

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	VII
Vorwort	IX
1 Einleitung.....	1
1.1 Allgemeines.....	1
1.2 Ziele der Diplomarbeit	3
1.3 Geschichte der Konstruktion.....	3
1.4 Zukunftsausblick.....	7
1.5 Ausgangssituation im betrachteten Unternehmen	8
1.6 Zielsetzung im Unternehmen.....	9
2 Allgemeine Betrachtung	10
2.1 Begriffe.....	10
2.2 Richtlinien.....	11
2.2.1 Normen	11
2.2.1.1 DIN ISO 9000 bis 9004.....	11
2.2.1.2 VDI-Richtlinie	12
2.2.2 Konstruktions- bzw. CAD-Richtlinien	13
2.3 Methodisches Konstruieren	15
2.3.1 Methoden & technische Hilfen	15
2.3.1.1 Simultaneous Engineering.....	15
2.3.1.2 Qualitätsmanagement	18
2.3.1.2.1 QFD (Quality Function Deployment).....	20
2.3.1.2.2 Konstruktions-FMEA.....	22

2.3.1.2.3	Design Reviews.....	24
2.3.1.3	Target Costing.....	26
2.3.2	Konstruktionsarten	26
2.3.2.1	Neukonstruktion	27
2.3.2.2	Änderungs-, Anpassungskonstruktion	27
2.3.2.3	Variantenkonstruktion.....	29
2.4	<i>Risikomanagement.....</i>	30
2.5	<i>IST i Analyse im Betrieb.....</i>	33
2.5.1	Auswirkungen des jetzigen Systems auf den Betrieb.....	37
2.5.2	Anforderungen an das (neue) CAD-System	39
2.6	<i>Auswahl des neuen Systems.....</i>	40
2.6.1	Anforderungen an das neue CAD-System.....	43
3	Umsetzung.....	45
3.1	<i>Ablauf der Umsetzung.....</i>	45
3.1.1	Möglichkeiten	47
3.1.1.1	Big Bang.....	47
3.1.1.2	Schrittweise Umsetzung (Step by Step).....	47
3.1.1.3	Big Bang vs. Step by Step	48
3.2	<i>Meilensteine / Terminplan</i>	50
3.3	<i>Hindernisse & Herausforderungen in der Umsetzung.....</i>	52
3.3.1	Weiterverwendung der (Alt-)Daten	53
3.3.2	Werksnormteile	54
3.3.2.1	Reduzierung der Teilevielfalt	55
3.3.3	Klassifizierung der Teile	56
3.3.4	PDM-System (=Produktdatenmanagement)	57
3.3.5	Baukastensystem	58
3.3.5.1	Variantenmanagement	59
3.3.6	Zukaufteile.....	60
3.3.7	Schnittstellen zu anderen Programmen.....	66

3.4	<i>Auswirkungen auf den Betrieb.....</i>	68
3.4.1	Veränderungen im Konstruktionsprozess	68
3.4.2	Optimierter Änderungs- und Freigabeprozess	72
3.4.3	Verbesserungen in der Projektierung	74
3.4.4	Dokumentationsmöglichkeiten.....	76
3.4.5	Auswirkungen auf die Fertigung, Vertrieb, Marketing, etc.....	77
3.4.6	Virtuelle Entwicklung	78
4	Erkenntnisse & Ausblick.....	81
4.1	<i>Produktenstehungsprozess aus der direkten Betrachtung.....</i>	83
4.2	<i>Erkenntnisse, bzw. Entscheidungshilfe.....</i>	86
5	Resümee	88
	Literaturverzeichnis	89
	Anlagen	92
	Anlage 1: Terminplan inkl. Meilensteine.....	94
	Anlage 2: Auswahlverfahren CAD-Software.....	101
	Selbstständigkeitserklärung.....	109

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Qualitätsmanagement von Tilo Pfeifer	2
Abbildung 2: Potential der Entwicklung/Konstruktion eines Produktes.....	6
Abbildung 3: Einteilung des Konstruktionsprozesses nach der VDI-Richtlinie.....	13
Abbildung 4: Schematische Darstellung des Simultaneous Engineering	16
Abbildung 5: Zusammenarbeit von Entwicklungs- und Fertigungsprozessen im Simultaneous Engineering.....	17
Abbildung 6: Qualitätsmanagement-Methoden in der Entwicklungsphase eines Produktes.....	19
Abbildung 7: House of Quality	21
Abbildung 8: Beispiel Konstruktions-FMEA.....	23
Abbildung 9: Vergleich Dummy (links) und Detailmodell (rechts).....	25
Abbildung 10: Muster Design Review i Checklist.....	25
Abbildung 11: Aufteilung der Konstruktionsarten	26
Abbildung 12: Muster Halbautomatisierte Änderungskonstruktion (Bsp.: Spanngewichtskorb).....	28
Abbildung 13: Muster einer Teilefamilie.....	30
Abbildung 14: Kosteneinflussverlauf.....	32
Abbildung 15: Schema Produktentstehungsprozess.....	35
Abbildung 16: grober Terminplan inkl. Meilensteine	50
Abbildung 17: Normteilkatalog.....	61
Abbildung 18: Phantombaugruppe i Schraubenverbindung.....	66

Abbildung 19: Finite Elemente ĩ Analyse	71
Abbildung 20: Planungsmodell-Generator via Excel-File	75
Abbildung 21: Beispiel einer Explosionsansicht zur Unterstützung bei der Montage.....	77
Abbildung 22: Verschiebung der Entwicklungszeiten.....	79
Abbildung 23: Schema Produktenstehungsprozess neu.....	82
Abbildung 24: Herausforderungen der Produktentwicklung, bzw. des CAD-Systems	86

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich Neu- und Anpassungskonstruktion.....	29
Tabelle 2: IST-Softwareübersicht im Unternehmen	34
Tabelle 3: Big Bang vs. Step by Step	49
Tabelle 4: Beispiel Werknormteilabschätzung	54
Tabelle 5: Häufigkeit von Verbindungselemente.....	63
Tabelle 6: Reduzierung Schraubenlänge.....	64
Tabelle 7: Einsparungspotential	65
Tabelle 8: Neutralformate	67
Tabelle 9: Vergleich Stücklistenenerstellung (Annahme: ca. 20 Teile pro Baugruppe)	67
Tabelle 10: Gegenüberstellung der CAD-Systeme im Bezug auf deren Zeitpotential	73

Abkürzungsverzeichnis

2D	zweidimensional
3D	dreidimensional
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
csv	Comma-separated values
DIN	Deutsches Institut für Normung
dxf	drawing interchange format
EDV	elektronische Datenverarbeitung
ERP	Enterprise Resource Planning
etc	et cetera
FEM	Finite Elemente Methode
FFF	Form Fit Function
FH	Fachhochschule
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis, bzw. Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse
HTL	höhere technische Lehranstalt
ISO	International Organization for Standardization
NC	Numerical Control
PC	Personal Computer
PDM	Produktdatenmanagement
PLM	Product Lifecycle - Management
QFD	Quality Function Deployment

USA	Vereinigten Staaten von Amerika
uvm	und viel mehr
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vgl	Vergleich

Vorwort

Im Zuge dieser Arbeit und der dabei durchgeführten Veränderungen im Betrieb möchte ich meinem Arbeitgeber dabei helfen den Entwicklungsrückstand in der Organisation der letzten Jahre aufzuholen und einen weiteren Schritt zu einem modernen Unternehmen zu machen. Dabei möchte ich mich auch bei meinen Arbeitskollegen und meinem Arbeitgeber für die Unterstützung und die zur Verfügung gestellten Informationen und Daten bedanken.

Ein besonderer Dank gilt dabei Herrn Prof. Dr.-Ing. Hartmut Lindner von der Hochschule Mittweida für die fachliche Betreuung meiner Diplomarbeit.

Des Weiteren möchte ich mich bei meiner Freundin, meinen Eltern und Freunden für die Unterstützung während des Studiums bedanken.

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

Der globale Fortschritt, die technologische Entwicklung sowie die Aufrüstung des Ostens der letzten Jahre, machen es für die Technologieländer des Westens nicht zum leichten Spiel weiterhin an der Spitze der technologischen Märkte zu bleiben. Durch den Wirtschaftsaufschwung in Asien (speziell China, Indien, etc.), sind die Technologieführer aus dem Westen (im Speziellen Europa und USA) gefordert ihre Führungsposition zu verteidigen und weiter auszubauen. Um den niedrigen Lohn- und Fertigungskosten trotzen zu können, sind wir gefordert unsere Produkte und Prozesse zu optimieren und hochqualitative Ergebnisse zu produzieren.

Um sich Wettbewerbsvorteile auf dem Weltmarkt zu verschaffen und somit das Überleben des Unternehmens zu sichern, ist es notwendig, mehrere Wettbewerbsstrategien in Betracht zu ziehen¹:

- mit möglichst niedrigem Kostenaufwand zu produzieren und somit auch günstige Produkte auf dem Markt zu bringen.
- möglichst hohe Qualität der eigenen Produkte zu erzielen.
- mit innovativen und technologisch überlegenen Produkten den Markt zu beherrschen.

Wenn man alle drei Punkte unter einem Hut bringen kann, hat man auf dem internationalen Markt gute Chancen, aber bis zu diesem Punkt ist es ein steiniger Weg.

Regional gesehen sind Kosten ein schwieriger Faktor, da die meisten Unternehmen in der Umgebung ähnliche Lohn- und Materialkosten haben. Daher ist es in unserer Umgebung eher schwierig hier einen Konkurrenzvorteil zu erlangen.

Sich durch Qualität von der Konkurrenz hervorzuheben ist da schon etwas leichter, da nicht jeder Hersteller dieselbe Qualität produzieren kann. Das beste Beispiel ist hier ein einfacher Vergleich von westlichen mit asiatischen Produkten. Produkte aus dem deutschen Sprachraum werden von vielen Kunden bereits durch einen Hinweis auf ihren

¹vgl. Wolfram Schloter i Strategien zur Effizienzsteigerung von Konstruktion und Fertigung für einen optimierten Produktentwicklungsprozess im Sondermaschinenbau

Herstellungsort als qualitativ hochwertig wahrgenommen (Aufdrucke wie zum Beispiel „Made in Austria“ „Made in Germany“), was für regionale Hersteller einen Vorteil bedeutet.

Am leichtesten ist es, sich durch technologische Überlegenheit von seiner Konkurrenz abzusetzen. Um immer eine Führungsposition am Markt zu haben, muss man darauf achten, dass man sich ständig weiterentwickelt und sich nie auf den sogenannten Lorbeeren ausruht. Dabei ist es wichtig seine Produkte stetig weiterzuentwickeln und innovative Ideen und Verbesserungen in die Produkte einfließen zu lassen.

All diese Wettbewerbsstrategien haben einen gemeinsamen Ursprung in der Entwicklung und der Konstruktion des Unternehmens. Hier werden ein Großteil der Kosten und die Qualität der Produkte bestimmt. Um sich die Arbeit zu erleichtern und diese effizient zu vollziehen, wurden Hilfsmittel (Werkzeuge) geschaffen, darunter auch CAD (=Computer Aided Design) Systeme. Mithilfe von CAD-Systemen können Produkte virtuell abgebildet und ihre Funktionalitäten analysiert werden. Durch diesen Vorgang wird im Entwicklungsprozess bereits sehr früh Kosten und Erfolg des Produktes bestimmt.

