box. Alle Temperaturen müssen gecheckt, jede Leitung auf Dichtheit überprüft werden. Die ersten Aussagen des Fahrers sind wichtig. Normalerweise kann bereits nach der ersten Fahrt eine Aussage über das Fahrverhalten gemacht werden. Wie reagiert das Fahrzeug auf seine Befehle, wie verhält sich der Motor und was machen die Bremsen.

Sieht nach der Sichtprüfung alles in Ordnung aus, kann mit dem Test fortgefahren werden. Zu Beginn ist es wichtig, dass sich der Fahrer an sein Arbeitsgerät gewöhnt. Auch soll die Laufleistung des Fahrzeuges kontinuierlich gesteigert werden, auch wenn die maximale Drehzahl noch nicht freigegeben ist. Die nächste Ausfahrt soll zwischen fünf und zehn Kilometern dauern. Stellt der Fahrer irgendwelche Probleme fest, ist er in dieser Phase angewiesen, sofort anzuhalten.

Nach jeder Fahrt werden in dieser Phase der Entwicklung alle Systeme und Leitungen auf ihre Funktion überprüft. Schwachstellen oder Mängel die hier auftreten, sind vor der nächsten Ausfahrt zu beseitigen.

Treten auch während der nächsten Fahrten keine Probleme auf, kann die Distanz gesteigert werden.

8.7.5 Das Setup

Mit steigender Kilometerleistung kann langsam mit dem Setup experimentiert werden. Wichtig für maximale Leistungsausbeute ist die Performance der Reifen. Die gesamte Lauffläche muss genutzt werden, um die volle Haftung zu erreichen. Dies lässt sich mit bloßem Auge erkennen. Rennreifen arbeiten normalerweise bei einer Laufflächentemperatur von 80°C-115°C und einem Druck von 1,5 bar optimal. Entscheidend für andere Setupänderungen sind die Aussagen der Fahrer. Da keine aerodynamischen Hilfsmittel verbaut sind, muss das Gleichgewicht mit Hilfe der Feder-/Dämpfereinheiten reguliert werden.

Die Einstellungen an Spur und Sturz tragen ebenso bei, dem Boliden die optimale Straßenlage zu verschaffen.

8.8 Die Weiterentwicklungen

Bereits bei der Montage des Rennwagens fallen einem mehr und mehr Verbesserungs möglichkeiten auf. Diese gilt es gut überlegt, aber so schnell wie möglich umzusetzen. Hierzu ist ein vollständiges CAD-Modell von Nöten. Vorteilhaft ist es, wenn in der Fertigung sich für einen anderen Weg entschieden wird, diesen auch im CAD einzuarbeiten. Nur so lassen sich perfekt passende Bauteile anfertigen.

In der Formelstudent kommt es primär auf das Fahrzeuggewicht an. Da diese Fahrzeuge nicht über viel Motorenleistung verfügen, ist es umso wichtiger, einen leichten Renner an den Start zu bringen.

Der Einsatz von leichteren Materialien ist daher wünschenswert. Wo Aluminium eingesetzt werden kann, sollte dies getan werden. Mit dem Werkstoff Carbon lässt sich sehr effizient Gewicht einsparen, allerdings muss hierfür erst das geeignete Know-How erarbeitet werden.

8.9 Wichtige Dokumentation

Anzumerken für ein solches Projekt ist die Wichtigkeit einer lückenlosen Dokumentation. Da in Formelstudent-Teams, bedingt durch Praxissemester oder fertiger Abschlüsse, eine sehr hohe Mitarbeiterfluktuation herrscht, ist es wichtig, dass Probleme und deren Lösung ordentlich notiert und wieder auffindbar abgelegt sind.

8.9.1 Die technische Dokumentation

Hierfür wurden zu Beginn des Projektes den Teamleitern Ordner anvertraut, in die diese Dokumente abgelegt sind. Nach Abschluss des Projektes wandern diese Ordner in einem Schrank, zu dem jedes Teammitglied Zugang hat. Die neuen Teamleiter sollten direkt nach Dienstantritt diese Ordner durcharbeiten, um einen Überblick über die anstehenden Arbeiten zu erhalten.