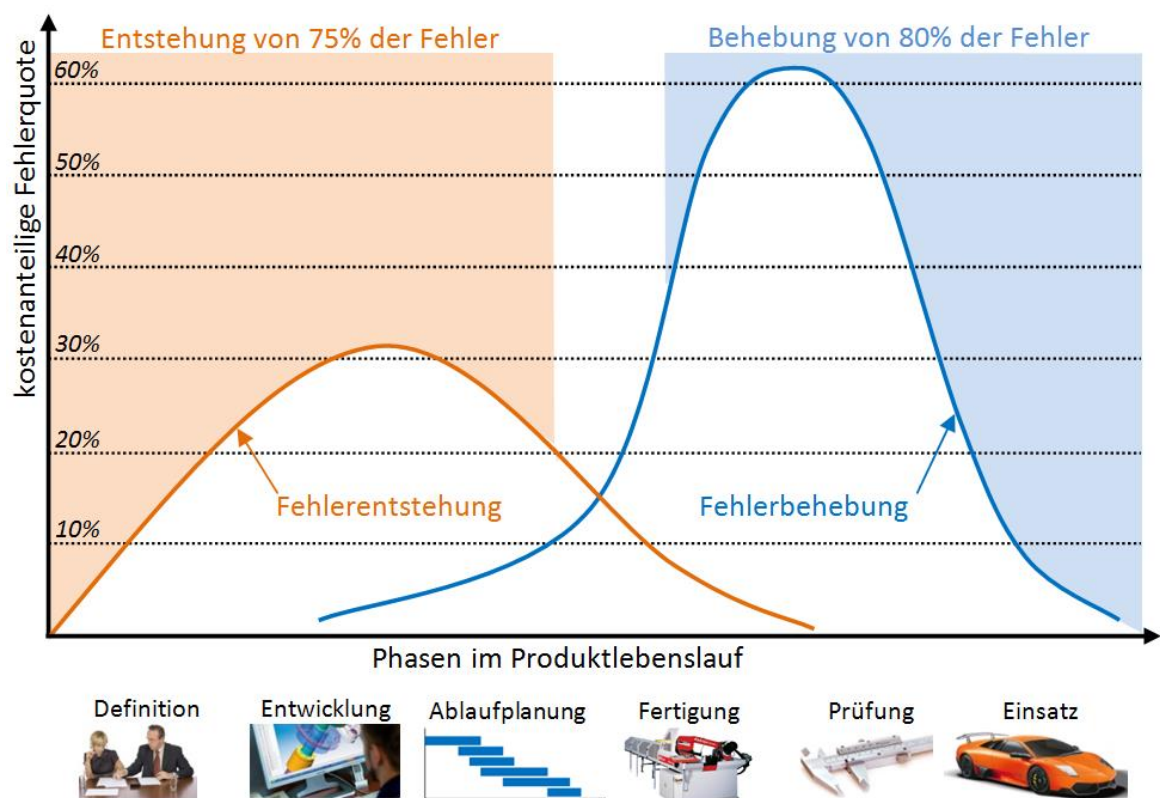


Abbildung 1: Qualitätsmanagement von Tilo Pfeifer²

² <http://www.was-ist-spc.de/index.php?section=fhfaktoren>

Den wirtschaftlichen Erfolg eines Produktes kann man auch sehr gut in der Grafik Abbildung 1 erkennen. Hier sieht man sehr gut wie sich die Kosten im Laufe eines Projektes beziehungsweise eines Produktes verhalten. Je später im Produktlebenslauf, umso mehr Prozesse und Abteilungen hat das Produkt in einem Betrieb durchlaufen; die entstandenen Kosten steigen. Durchschnittlich 80 % der Fehler werden erst ab der Fertigung bis hin zum Einsatz entdeckt und verursachen somit sehr hohe Fehlerbehebungskosten. Je früher man einen Fehler und seine Quellen im Entstehungszyklus erkennt, umso geringer sind natürlich die Behebungskosten und dessen Aufwand.

Daher ist es wichtig, dass man die bestmöglichen Werkzeuge in der Entwicklungsphase einsetzt, da dort die meisten Fehler ihren Ursprung haben. Somit kann ein guter Start des Produktentstehungszyklus gewährleistet werden.

Aus diesem Grund beschäftigt sich die vorliegende Arbeit mit der Suche nach den richtigen Hilfsmitteln und deren bestmöglichen Verwendung zur Optimierung der Konstruktion.

1.2 Ziele der Diplomarbeit

Mithilfe dieser Arbeit soll im betrachteten Unternehmen der Konstruktionsprozess optimiert und nach modernen technischen Hilfsmitteln Ausschau gehalten werden. Dieses Werkzeug soll dabei so gewählt werden, dass es im gesamten Unternehmen eingesetzt werden kann und somit die erstellten Daten so viel Verwendung finden wie möglich. Es soll dabei ein Ergebnis erreicht werden, welches die Kosten im Unternehmen minimiert und dabei im gesamten Unternehmen die Qualität des Produktionsbetriebes steigert.

Es wird nun der gesamte bestehende Konstruktionsprozess beleuchtet und durch verschiedene qualitätssteigernde Maßnahmen ergänzt.

Des Weiteren wird ein Vergleich zwischen der schon veralteten 2D-Konstruktionsmethode und einem neuen 3D-Zeichensystem gezogen. Es soll dabei analysiert werden, inwieweit sich die Verwendung eines neuen CAD-Systems auf die gesamten unternehmensweiten Prozesse auswirkt und inwieweit sich diese dabei verändern und welchen Nutzen die verschiedenen Abteilungen aus der Verwendung des Programms ziehen können.

Das Ergebnis dieser Arbeit soll als Grundlage für die Umsetzung eines neuen CAD-Systems im betrachteten Unternehmen dienen und seine Anwendung unterstützen.

1.3 Geschichte der Konstruktion

Seitdem es den Menschen gibt, entwickelt er sich weiter und passt sich seiner Umgebung an. Das gilt auch für alle Dinge, die der Mensch erschaffen hat. Um den Fortschritt kontinuierlich weiter zu treiben, muss sich auch das menschliche Handwerk inklusive seiner erschaffenen Werkzeuge weiterentwickeln.

Die Ursprünge der Konstruktion gehen dabei auf Archimedes (ca. 250 Jahre v. Chr.) zurück. Er formulierte die Hebelgesetze und schuf somit die Grundlage der späteren Mechanik³. Die weitere Entwicklung der Konstruktion ging über Heron (lebte am Beginn des 1. Jahrhunderts), welcher sich mit dem Zusammenwirken von einem Innen- und Außenwinde beschäftigte, bis hin zu Leonardo da Vinci (1452-1519), der zahlreiche Maschinen entwarf und sich die systematische Ordnung der Maschinenelemente überlegte.

Um sich die Entwicklung von neuen Hilfsmitteln und Geräten zu erleichtern, begann man Ende des 19. Jahrhunderts durch geistige Vorarbeit und Fertigungsunterlagen die Produktion zu vereinfachen. Die bis heute noch gültigen Prinzipien eines Maschinenbauers von Ferdinand Redtenbacher⁴, welche die Konstruktion erleichtern sollten, sind:⁵

- Hinreichende Stärke
- Kleine Verformung
- Geringe Abnutzung
- Geringer Reibungswiderstand
- Geringer Materialaufwand
- Leichte Ausführung (bezüglich der Montage)
- Wenig Modelle (Gussformen oder Varianten)

Diese Konstruktionsprinzipien bestehen seit über 150 Jahren und werden auch heute noch als Grundlage für jegliche Konstruktionen eingesetzt.

Bis dahin war es gang und gäbe, dass man die Entwicklung direkt in der Fertigung betrieb, aus der Herstellung der vorigen Produkte dazulernte und diese Erfahrungswerte immer wieder in die neuen Maschinen einbrachte. Bis zu dieser Zeit konnte man selten genauere Informationen zu den entwickelten Maschinen und Geräten der Erfinder bekommen, da diese es für nicht erforderlich hielten ihre Gedanken und Denkweisen zu dokumentieren und für die Nachwelt verständlich zu machen. Die Maschinen wurden somit nur durch die langjährige Erfahrung und die Begabung ihrer Konstrukteure entwickelt. Dadurch kann man fast behaupten, dass die Erfindungen von damals eher künstlerisch

³ Chris Rorres **The Lever**, Courant Institute - <http://www.math.nyu.edu/~crrorres/Archimedes/Lever/LeverLaw.html> 03.04.2013

⁴ Ferdinand Redtenbacher (1809 - 1863) war bis zu seinem Tod Professor für Maschinenbau an der Technischen Hochschule Karlsruhe und Begründer des wissenschaftlichen Maschinenbaus

⁵ Paul Naefe : Einführung in das methodische Konstruieren; S.1

kreative Bauten waren. Aus diesem Grund war der Fortschritt in dieser Zeit eher schleppend und nicht so rasant wie heutzutage.

Ä Konstruieren ist das vorwiegend schöpferische, auf Wissen und Erfahrung gegründete, optimale Lösungen anstrebende Vorausdenken technischer Erzeugnisse, Ermitteln ihres funktionellen und strukturellen Aufbaus und Schaffen fertigungsreifer Unterlagené ñ⁶

Wie bereits erwähnt, wurden Ende des 19. Jahrhunderts die ersten Konstruktionsbüros eingerichtet. Bis zu den 50er Jahren bestand das Handwerkszeug eines Konstrukteurs aus Bleistift, Tuschestift, Lineal, Zeichenbrett, etc. Als dann aber in den Weltkriegsjahren eine rasche Entwicklung der benötigten Waffen und Gerätschaften und ein immer höherer Qualitätsstandard gefordert wurde, bekam die Konstruktion eine immer größere Bedeutung. Man bemerkte rasch, welches unheimliche Potential in der Entwicklung der Gerätschaften steckte. Waffen und Maschinen mussten schneller, zuverlässiger und besser werden, und das Ganze so schnell wie möglich.

Sieht man sich die folgende Grafik an, so kann man gut die damaligen Gedankengänge nachvollziehen, deren Grundgedanke sich bis heute nicht mehr verändert hat. Wird dabei die jeweilige Fläche unter der jeweiligen Kurve als Repräsentation der Kosten des Produktes in Bezug auf dessen Entwicklung betrachtet, so ist rasch ersichtlich, dass die Kosten der modernen Entwicklung in der Konstruktionsphase um einiges geringer sind, als jene der Entwicklung in der Fertigungsphase.

⁶ Aussage in der VDI-Richtlinie 2222, Definition für die Konstruktion

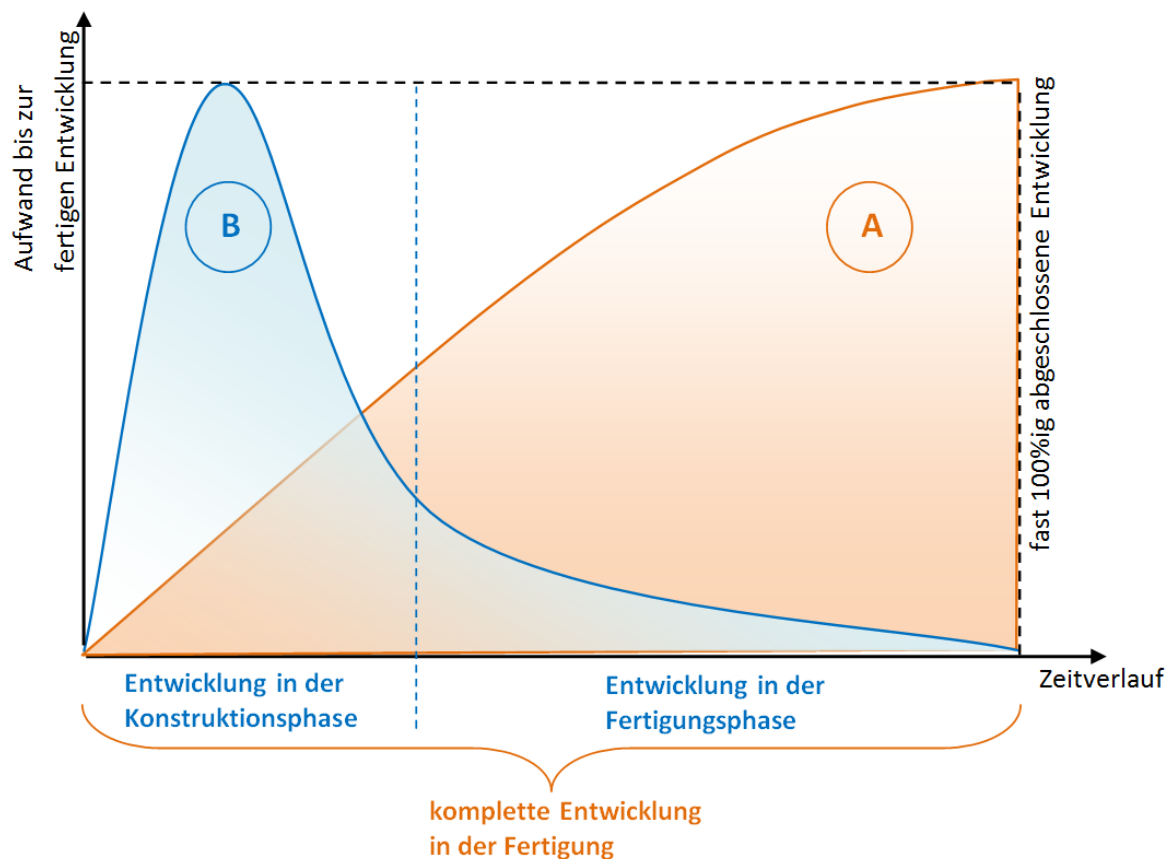


Abbildung 2: Potential der Entwicklung/Konstruktion eines Produktes

Die Kurve A stellt dabei den Aufwand in der Entwicklung eines Produktes vor der Einführung der Konstruktionsphase dar. Dabei wird die jeweilige Anlage oder Maschine nicht im Vorhinein entwickelt und durchgeplant, sondern das Konzept und dessen Funktionen erst in der Produktion entwickelt. Nicht nur dass die Entstehungszeiten des Produktes um ein vielfaches höher sind, sondern auch dessen Kosten.

Im Gegensatz dazu wird bei der Variante B vor der Fertigung ein Entwicklungs- und Konstruktionsprozess eingeschoben. Durch die detaillierte Planung der Anlage wird somit der Kostenaufwand in späteren Phasen um ein vielfaches geringer. Je mehr bereits am Anfang der Prozesskette an Zeit und Mühen investiert werden, umso weniger Aufwand ist in der Fertigung nötig.

Vergleicht man dies nun mit der Abbildung 1 so kann erkannt werden, dass bereits in der frühen Entwicklungsphase über den wirtschaftlichen Erfolg und den Kosten des Produktes entschieden wird.

Zur selben Zeit wurde auch die Computertechnologie extrem weiterentwickelt, und man begann schließlich diese auch für die Konstruktion von Maschinen und Anlagen zu nutzen. In den ersten Jahren war es für die Anwender kaum eine Umstellung, da der einzige Unterschied darin lag, dass die Linien nicht mehr auf Papier, sondern auf einem Bild-

schirm gezeichnet wurden. Erst mit der Zeit wurden immer mehr Innovation in die CAD-Programme eingearbeitet. Somit konnte man statische, isometrische Ansichten von Bauteilen erstellen und schließlich entstanden daraus die 3D Konstruktionssysteme. Vorerst wurden nur Drahtmodelle erstellt und daraus die Bauteile abgeleitet, aber im Laufe der Zeit wurde unter anderem möglich Volumenkörper zu erstellen. Durch diese neue Technik wurde die Arbeitsweise eines Konstrukteurs von Grund auf geändert.

Durch den raschen technologischen Fortschritt der letzten Jahre werden immer leistungsfähigere und kostengünstigere Computer gebaut, wodurch auch immer bessere und einfachere CAD-Systeme entstehen. In so gut wie allen Branchen und Betrieben finden moderne 3D-CAD-Programme Verwendung.

Nun ist es möglich von der Stückliste bis zur Montageanleitung, also alles was man zur Dokumentation und Fertigung der Konstruktion benötigt, direkt aus den 3D-Modellen abzuleiten.⁷

Da vom Werkstoff bis hin zu den Fertigungsradialen bei Blechen alle möglichen Informationen bereits in den 3D-Modellen verpackt sind, kommen diese Modelldaten auch in der Fertigung zum Einsatz. Es wird beispielsweise die Geometrie der Blechteile direkt auf die Laserschneidmaschine gespielt, oder auch bei der Abkantpresse verwendet. Dabei können aber auch die meisten NC Dreh- und Fräsmaschinen die Daten weiterverarbeiten.

1.4 Zukunftsausblick

Wenn man sich die rasche technische Entwicklung der letzten Jahre ansieht, dann lässt es sehr leicht erahnen, dass dies in den nächsten Jahren so weitergehen, ja sich noch steigern wird. Die hundertprozentige Planung (Detaillierungsgrad bis hin zur kleinsten Schraube) von Anlagen wird sich immer mehr durchsetzen und nur so kann man es schaffen, die Qualität bis an die Hundertprozent-Grenze zu steigern.

Aber in welche Richtung kann eine Entwicklung der Konstruktion gehen?

In Zukunft wird es zu einer zunehmenden Visualisierung der Modelleigenschaften und der interaktiven Bearbeitung des zu fertigenden Produktes kommen. Die Automobilbranche orientiert sich schon sehr stark in diese Richtung. Dabei werden Millionen Stunden in den Konstruktions- und Entwicklungsprozess gesteckt und jede Funktion eines Fahrzeuges am Bildschirm in Bezug auf Design, Funktionalität, Fertigungs- und Montagefreundlichkeit simuliert. Erst wenn die Tests positiv abgeschlossen wurden, wird die Konstruktion in die Fertigung gegeben.

⁷ vgl. Institut für Arbeitsforschung und Organisationsberatung: Unternehmensgestaltung im Spannungsfeld von Stabilität und Wandel; S.312

Eine weitere Möglichkeit, welche in der nahen Zukunft bestimmt immer mehr Verwendung finden wird, ist der 3D-Druck. Mittels dreidimensionalem Drucker werden die Konstruktionen innerhalb von wenigen Minuten zu materiellen, fast echt wirkenden Bauteilen geformt. Zurzeit wird in den meisten Fällen ein Kunststoff eingeschmolzen und in die gewünschte Form gebracht, allerdings gibt es schon Entwicklungen, durch die auch andere Materialien verwendet werden können. Diese Technologie steckt noch in den Kinderschuhen, wird aber in den nächsten Jahren besonders im Ersatzteilwesen vermehrt Verwendung finden.

1.5 Ausgangssituation im betrachteten Unternehmen

Beim betrachteten Unternehmen handelt es sich um einen Betrieb der weltweit im Bereich des Anlagenbaues, im Speziellen von Fördertechnik, sowie Trockenbaustoff- und mobiler Betonwerke tätig ist. Da es in dieser Branche nur selten exakt gleich gebaute Anlagen gibt und jedes Werk individuell nach den Kundenwünschen gestaltet wird, wird jedes Projekt zu einer großen Herausforderung für die Projektierung und Konstruktion. Jeder Auftrag, und jede Anlage hat seine eigenen Verarbeitungsprozesse, wobei das geförderte und produzierte Material individuell unterschiedliche Maschinen und Geräte durchläuft und von einem Ort zum anderen transportiert werden muss. Für genau diese Transportwege kommt das betrachtete Unternehmen ins Spiel.

Hierfür kommen je nach Material und Förderweg verschiedenste Komponenten (Becherwerke, Schnecken, Förderbänder, Luftdruckleitungen, etc.) in Frage.

Um die unterschiedlichen Geräte in eine Anlage einzuplanen und dabei flexibel und schnell eine Lösung zu finden, ist es nötig ein perfektes Arbeitswerkzeug in der Konstruktion und Projektierung zu haben.

Im betrachteten Unternehmen wird zurzeit ein veraltetes 2D-CAD-System verwendet. Mit diesem System werden vielerlei Ansichten einer Konstruktion unabhängig voneinander erstellt. Aus diesen Ansichten einer Baugruppe werden schlussendlich die benötigten Einzelteile abgeleitet. Dieses Verfahren benötigt eine sehr penible Arbeitsweise um damit die Fehleranfälligkeit zu minimieren.

Die Wiederverwendung, beziehungsweise Modifikation von Bauteilen ist somit sehr schwierig, zeitaufreibend und fehleranfällig. Durch diese Tatsache fällt zusätzlicher Zeitaufwand für die erhöhte Kontrolle der Zeichnungen an, was wiederum Kosten verursacht.

Neukonstruktionen müssen durch etliche voneinander unabhängige Ansichten geplant und ausgetüfelt werden. Dabei wird aber meist der Detaillierungsgrad (oftmals nur ca. 40-50 %) nicht ausgereizt und es kommt immer wieder zu Kollisionen bei den fertigen Produkten. Die Entwicklungszeit und auch deren Kosten sind daher um einiges höher.

Um diese Fehler zu minimieren und die Durchlaufzeiten von Änderungen, Anpassungen und Neukonstruktionen zu erhöhen soll daher ein besseres Werkzeug für den Konstruk-

teur gefunden werden. Daher werden in den folgenden Kapiteln verschiedene Möglichkeiten ausgearbeitet und die Grundsteine für eine bessere Ausrichtung der Entwicklungsprozesse des Unternehmens gelegt.

1.6 Zielsetzung im Unternehmen

Jedes Projekt verfügt über andere Spezifikationen, Aufstellungsgegebenheiten, etc. und macht es somit auch immer wieder zu einer neuen Herausforderung, welche die Projektleitung, Konstruktion, und die komplette Firma bewältigen müssen. Im Projektmanagement spielen dabei auch mehrere Risikofaktoren eine Rolle⁸:

- Abweichung vom Standardprodukt
- Auftragsgröße
- Entwicklungsbedarf, bzw. Konstruktionsaufwand
- Änderungen im Projekt
- Finanzierungsaufwand
- Koordinierung von Abteilungen im Betrieb und verschiedenster Lieferanten
- uvm.

Um diese Risiken so gut wie möglich im Griff zu haben, ist es nötig, dass das Unternehmen über ein bestmögliches CAD- und Datenablatesystem verfügt. Um hier die optimale Entscheidung zu treffen, soll diese Arbeit die Entwicklung eines möglichst perfekten Arbeitsprozesses, und -werkzeugs unterstützen.

Nur ein zufriedener Kunde wird sich rasch bei Erweiterungswünschen oder Neuplanungen von Anlagen wieder an das Unternehmen wenden. Daher ist es wichtig, dass das Unternehmen über verschiedene Verfahren und Hilfsmittel verfügt, damit die Qualität perfektioniert und das bestmögliche Ergebnis erzeugt wird.

⁸ Konstruktionspraxis | Vogel Business Media - Studie Projektcontrolling und Projektrisikomanagement im Anlagenbau

2 Allgemeine Betrachtung

2.1 Begriffe

Um ein allgemeines Verständnis der Begriffe in dieser Diplomarbeit besser vermitteln zu können, werden nun die wichtigsten konstruktionstechnischen Begriffe noch etwas genauer beschrieben.

Konstruktion

In der Technik steht der Begriff Konstruktion für die Dokumentation eines Produktes. Dabei beinhaltet diese von den Anlagen-, beziehungsweise Maschineneigenschaften bis hin zu den Fertigungsdaten jedes einzelne Detail, welches zur Entwicklung des fertigen Gerätes beiträgt. Das Konstruieren selbst ist eine Ingenieurtätigkeit, welche auf Basis von Kunden- und Marktanforderungen ein Produkt durch gedankliche Arbeit zu deren Realisierung verhilft. Somit kann im Groben gesagt werden, dass in der Konstruktion die Festlegung von geometrischen und stofflichen Eigenschaften des Produktes erfolgt⁹.

Jedoch versteht man aus unternehmerischer Sicht unter Konstruktion auch die Abteilung, welche sich im Unternehmen mit der Entwicklung und Planung der Produkte beschäftigt. Dabei wird oft die Entwicklungsabteilung und Konstruktion zusammengefasst zu einer Konstruktionsabteilung oder einem technischen Büro zusammengefasst.

Bauteil

Bauteile stellen im Prinzip die Basis einer jeden Anlage oder Maschine dar. Sie sind dabei im Bereich des CADs eine modellhafte Abbildung des später gefertigten Teils und somit Grundbausteine für die Baugruppen, in welchen sie später benötigt werden.

Baugruppe

Als Baugruppe bezeichnet man die Zusammensetzung verschiedenster Bauteile zu einer in sich geschlossenen Einheit. In den meisten Fällen ergibt eine Zusammensetzung mehrerer Baugruppen eine fertige Maschine¹⁰.

Dabei kann eine Baugruppe aus verschiedensten Unterbaugruppen und Einzelteilen bestehen, welche bei der Montage zu einem Gesamten zusammengefügt werden. Durch die Verwendung von Baugruppen bleibt eine Anlage aus der Sicht der

⁹ vgl. <http://www.daswirtschaftslexikon.com/d/konstruktion/konstruktion.htm>

03.08.2013

¹⁰ vgl. <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/baugruppe.html>

05.08.2013

Konstruktion, Fertigung, Montage, etc. übersichtlich und bietet somit den Vorteil, dass die fertige Anlage leichter realisiert werden kann.

Dabei soll die Baugruppe auch den Zusammenbau der verschiedenen Bauteile beschreiben und dies graphisch darstellen. Aus diesem Assembling werden später auch die Stücklisten, welche die Art der Bauteile und deren Stückzahlen beschreibt, erstellt.

2.2 Richtlinien

2.2.1 Normen

Um den Konstruktionsprozess zu unterstützen und den Unternehmen eine Hilfestellung zu geben, wurden verschiedene Normen und Richtlinien entwickelt. Dieses Kapitel erläutert nur kurz die zwei wichtigsten Normen und deren Verwendung.

2.2.1.1 DIN ISO 9000 bis 9004

Durch die ISO-9000-Regeln wird ein branchen- und produktunabhängiges System der Qualitätssicherung von Gütern und Dienstleistungen beschrieben.

Diese Norm soll den Konstrukteur, beziehungsweise das ganze Unternehmen dabei unterstützen, die größtmögliche Qualität bei ihren Produkten zu erreichen. Es werden dabei organisatorische Abläufe sowie technische Randbedingungen beschrieben, welche während der Produktentwicklung umgesetzt werden. Um diese Ausführungen in einem Unternehmen umzusetzen, werden Arbeitsanweisungen erstellt und im Qualitätsmanagement-Handbuch des Unternehmens abgelegt.