Ein gutes Beispiel für die Notwendigkeit dieser Dokumentation ist die Applikation des Motors. Während der Testphase werden hier viele Varianten und Einstellungen durchgespielt. Um bei der Weiterentwicklung nicht die gleichen Versuche durchzuführen ist es von Vorteil, wenn die neuen Teamleiter die bereits durchgeführten Arbeiten kennen und darauf basierend die Entscheidungen für weitere Entwicklungen treffen.

8.9.2 Die organisatorische Dokumentation

Auch hier gibt es viel, das beachtet werden muss und Erfahrungen nicht verloren gehen dürfen. Zum Beispiel extreme Lieferzeiten. Bauteile wie die Lenkung sowie das Differenzial sind im Frühjahr schwer zu beziehen, da in diesem Zeitraum sämtliche Motorsportteams diese Bauteile bestellen und diese meist von den Zulieferern bevorzugt behandelt werden.

Mögliche Fertigungstermine sollten so früh wie irgend möglich abgesprochen werden.

8.9.3 Stakeholder während der Fertigung

Bei den fertigungstechnischen Zulieferern hat sich die Fa. Welte, welche die Rohre für den Rahmen gebogen hat, als terminkritisch herausgestellt. Ebenso die Fa. Kautz (Verzahnungen) und die Fa. Clarolon (Negativform für die Außenhaut) konnten die ausgemachten Termine nicht oder nur bedingt einhalten. Wie bereits weiter oben erwähnt ist es in allen Fällen hilfreich, Verträge mit Lieferterminen zu unterzeichnen, um eine gute Verhandlungsbasis zu schaffen. Oft reichen auch schriftliche Zusagen über Liefertermine, telefonische Bestätigungen sind nicht ausreichend.

Lange Lieferzeiten weist auch die Fa. Isa-Racing auf. Hier sind teilweise Lieferzeiten von vier Wochen normal. Die Lenkung, welche ebenfalls über Isa-Racing bestellt wurde, hatte einen Lieferverzug von bis zu acht Wochen. Die Fa. Drexler lieferte das Differenzial erst 13 Wochen nach vereinbartem Termin. Weitere lange Wartezeiten gab es bei den Fahrwerksgelenken, welche bei der Fa. Baumgartner bestellt wurden, da diese in Finnland produziert werden.

9. Quellenverzeichnis

[toy] www.3ds.com „Internetauftritt“

<http://www.3ds.com/customer-stories/story-description/story/48/1/>

Zugriff am 14.04.2007

[hon] www.motorsport-total.com “Internetauftritt”

[http://www.motorsport-](http://www.motorsport-total.com/f1/news/2007/04/Honda_Racing_F1_Team_gibt_Gas_mit_IBM_07041402.html)

[total.com/f1/news/2007/04/Honda_Racing_F1_Team_gibt_Gas_mit_IBM_07041402.ht](http://www.motorsport-total.com/f1/news/2007/04/Honda_Racing_F1_Team_gibt_Gas_mit_IBM_07041402.html)
[ml](http://www.motorsport-total.com/f1/news/2007/04/Honda_Racing_F1_Team_gibt_Gas_mit_IBM_07041402.html)

Zugriff am 14.04.2007

[pro] www.prostep.org “Internetauftritt”

<http://www.prostep.org/en/services/bp/pdmkombi/>

Zugriff am 14.04.2007

[pro] www.prostep.com “Internetauftritt”

http://www.prostep.com/de/prostep/medien/cad-cam_opel.htm

Zugriff am 14.04.2007

[kvs] www.active-group.de

<http://www.active-group.de/index.php?id=105>

Zugriff am 14.04.2007

[wik1-3] www.wikipedia.de “Internetauftritt”

<http://de.wikipedia.org/wiki/Produktdatenmanagement>

http://de.wikipedia.org/wiki/Product_Lifecycle_Management

http://de.wikipedia.org/wiki/Enterprise_Resource_Planning

Zugriff von 14.04.2007 – 22.04.2007

[SAP] www.sap.de “Internetauftritt”

<http://www.sap.com/germany/company/index.epx>

Zugriff am 06.12.2007

Fahrzeugtechnik, Hochschule-Ulm

[wik2] www.wikipedia.de "Internetauftritt"

<http://de.wikipedia.org/wiki/Lastenheft>

Zugriff am 07.05.2007