Dabei sind die konstruktionswichtigen Normen wie folgt eingeteilt:

- ISO 9000 allgemeine Zielsetzung der Norm (Grundlagen und Begriffe)
- ISO 9001 Qualitätssicherungsnachweis für Entwicklung, Konstruktion, Fertigung, Montage, etc.
- ISO 9002 Qualitätssicherung für den Herstellungsprozess
- ISO 9003 Qualitätssicherungsstandards für die Funktions- und Produktendprüfung der Güter
- ISO 9004 verschiedene Vorschriften zur Verbesserung betrieblichen Strukturen, Abläufe und Systeme

2.2.1.2 VDI-Richtlinie

Neben den DIN-Normen existieren auch eine Reihe anderer Richtlinien, wie die VDI-Richtlinien, welche vom Verein Deutscher Ingenieure definiert wurde und zurzeit aus etwa 1800 gültigen Richtlinien besteht. Der Verein Deutscher Ingenieure gibt darin Empfehlungen auf dem Gebiet der Technik, welche noch nicht genormt sind. Dabei werden oftmals bewährte VDI-Richtlinien in die DIN-Norm übernommen.

Folgende Richtlinien sind für die Konstruktionstätigkeiten am wichtigsten:

- VDI 2210 bis 2217 Datenverarbeitung in der Konstruktion
- VDI 2220 bis 2223 Produktplanung und methodisches Konstruieren
- VDI 2234 bis 2235 wirtschaftliches Konstruieren

Der Konstruktionsprozess ist dabei laut der VDI-Richtlinie 2221 in folgende Phasen eingeteilt¹¹:

- | | | |
|-------------|-----------------------------------|---------|
| • Phase 1: | Planen und Klären der Aufgabe | ca.10% |
| • Phase 2: | Konzipieren | ca. 10% |
| • Phase 3: | Entwerfen der angestrebten Lösung | ca. 20% |
| • Phase 4: | Ausarbeiten der Unterlagen | ca. 50% |
| • Sonstiges | | ca. 10% |

¹¹ vgl. Klaus Ehrlenspiel – Integrierte Produktentwicklung; S.252ff

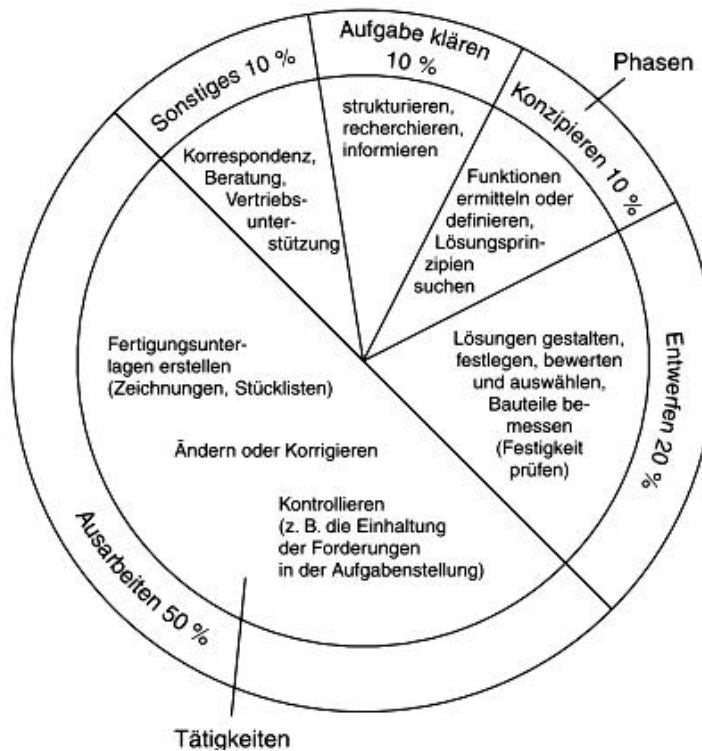


Abbildung 3: Einteilung des Konstruktionsprozesses nach der VDI-Richtlinie¹²

2.2.2 Konstruktions- bzw. CAD-Richtlinien

Die primäre Zielsetzung eines CAD-Systems ist, dass Zeichnungen erstellt werden können, welche mit minimalstem Aufwand weiterverwendet, also für neue Produkte sehr schnell abgeändert werden können. Um dies trotz vieler verschiedener Konstruktionsarten, welche sich durch eine freie Handhabung und Arbeitsweise vieler Anwender entwickeln, gewährleisten zu können, ist es zwingend notwendig Konstruktionsrichtlinien in einem Betrieb intern zu erarbeiten, und als eine Art Handbuch für alle Mitarbeiter offen zu legen.

Durch die Konstruktionsrichtlinien soll ein hoher Anteil der Konstruktionstätigkeit geregelt werden. Dabei soll neben Vorgaben für die Durchführung der Arbeitsabläufe, wie der Speichervorgang inklusive Revisionierung und Versionierung, auch prozessbezogene Aspekte, wie die Freigabe von Modellen und deren Zeichnungen, klar geregelt sein¹³.

¹² Paul Naefe - Einführung in das methodische Konstruieren, S.33

¹³ vgl. Markus Knieps: Entwicklung von Konstruktionsrichtlinien für die Handhabung von 3D-CAD-Systemen zur Generierung komplexer Maschinenbaugruppen; S.113ff

Was wird in den Richtlinien festgehalten?

- **Allgemeines**

- Dateibenennung, Zeichnungsnummernvergabe, etc.
- Produktablage und deren Struktur
- Klassifizierung
- Änderungswesen, bzw. Revisionswesen

- **3D-Modellierung**

- bevorzugter Aufbau der Bauteile , Baugruppen
- bevorzugte Funktionen

- **Zeichnungserstellung**

- Schriftkopf
- Bemaßungsvorlagen (Schriftart, Schriftgröße, é)
- Ausführung von Fertigungszeichnungen (Ansichten, Positionsnummern, Schweißbaugruppen, etc.)
- Farbe der Linien und deren Zuordnung

- **Umgang mit dem CAD-Programm**

Da ein CAD-System oftmals viele verschiedene Wege und Möglichkeiten hat ein bestimmtes Ziel zu erreichen, soll in einem Betrieb so gut wie möglich nur eine bestimmte Linie verfolgt werden. Umso mehr man diesen Weg verfolgt, umso leichter ist es für andere Mitarbeiter sich in die Konstruktion eines Kollegen hineinzuversetzen und diese weiterzubearbeiten. Dabei wird angestrebt, dass der Aufbau jedes Modells und jeder Fertigungszeichnung nach einem Schema erfolgt und somit die Handhabung dieser für alle Mitarbeiter im Unternehmen vereinfacht wird.

Jeder Anwender soll dabei verpflichtet werden, sich strikt an diese Richtlinien zu halten¹⁴. Ist dies nicht der Fall, so ist es sehr wahrscheinlich, dass der Modellaufbau und deren Fertigungszeichnungen extrem variieren. Dies hat zum Nachteil, dass eine Wiederverwendung und Änderung der Teile extrem aufwendig für die verschiedenen User und den gesamten Produktionsprozess ist.

¹⁴ vgl. Walter Eversheim: Organisation in der Produktionstechnik; S.89

Ein weiterer Vorteil von Konstruktionsrichtlinien liegt im Fremdengineering. Reichen die eigenen Kapazitäten nicht mehr aus und es werden Teilbereiche eines Projektes an externe Betriebe ausgelagert, so ist es notwendig, dass die Zeichnungen und Modelle trotzdem nach demselben Schema aufgebaut sind. Aus diesem Grund muss bereits das fremde Ingenieurbüro von Beginn an vertraglich an die werkseigenen Konstruktionsrichtlinien gebunden werden und diese auch tatsächlich verwenden. Nur so kann sichergestellt werden, dass die zugekauften Leistungen im Unternehmen ohne zusätzlich hohe Mehraufwände weiterverwendet werden können.

Werden die Konstruktionsrichtlinien in einem Betrieb konsequent umgesetzt, kann dies zu einer Kosteneinsparung im gesamten Produktentstehungsprozess bis hin zum Fertigungsprozess führen. Sind alle Modelle und Zeichnungen immer nach demselben Schema aufgebaut, so ist dies für jeden, der damit arbeiten muss leichter, und man spart sich einiges an Zeit und Nerven.

2.3 Methodisches Konstruieren

Um die Produktentwicklungsprozesse so gut wie möglich zu optimieren und damit die Durchlaufzeiten so gering wie möglich sind, bedarf es einer firmeninternen Methodik.

2.3.1 Methoden & technische Hilfen

2.3.1.1 Simultaneous Engineering

Als Simultaneous Engineering¹⁵ (im englischen auch „Concurrent Engineering“ genannt) versteht man im Allgemeinen die parallele Bearbeitung von Aufträgen oder Aufgaben. Hierdurch kommt es zu einer hohen Zeitersparnis im Verlauf der Produktentwicklung.¹⁶

Vergleicht man dieses Verfahren mit der traditionellen Methode, wird zum Beispiel traditionell zuerst das Produkt bis ins Detail konstruiert und danach in die Arbeitsvorbereitung gegeben. Müssen dann allerdings Anpassungen für die Produktion gemacht werden, so beginnt dieser Kreislauf wieder von vorne. Beim Simultaneous Engineering verläuft dies anders. Bereits nachdem die Eckdaten des Produktes in der Konstruktion fixiert sind, wird der Prozess der Arbeitsvorbereitung gestartet und die Produktionsplanung beginnt. Nun können sich die verschiedenen Prozesse gegenseitig unterstützen und man erspart sich einiges an Zeit und Kosten. Dabei wird auch die Gefahr von firmeninternen Änderungen minimiert.

¹⁵ Übersetzt: „Verteilte gleichzeitige Entwicklung“

¹⁶ vgl. Klaus Ehrlenspiel – Integrierte Produktentwicklung; S.216ff

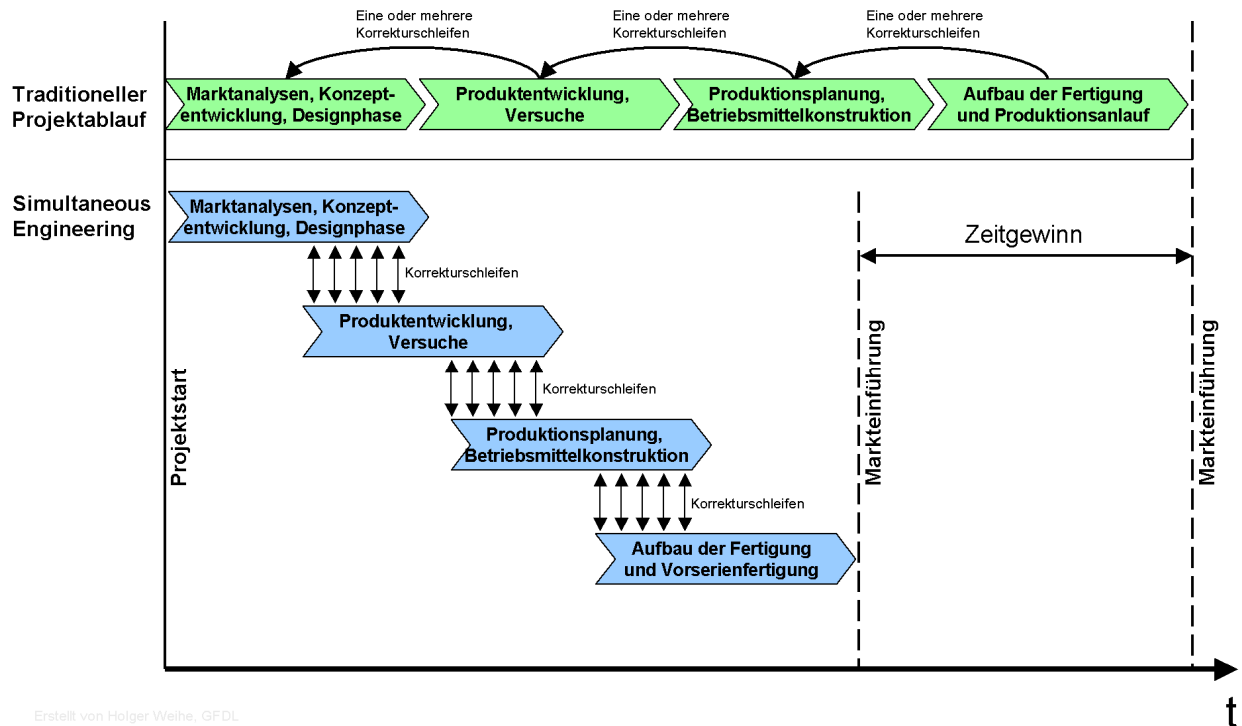


Abbildung 4: Schematische Darstellung des Simultaneous Engineering ¹⁷

Während die verschiedenen Prozesse teilweise parallel laufen, kommen auch vermehrt Rückmeldungen von nachgesetzten Arbeitsschritten zurück zu den vorangegangenen. Dies hat den Vorteil, dass zum Beispiel produktionsbedingte Änderungen schneller und unkomplizierter in das Produkt eingearbeitet werden können.

Bei Untersuchungen in unterschiedlichen Unternehmen wurde festgestellt, dass durch Simultaneous Engineering eine potentielle Zeitersparnis von fast 50 % vorhanden ist. Außerdem wird durch die intensivere Zusammenarbeit der verschiedenen Abteilungen die Qualität der Prozesse gesteigert.

Ein weiterer Vorteil dieser Methodik ist, dass der Faktor „Time-To-Market“, welcher in der heutigen Zeit immer mehr an Bedeutung gewinnt, eines Produkts verkürzt wird, was einen Vorteil zur Konkurrenz bedeuten kann.

¹⁷ vgl. Ansatz zur Gestaltung von Innovationsprozessen
<http://www.b4development.com/?p=1118> 10.05.2013

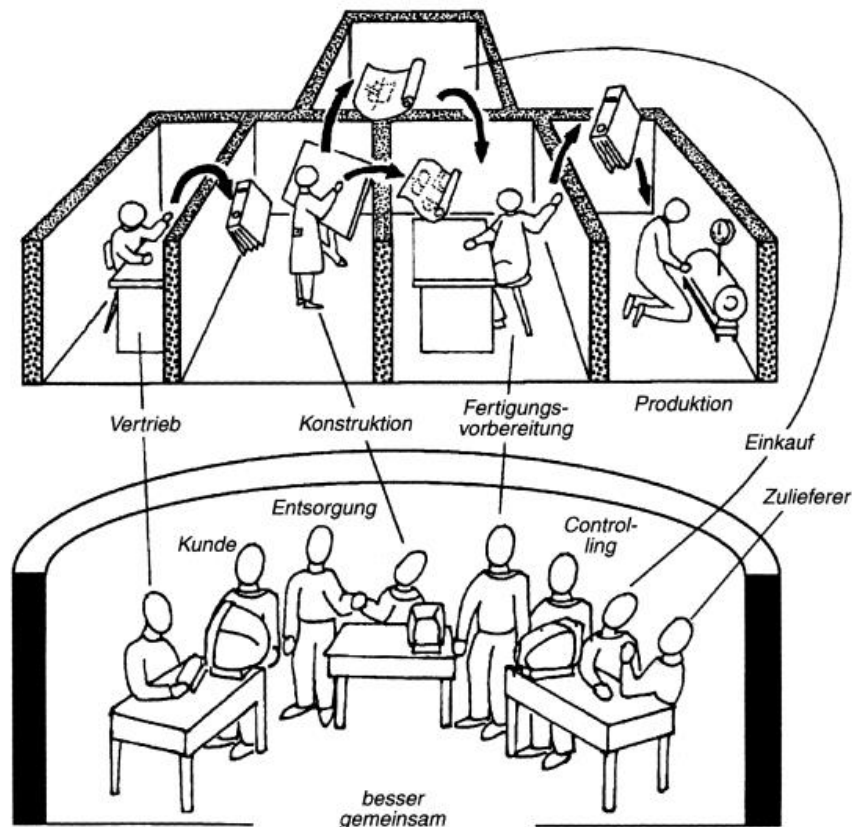


Abbildung 5: Zusammenarbeit von Entwicklungs- und Fertigungsprozessen im Simultaneous Engineering¹⁸

Im Spezialfall des betrachteten Unternehmens ist diese theoretische Vorgehensweise allerdings ein wenig problematisch. Im Anlagenbau werden oftmals nach den verschiedensten Produktentstehungsprozessen Freigaben vom Kunden benötigt. Werden die aktuellen Arbeitsschritte, beziehungsweise Pläne freigegeben, so kann mit dem nächsten Prozess begonnen werden. Ist dies allerdings nicht der Fall, so ist eine Korrektur notwendig und der Freigabeprozess beginnt von neuem. Diese Prüfungsverfahren haben zur Folge, dass das oben beschriebene Simultaneous Engineering nicht in seinem vollen Umfang durchgeführt werden kann. Die verschiedenen Abteilungen und deren Prozesse können aber trotzdem vorzeitig abgestimmt werden, wodurch die unternehmensinternen Abläufe reibungsloser ablaufen.

Wenn in den nachfolgenden Prozessen mit den weitergegebenen Informationen gearbeitet wird, muss man sich aber darüber im Klaren sein, dass dies ein gewisses Risiko beinhaltet. Sobald sich die Informationen ändern, muss dieses Wissen auch weitergegeben werden. Um dabei ohne unnötige Mehrkosten zu produzieren, ist dabei ein gutes Risikomanagement notwendig.

¹⁸ vgl. <http://www.mb.fh-stralsund.de/cad/websites/i-deas/project/project.html> 11.05.2013

Mithilfe eines modernen CAD-Systems kann ein Simultaneous Engineering im Bereich der Konstruktion sehr leicht erfolgen. Durch eine gezielte Arbeitsteilung können mehrere Konstrukteure an ein und demselben Projekt, zum Beispiel an der gleichen Anlagenkomponente, arbeiten. Werden die bearbeiteten Bauteile nach der Ausdetaillierung wieder in das Datenmanagementprogramm (PDM) hochgeladen, so kann mittels weniger Mausklicks bei jedem Kollegen der aktuelle Stand der Anlage aktualisiert werden. Dadurch ist gewährleistet, dass jeder immer mit demselben Stand arbeitet und keine veralteten Daten Verwendung finden.

Zwischen dem eben beschriebenen Verfahren und der veralteten 2D-CAD-Welt liegt ein enormer Unterschied. Bei der veralteten Technik konnte leider nie sichergestellt werden, dass jeder über den aktuellen Stand der Zeichnung verfügt. Es musste dabei immer ein Mitarbeiter konsequent die Entwicklungsfortschritte auf den einzelnen Anlagenplänen und deren verschiedenen Ansichtsdarstellungen nachtragen. Dies führt im Falle von zum Beispiel Äs-Built-Zeichnungen¹⁹ immer wieder zu Problemen und extremen Mehraufwänden.

2.3.1.2 Qualitätsmanagement

Um die Produkte und Prozesse zu perfektionieren, sollte im gesamten Unternehmen Qualitätsmanagement betrieben werden. So auch in der Konstruktion, denn laut einer Studie entstehen etwa 75-80 Prozent (siehe auch Abbildung 1) der Fehler durch unzureichende Entwicklung, Planung und Konstruktion. Aber auch 60 Prozent aller Ausfälle in der Gewährleistung haben ebenfalls ihren Ursprung in einer fehlerhaften und unreifen Entwicklung¹⁹. Daher sollte die Qualitätssicherung im Unternehmen konsequent umgesetzt werden.

Trotz der vielen technischer Hilfsmittel treten immer wieder Fehler auf. Um diese einzuschränken und ihnen entgegenzuwirken, ist ein methodisches Vorgehen mittels Arbeitsablauf-, Lösungs- und Gestaltungsmethoden sowie Auswahl- und Bewertungsmethoden sinnvoll.

¹⁹ vgl. Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Günther i Innovationsmethodik / Qualitätssicherung; S.2ff



Abbildung 6: Qualitätsmanagement-Methoden in der Entwicklungsphase eines Produktes

Welche Fehler können im Konstruktionsprozess entstehen?

- Mangelhafte Auslegung (Statik, Werkstoff, usw.)
- Mangelhafte Ausführung im Bezug auf Fertigung und Montage
- Bauraumverletzung, fehlerhafte Schnittstellen
- Mangelhafte Dokumentation
- Funktionsmängel
- uvm.

Eine fehlerfreie Konstruktion und ein perfektes Produkt führen zu Kundenbindung. Dass sich dies auf den Erfolg des Unternehmens auswirkt, ist wiederum ein Grund dafür, Qualitätsmanagement im Betrieb auszuführen. Welche Varianten davon im Bereich der Konstruktion und Entwicklung in Frage kommen, wird nun im Folgenden beschrieben.

2.3.1.2.1 QFD (ÄQuality Function DeploymentÄ)

Mittels Quality Function Deployment (QFD)²⁰ kann die komplette Entwicklungsphase eines Produktes vom Kundenwunsch bis zur Fertigung abgedeckt (siehe Abbildung 6: Qualitätsmanagement-Methoden in der Entwicklungsphase) werden.

Da die Qualität weitgehend in der Planungsphase eines Produktes festgelegt wird, ist es wichtig genau hier mit der Qualitätsplanung zu beginnen. Aus diesem Grund beginnt man beim QFD damit, die Kundenwünsche in Produktmerkmale umzusetzen.

Der gesamte Prozess des QFD teilt sich in vier Phasen²¹ auf, welche aufeinander aufbauen. Dabei werden in jeder Phase folgende Fragestellungen, welche als Team bearbeitet werden müssen.

- Was wird gefordert?
- Wie werden die Forderungen erfüllt?

Das ÄWieÄ (Ergebnis) der vorigen Phase dient der nächsten Phase immer als Grundlage für das ÄWasÄ (Eingangsdaten). Die Teammitglieder sollten aus den verschiedensten Bereichen (z.B.: Marketing, Konstruktion, Qualitätswesen, Fertigung oder Service) kommen.

Phase 1 ist die Produktplanung. Hier werden die Kundenanforderungen in messbare Produktmerkmale und technische Größen umgesetzt und deren Werte bestimmt.

In der Phase 2 werden die benötigten Komponenten, beziehungsweise die Konstruktion geplant. Die Produktmerkmale werden in Qualitätsmerkmale einzelner Baugruppen oder Komponenten umgesetzt.

Aus diesen Ergebnissen werden danach in der Phase 3 die Prozessmerkmale und die dazugehörigen Parameter für die Prozess- und Prüfabläufe abgeleitet.

Als letzte Phase kommt die Produktionsplanung. Aus den gewonnen Ergebnissen werden schließlich die benötigten Arbeits- und Prüfanweisungen erstellt.

²⁰ auch bekannt als ÄHouse of QualityÄ

²¹ vgl. Vorlesung Prof. Dr. rer .pol. Klaus VollertÄ Qualitätsmanagement

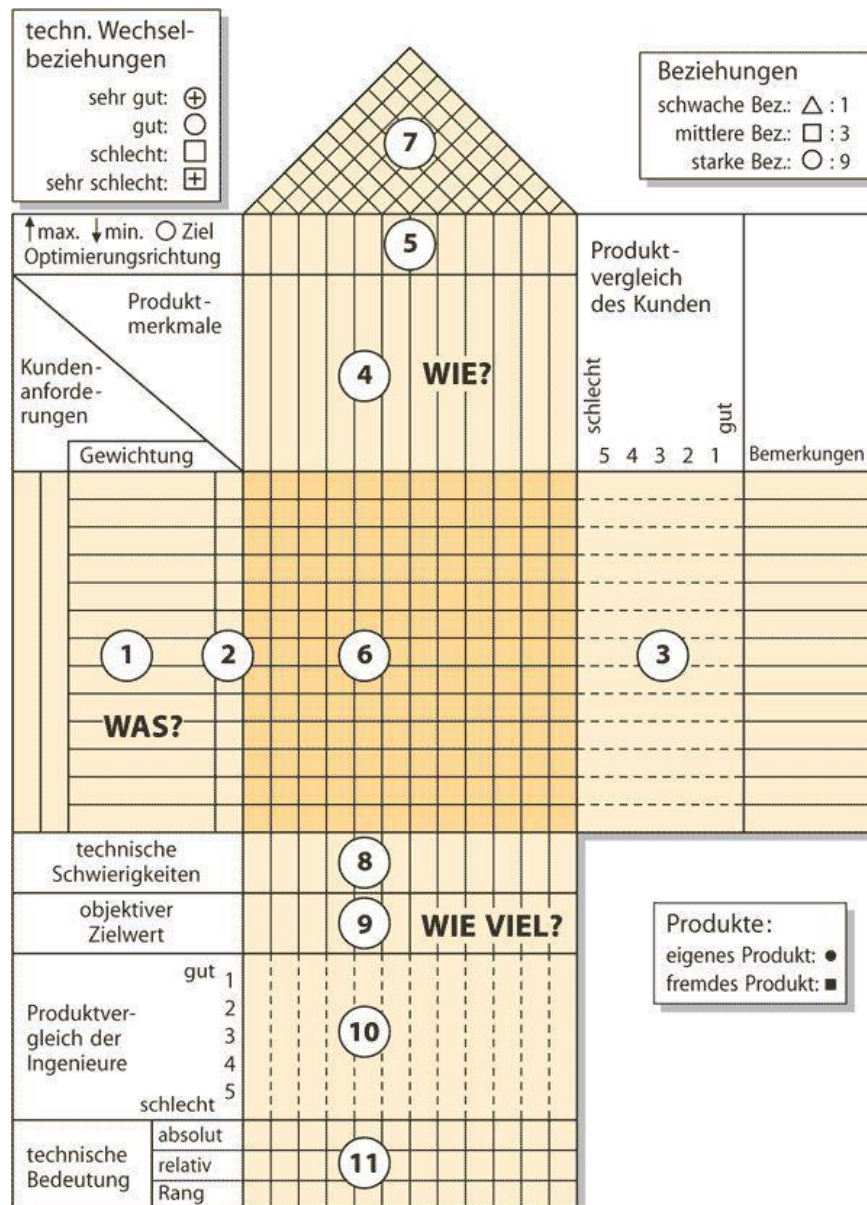


Abbildung 7: House of Quality²²

In Abbildung 7: House of Quality kann man den Aufbau einer Phase sehr gut erkennen. Beginnend von links werden vorerst die Kundenanforderungen [1] ermittelt. Dabei ist es wichtig, dass man den gewünschten Kundenkreis und deren Vorstellungen sehr gut kennt.

Da nicht alle Kundenanforderungen dieselbe Priorität haben, müssen diese durch eine Skala von eins bis zehn bewertet werden [2]. Um die Vorzüge des eigenen Produktes besser feststellen zu können, sollte im Anschluss ein Produktvergleich aus Kundensicht

²² vgl. QZ-Online.de – Qualitätsfunktionen-Darstellung (QFD) 30.05.2013

mit den Konkurrenzprodukten angestellt werden [3]. Daraus kann man die Stärken und Schwächen des eigenen Fabrikats sehr gut erkennen.

Im Anschluss werden die technischen Produktmerkmale, welche zur Befriedigung der Kundenanforderung beitragen, eruiert [4]. Zusätzlich zu den ermittelten Merkmalen werden danach die Verbesserungsmöglichkeiten [5] festgelegt und eine Beziehungsmatrix erstellt [6][7].

Nun wird ein Leistungsvergleich angestellt und die technischen Schwierigkeiten bestimmt und bewertet [8]. Um das Produkt zu verbessern, werden Zielwerte aus den Kundenanforderungen festgelegt [9].

Parallel zu Schritt 3 wird auch ein Produktvergleich aus technischer Sicht durchgeführt [10]. Dazu werden die Konkurrenzprodukte mit den festgelegten Maßgrößen (aus Schritt 9) vermessen. Werden die Produkte miteinander verglichen, sollte das eigene Fabrikat den anderen überlegen sein. Die Kundenanforderungen werden gewichtet und mit der Bewertung aus der Beziehungsmatrix multipliziert und spaltenweise aufgerechnet. Daraus ergibt sich dann die Bedeutung des jeweiligen Produktmerkmals. Aufgrund dessen kann nun eine Rangfolge der Merkmale erstellt werden. Die wichtigsten gelten als kritisch; sie kommen in die nächste Phase der QFD und bilden hier die Ausgangsdaten[11]²³.

Zusammengefasst kann man sagen, dass im QFD alle relevanten Informationen vom Kunden und von Konkurrenzprodukten gesammelt werden. Die Hauptaufgabe liegt dabei in der Priorisierung der Kundenanforderungen und der technischen Ziele, welche im Produktentstehungszyklus seitens der Konstruktion verarbeitet werden müssen. Neben der verbesserten Qualität des Produkts wird dadurch auch eine Annäherung an die Kundenwünsche betreffend die Produktleistungen gewährleistet.

2.3.1.2.2 Konstruktions-FMEA²⁴

Fehler die während der Produktion oder erst beim Kunden auftreten, verursachen bei deren Beseitigung hohe Kosten. Diese hinterlassen nicht nur im eigenen Unternehmen einen gewissen Wehmut, sondern verursachen auch beim Kunden ein schlechtes Bild des Produktes. Um diesem Entgegen zu wirken, wurde ein präventives Werkzeug der Qualitätssicherung zur frühzeitigen Erkennung von Schwachstellen mit dem Namen Fehler-Möglichkeiten-Einfluss-Analyse (FMEA) geschaffen. Dabei sollen bereits in den frühen Phasen des Produktes (Produkt-, Prozessplanung und -entwicklung) mögliche Fehler ermittelt und analysiert werden.²⁵ Als Ergebnis werden die Fehler und deren Ursachen auf-

²³ vgl. Jutta Saatweber i Kundenorientierung durch Quality Function Deployment; S.72ff

²⁴ FMEA = Fehler- Möglichkeits- Einfluss- Analyse

²⁵ vgl. QZ-Online i Fehlermöglichkeits- und i einflussanalyse (FMEA) nach QS-9000

gezeigt und danach bewertet. Zum Schluss werden Maßnahmen zu ihrer Bereinigung ergriffen. Neben dem Hauptziel der Fehlererkennung tragen die Ergebnisse der FMEA auch zur zukünftigen Fehlerprävention bei, da diese in weitergehende Aufgaben, wie zum Beispiel Prüfmerkmale, einfließen.

Die FMEA kann dabei in verschiedene Arten eingeteilt werden:²⁶

- Konstruktions-FMEA
- System-FMEA
- Prozess-FMEA
- uvm.

Die Konstruktions-FMEA, oftmals auch Design-FMEA genannt, wird in der Konstruktions- und Konzeptionsphase des Produktlebenszyklus angewendet. Dabei werden potentielle Schwachstellen der Bauteile aber auch des Konstruktionsprozesses analysiert, bzw. deren mögliche Ursachen aufgedeckt.

Aufgrund der Übersichtlichkeit von 3D-Modellen können diese zur Erstellung von FMEA einen großen Beitrag leisten. Die Fehler-Möglichkeiten-Einfluss-Analyse soll in diesem Fall kurz vor Abschluss der Konstruktionsarbeit, also bevor die Komponenten zur Fertigung freigegeben werden, erstellt werden. Hier können bewegliche Bauteile nochmals simuliert und auf Kollisionen überprüft werden. Des Weiteren kann durch den hohen Detaillierungsgrad der Modelle die Passgenauigkeit von Verbindungselementen und deren Montierbarkeit überprüft werden.

				Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse						Teilname		Teilnummer			
				Konstruktions-FMEA ☒		Prozeß-FMEA ☐				Spannstation Förderband		FGSS1224			
				Bestätigung durch betroffene Abteilungen und/oder Lieferant			Name/Abt./Lieferant			Modell/System/Fertigung		Techn. Änderungsstand			
										SB26					
						Erstellt durch(Name/Abt.)		Datum		Überarbeitet Datum					
						Tissot René		11.06.2013							
Systeme/Merkmale	Potentielle Fehler	Potentielle Folgen des Fehlers	D	Potentielle Fehlerursachen	Derzeitiger Zustand				Empfohlene Abstellmaßnahmen	Verantwortlichkeit	Verbesserter Zustand				
					vorgesehene Prüfmaßnahmen	Auffrassen	Beobachtung	Eingrenzung			Risiko-Priorität s- zahl (RPZ)	getroffene Maßnahmen	Auffrassen	Beobachtung	Eingrenzung
Spannweg	zu hohe Gurtdehnung, sodass der Spannweg nicht ausreicht	zu hoher Gurtdurchhang, rutschen der Antriebstrommel		falsche Gurtdehnungsberechnung, falsche Spannstation ausgewählt, bauseitiger Platzmangel	nachrechnen		6	8	5	240					
Spanngewicht	Spanngewichtskorb ist zu klein	zu hoher Gurtdurchhang, rutschen der		falsche Gewichtsberechnung	nachrechnen		6	6	5	180					
Montagefehler	Montierbarkeit der Spannstation nicht gegeben	Bohrungen der Komponenten stimmen nicht überein		Verwendung von verschiedenen Lochabständen	Zeichnungsprüfung, Quervergleich, Analyse des 3D-Modells ohne Verbindungselemente		3	4	8	96					

Abbildung 8: Beispiel Konstruktions-FMEA

²⁶ vgl. Vorlesung Prof. Dr. rer .pol. Klaus Vollert i Qualitätsmanagement

Mittels Teamarbeit wird ein zentrales Formblatt (Abbildung 8) mit verschiedenen potentiellen Fehlern in einem Unternehmen erstellt. Daraufhin werden deren Folgen und Ursachen untersucht und darin vermerkt. Anschließend werden daraus die Auftrittswahrscheinlichkeit, die Bedeutung für den Kunden und die Entdeckungswahrscheinlichkeit bewertet. Durch Multiplikation der Bewertungen wird im Anschluss eine Risikoprioritätszahl errechnet.

2.3.1.2.3 Design Reviews

Ein Design Review kann und soll über den gesamten Produktentwicklungsprozess eingesetzt werden. Bei dieser Methode wird immer der aktuelle Entwicklungsstand eines Projekts mit den Kundenforderungen abgeglichen. Dabei soll sichergestellt werden, dass die Kundenforderungen erfüllt und die Produktqualität verbessert wird. Des Weiteren sollen Fehler und Abweichungen frühzeitig erkannt werden, damit rasch entgegengesteuert werden kann. Reduziert man die Anzahl der konstruktiven Änderungen, kann man neben der Verkürzung der Entwicklungszeit auch die Änderungskosten minimieren.

Ein Design Review kann mithilfe eines modernen 3D-CAD-Programmes sehr rasch erstellt werden. Im Falle des betrachteten Unternehmens können in der Projektierungsphase Dummies (vereinfachte 3D-Modelle, welche den erforderlichen Bauraum ausfüllen und die groben Abmaße, sowie Befestigungspunkte der Anlagenkomponente definieren) eingesetzt werden. Mit diesen kann sich der Kunde ein Bild von der Lage der Komponenten machen und die Anordnung der Geräte überwachen. Beim Design Review wird nun durch wenige Klicks im CAD-Programm der Dummy gegen das detailliertere Modell ersetzt. Nun kann man sehr rasch erkennen, ob zum Beispiel alle Schnittstellen zum Stahlbau oder anderen Komponenten eingehalten wurden. Sind Kollisionen oder Abweichungen aufgetaucht, kann das Problem nun sehr rasch identifiziert und mithilfe von intelligenten Bauteilen korrigiert werden. Sind die beiden Modelle, der Dummy und das detaillierte 3D-Modell, miteinander verknüpft, so ist ein Abgleich sehr rasch durchführbar.

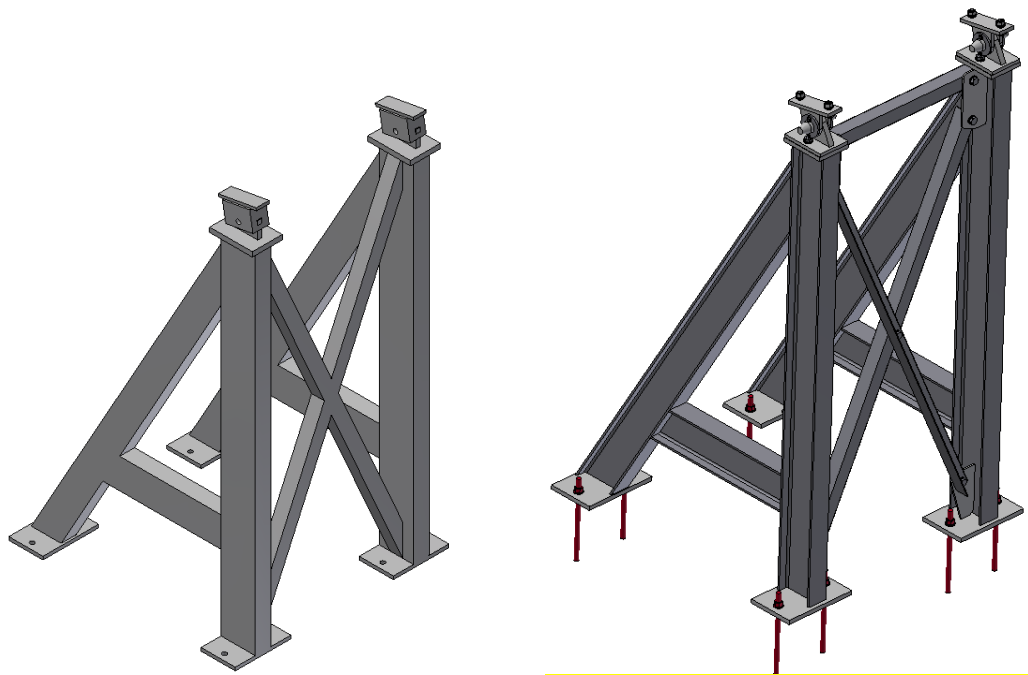


Abbildung 9: Vergleich Dummy (links) und Detailmodell (rechts)

Ein Abgleich von Projektplan und Anlagenkomponente kann auch bei 2D-Zeichnungssysteme durchgeführt werden, allerdings ist dies nur sehr mühsam und zeitaufwendig durchführbar. Daher wird es oft vernachlässigt und es kommt immer wieder zu Qualitätseinbußen und somit zu Abweichungen zwischen dem Projekt und dessen Detailpläne.

Design Reviews werden meist in Form von Gruppenarbeiten abgehalten, da so das Know -How mehrerer Teilnehmer zusammenfließt und somit die Qualität des Produktes wiederum steigt. Der Durchführungszeitpunkt ist dabei in den meisten Fällen meilensteinorientiert und soll im Projektterminplan fixiert sein. Um das Niveau der Produkte noch weiter zu erhöhen, können unternehmensintern Checklisten in Form von Fragekatalogen vorbereitet werden. So wird das Risiko von unkontrollierten Meilensteinen minimiert.



Checkliste für Design Review

Projekt-Name:					
AB-Nummer:					
Positionsnr.:					
Zeichnungsnr.:					

durchgeführt von	
Datum	

Nr.	Prüfpunkt	JA	NEIN	Handlungsbedarf	Bemerkung
1	aktuellste Zeichnung & Stückliste vorhanden				
2	Kontrolle Abstützpunkte				
3	Kontrolle Störkanten				
4	Kontrolle GVL mit STKL				
5	Getriebemotor				
6	Getriebemotor korrekte Antriebsseite				
7	Schieflaufschalter				
8	Seilzugnotschalter				

Abbildung 10: Muster Design Review i Checkliste

2.3.1.3 Target Costing

Unter dem Target Costing versteht man marktorientiertes Zielkostenmanagement, welches bereits in der frühen Phase der Entwicklung eingesetzt wird²⁷. Dabei sollen Produkte zu dem vom Kunden angestrebten Preis entwickelt und produziert werden.

Aus der Sicht der Firma Doubrava erfolgt die Konstruktion und Planung der Anlagen nach den vom Kunden gewünschten Anlagenmerkmalen, beziehungsweise der Merkmale deren Komponenten. Bereits in der Verkaufsphase werden grob die benötigten Einzelkomponenten ermittelt und für die weiteren Prozesse festgelegt. Da bereits hier die Eckdaten der Anlage fixiert sind, wird die Produktentwicklung und Konstruktion von Anfang an in die Richtung des Target Costings getrieben. Die frühzeitige SOLL-Kostenfixierung bedeutet natürlich eine große Herausforderung für das Unternehmen, da oftmals mit nur wenigen Fehlern der Deckungsbeitrag des Projektes sinkt. Aus diesem Grund ist es wichtig durch eine gute CAD-Struktur und eine qualitativ hochwertige Konstruktion abgesichert zu sein.

2.3.2 Konstruktionsarten

Aufgrund der Tatsache, dass nicht jede Anlage oder Maschine gleich ist und dieselben Funktionen besitzt, ist es nötig zwischen verschiedenen Kategorien zu entscheiden. Um hierfür ein besseres Verständnis zu bekommen, werden diese nun detaillierter beschrieben und in der folgenden Grafik ihrer Häufigkeit zugeordnet.

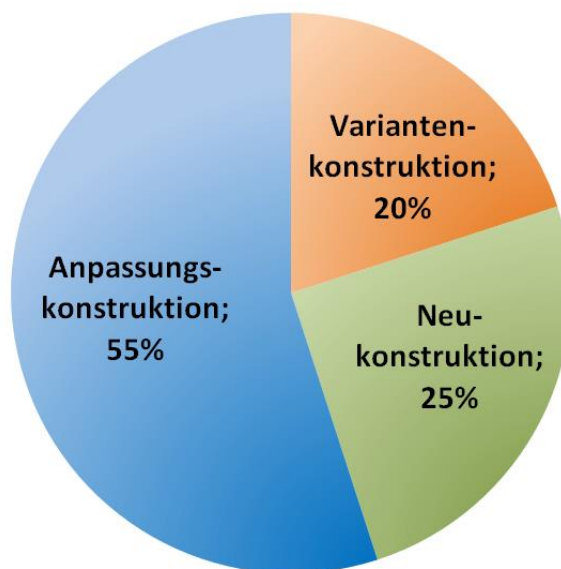


Abbildung 11: Aufteilung der Konstruktionsarten²⁸

²⁷ vgl. Klaus Ehrlenspiel, Alfons Kiewert, Udo Lindemann: Kostengünstiges Entwickeln und Konstruieren, S.50ff

2.3.2.1 Neukonstruktion

Von einer Neukonstruktion wird gesprochen, wenn ein prinzipiell neues Problem zu lösen ist, oder wenn eine komplett neu entwickelte Lösung notwendig ist. Es liegen dem Konstrukteur keine bestehenden Entwürfe aus vorangegangenen Projekten vor und er/sie muss eine neue Technologie, neue Methoden oder neue Werkstoffe entwickeln, mit welchen er/sie zur Lösung kommt.

Eine Neukonstruktion muss alle drei Phasen (Konzipieren, Entwerfen und Ausarbeiten) im Entwicklungsprozess durchlaufen²⁹.

Aus der Sicht eines Unternehmens, welches zu mehr als 75 % ähnliche Bauteile immer wieder verbaut, sollte man darauf achten, dass man so wenig wie möglich neue Bauteile und Baugruppen entwickelt und so oft wie möglich auf die vorhandenen Bausteine zurückgreift. Dies hat den Vorteil, dass man sich sehr viel Geld und zeitliche Kapazitäten erspart.

2.3.2.2 Änderungs-, Anpassungskonstruktion

Hierbei werden bestehende Konstruktionen weiterverwendet und an die örtlichen Gegebenheiten oder Kundenwünsche angepasst³⁰. Es können dabei einzelne Funktionen der Baugruppe durchaus Neukonstruktionen sein, aber zum Großteil bleibt dies nur eine Anpassungsarbeit des bestehenden Produktes an den Markt. Man spricht auch von Änderungskonstruktionen, wenn die Bauteile nach einem anderen Fertigungsverfahren abgeändert werden.

Im betrachteten Unternehmen werden hierbei meist bestehende Baugruppen an die kundenspezifischen Bedingungen oder Wünsche (andere Werkstoffe, Einbausituationen, Prozessabläufe, etc.) angepasst.

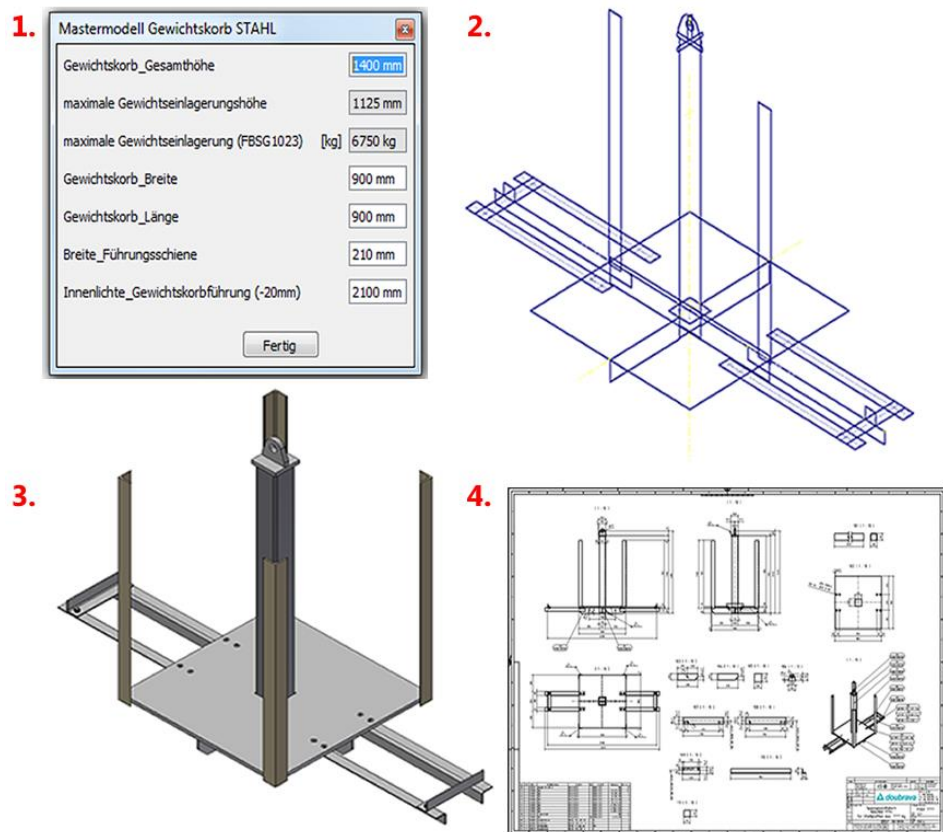
Bei dieser Variante von Konstruktionen ist die Verwendung von intelligenten Baugruppen in einem 3D-Modell von Vorteil. Es kann mittels weniger Änderungen an Parametern eine neue Baugruppe erzeugt werden. Die veränderten Werte führen durch wenige Mausklicks zu einer raschen Abänderung aller zugehörigen Bauteile und der Fertigungszeichnungen.

Wird von Anfang an in diesen Bereich der Konstruktionen etwas Zeit investiert und dadurch verschiedenste intelligente rechnerunterstützte Baugruppen erstellt, kann man sich als Unternehmen sehr viel Geld ersparen.

²⁸ lt. einer VDMA-Umfrage

²⁹ vgl. Klaus Ehrlenspiel in Integrierte Produktentwicklung; S.259ff

³⁰ vgl. Volker Lingnau in Variantenmanagement: Produktionsplanung im Rahmen einer Produktdifferenzierungsstrategie



**Abbildung 12: Muster Halbautomatisierte Änderungskonstruktion
(Bsp.: Spanngewichtskorb)**

In der Abbildung 12 kann man diesen Vorteil sehr gut erkennen. Beim betrachteten Anlagenbauer wurde zum Beispiel für einen Spanngewichtskorb eine fast vollautomatische Baugruppe erstellt. Meist werden hier die Parameter Länge, Breite, Höhe und die Dimension der Profile im Mastermodell (rechts oben) verändert und dadurch die Baugruppe inklusive aller Bauteile und deren Fertigungszeichnungen automatisch aktualisiert. Es ergibt sich nun eine hohe Zeitersparnis, wie man in der folgenden Tabelle erkennen kann.

Tabelle 1: Vergleich Neu- und Anpassungskonstruktion

	Neukonstruktion	Änderungskonstruktion
geschätzte Konstruktionszeit im 2D i Programm	ca. 3 h	ca. 1,5 h
geschätzte Konstruktionszeit im 3D i Programm	ca. 2 h	ca. 10 i 15 min

Wird diese Zeitersparnis in Kosten um- und auf ein komplettes Jahr aufgerechnet, ergeben sich nun Kosten von etwa 2000 € (**Annahme sind 30 Stück/Jahr; Stundenlohn 50€/h**).

Wird nun dieses Verfahren bei vielen anderen Bauteilen auch verwendet, so summiert sich hier ein sehr hohes Potential zur Kostenersparnis.

2.3.2.3 Variantenkonstruktion

Bei der Variantenkonstruktion sind Gestalt, Funktionsstruktur und Werkstoff der Baugruppe im Vorhinein schon festgelegt und dabei nur bestimmte Parameter zur Veränderung freigegeben.

Wird in einem Unternehmen ein sogenanntes Baukasten- oder Baureihensystem aufgebaut, kann der Anteil der Variantenkonstruktionsweise von 20 Prozent auch sehr leicht erhöht werden.

Aus diesem Grund wurden bei dem betrachteten Anlagenbauer zum Beispiel im Bereich Förderbänder die Bandbreiten und die Tragwerkskonstruktion als Baureihen fixiert. Hier gibt es zum Beispiel nur folgende standardmäßige Bandbreiten: 500, 650, 800, 1000, 1200, 1400 und 1600 Millimeter. Durch diese Abstufungen kann man sich sehr leicht einen Baukasten aufbauen und durch Sachmerkmale kennzeichnen.

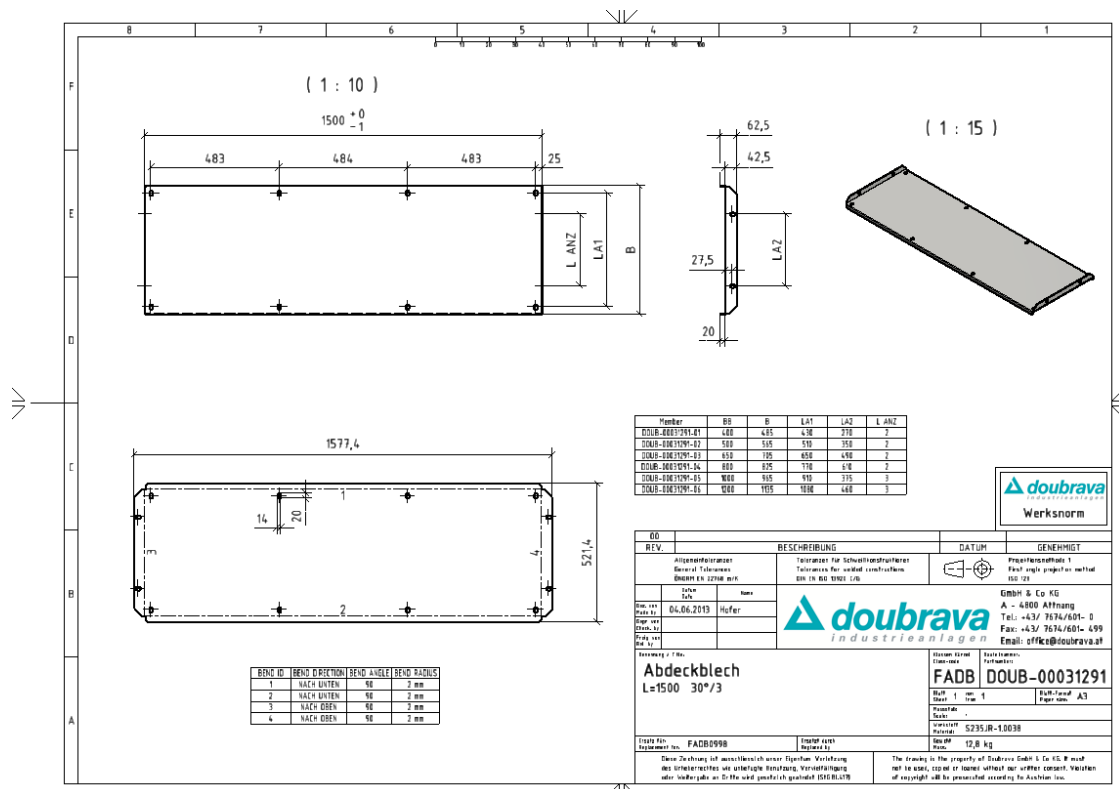


Abbildung 13: Muster einer Teilefamilie

Bei einer rechnerunterstützten Konstruktion mit Baureihen kann man auch Teilefamilien verwenden. Um eine Teilefamilie zu erstellen, wird nur ein Bauteil für eine Baureihe erstellt. Die restlichen Baureihen werden dann in Form einer Tabelle generiert (siehe Abbildung 13 rechts-Mitte), welche die veränderbaren Parameter beinhaltet. Dabei hat man den Vorteil, dass bei Änderungen des Erstteiles die restlichen Teile automatisch mit abgeändert werden.

2.4 Risikomanagement

In den meisten Fällen gleicht kein Projekt einem anderen, sie beinhalten meist Innovationen und sind experimentell, daher kann man im Vorhinein nie wissen was einem die Zukunft bringt. Aus diesem Grund ist das Risikomanagement in der Abwicklung von Projekten ein heikles Thema auf das man nicht verzichten sollte.

Jedes Projekt bedeutet neue Risiken, welche immer neue und eventuell noch größere Herausforderungen bedeuten können. Daher sollte der Startschuss für ein gutes Projekt- und Risikomanagement bereits in der Verkaufsphase fallen.

Folgende Faktoren³¹ nehmen einen großen Einfluss auf das Risiko im Projektmanagement:

- je weiter man von einem Standardprodukt entfernt ist
- umso länger ein Auftrag dauert
- umso größer der Entwicklungsbedarf oder Konstruktionsaufwand
- je mehr Änderungen im Projekt
- umso größer der Finanzierungsaufwand
- je mehr Abteilungen im Betrieb und Zulieferer am Projekt teilnehmen
- uvm.

Je früher ein solches Risiko erkannt und abgeschätzt werden kann, desto besser kann man darauf reagieren und somit auch viele Stunden an Mehrarbeit und Kosten verhindern.

Bereits bei der Auswahl eines neuen CAD-Systems und dessen Einführung sollte ein Risikomanagement angewandt werden, daher sollte man die soeben beschriebenen Punkte auch hier beachten. Um den bestmöglichen Erfolg des Projektes „CAD-Optimierung durch Modernisierung“ zu ermöglichen, sollte man das Projekt bereits im Vorhinein gut durchdenken und eine passende Strategie wählen. Dabei kann der Verlauf der Kosten des Projektes ebenso, wie bei der Entwicklung eines Produkts, wie in der folgenden Grafik dargestellt werden.

³¹ Konstruktionspraxis | Vogel Business Media - Studie Projektcontrolling und Projektrisikomanagement im Anlagenbau 28.06.2013

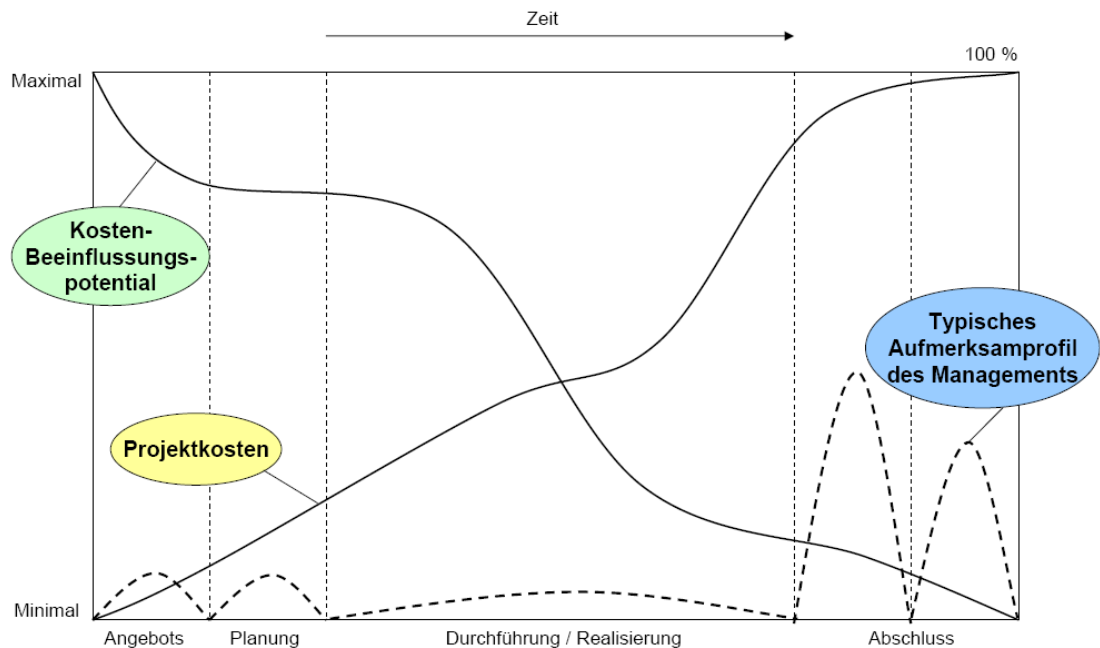


Abbildung 14: Kosteneinflussverlauf³²

In dieser Grafik (Abbildung 14) kann man den Kostenaufwand und Einfluss von Änderungen in einem Projekt sehr gut erkennen. Je länger ein Projekt bereits andauert, umso kleiner werden die Möglichkeiten zur Kostenregulierung, und umso höher können sich Änderungen auf die Kosten auswirken.

Je früher die Gefahren und Probleme erkannt werden können, umso leichter kann man noch eingreifen und sie eventuell sogar noch abwenden. Damit kann man sich als Unternehmen auch eine Menge an Geld sparen. Diese Folgerung wird auch durch das sogenannte *Pareto-Prinzip*³³ festgehalten. Laut der Theorie des italienischen Wissenschaftlers Vilfredo Pareto benötigen etwa 80 % der gesamten Aufgaben eines Projektes etwa 20 % der kompletten Zeit. Dies trifft natürlich auch auf mögliche Änderungen in einem Projekt zu. Das Projekt selbst benötigt in Relation gesehen nicht viel Zeit, aber kommen Änderungen (wenn auch nur kleine) hinzu, ist der benötigte Zeitanteil viel größer. Um nicht zu viel Zeit zu verlieren, sollte man daher eine Priorisierung der Risiken erstellen und sich nur auf etwa 80% der wichtigsten Risiken konzentrieren

Aus diesem Grund kann ein gutes Management bereits in der Anfangsphase viel dazu beitragen, ob ein Projekt positiv oder negativ abschneidet.

³² FH-Joanneum - Projektumfeld und -risikoanalyse als wesentliche Erfolgsfaktoren im Internationalen Projektgeschäft

³³ Pareto Prinzip; 1897

Um die Schwierigkeiten der Projektwelt bestmöglich im Griff zu behalten, ist die Konstruktion gefordert. Aus diesem Grund ist es hier nötig optimale Hilfsmittel zu besitzen, mit welchen man die Projektänderungen schnellstmöglich und mit dem geringsten Aufwand durchführen kann.

Fast immer haben die Kunden das Motto „Zeit ist Geld“ und wollen somit am liebsten sofort nach der Auftragsvergabe schon ihre gekaufte Anlage erhalten. Daher sind die Durchlaufzeiten für ein Projekt knapp kalkuliert.

Das Problem mit einem zu knapp kalkulierten Liefertermin und extremem Terminstress kann man leider fast nie vollständig eliminieren, allerdings kann man versuchen es so gut wie möglich zu verringern. Aus diesem Grund sollte im Unternehmen versucht werden, dass nur die bestmöglichen (unter Berücksichtigung des Preis-Leistungs-Verhältnisses) Werkzeuge verwendet werden.

In diesem Fall eignet sich ein 2D-CAD-Programm nur sehr wenig. Es bestehen zwischen den einzelnen Ansichten und Bauteilen keine Zusammenhänge. Änderungen sind daher immer sehr aufwendig und fehleranfällig. Bei der Verwendung eines 3D-Systems sind all diese Nachteile nicht gegeben, und somit ist dies zu bevorzugen. Bei diesem System sind alle Bauteile miteinander verbunden, Baugruppen miteinander verlinkt und die einzelnen Ansichten auf den Zeichnungen werden automatisch aus dem 3D-Modell generiert. Dies hat den Vorteil, dass der Zeitbedarf für Änderungen sehr gering ist und durch die Tatsache, dass alle Änderungen an den Teilen in allen Modellen automatisch aktualisiert werden, auch qualitativ hochwertiger ist.

2.5 IST i Analyse im Betrieb

Um für die Optimierung des Konstruktionsprozesses und zur Analyse der Auswirkungen eines CAD-Programmes eine Basis zu schaffen, werden im folgenden der aktuelle IST-Stand im Betrieb und die vorhandenen Prozesse genauer betrachtet.

Im Anlagenbau (speziell in der Fördertechnik) stellt jede Anlage nahezu ein Unikat dar. Dabei kann man davon ausgehen, dass etwa 70 i 80 % der Anlage kundenspezifischen Anforderungen (Fördermenge, Fördergut, örtliche Bedingungen, etc.) und Sonderwünschen entsprechen und daher neu zu konstruieren sind. Da aber die einzelnen Komponenten der Anlagen immer wieder etwas ähnlich sind, können diese vielfach wiederverwendet und den Wünschen des Kunden angepasst werden. Aus diesem Grund besteht hier ein sehr hohes Potential der Kosten- und Zeiteinsparung. Die restlichen Komponenten der Anlage bestehen aus Norm- und Zukaufteilen.

Durch die teilweise Wiederverwendbarkeit mancher Komponenten und Bauteile, stellt sich in fast jeder Abteilung die Frage, was weiterverwendet, oder adaptiert werden kann. Um diese Frage leicht beantworten zu können, ist es notwendig, dass in einem Betrieb nach bestimmten Regeln gearbeitet wird und somit eine Ordnung im Datenablage-System

herrscht. Bauteile, welche von einem anderen Bauteil abgeleitet wurden oder Ähnlichkeiten zu anderen Bauteilen besitzt, sollten einer bestimmten Klassifizierung zugeordnet werden. Somit erleichtert man allen im Prozess beteiligten Abteilungen und Personen die Weiterbearbeitung.

Um die nun folgende Beschreibung des IST-Zustandes im Unternehmen besser verstehen zu können, ist es wichtig zu wissen welche Software im Unternehmen standardmäßig installiert ist:

Tabelle 2: IST-Softwareübersicht im Unternehmen

	Programmname	Betriebssystem
CAD-System	GMS-Works	Linux
CAD-Datenarchivierung	eigenprogrammiertes Archiv	Linux
ERP-Programm	PSI-Penta	Windows
Restliche EDV-Software	Lotus Notes, etc.	Windows

Um den Ablauf eines Projektes, inklusive dessen Prozesse und Vorgänge, besser darzustellen zu können, ist in der Abbildung 15 ein grobes Ablaufschema aus dem Unternehmen abgebildet. Mit Hilfe dieser Prozesskette und der anschließenden Beschreibung wird ein grobes Bild des Einflusses der CAD-Welt auf andere Abteilungen im Unternehmen geschildert. Somit sollte ersichtlich werden, inwieweit sich auch eine CAD-Umstellung im Betrieb auswirkt.

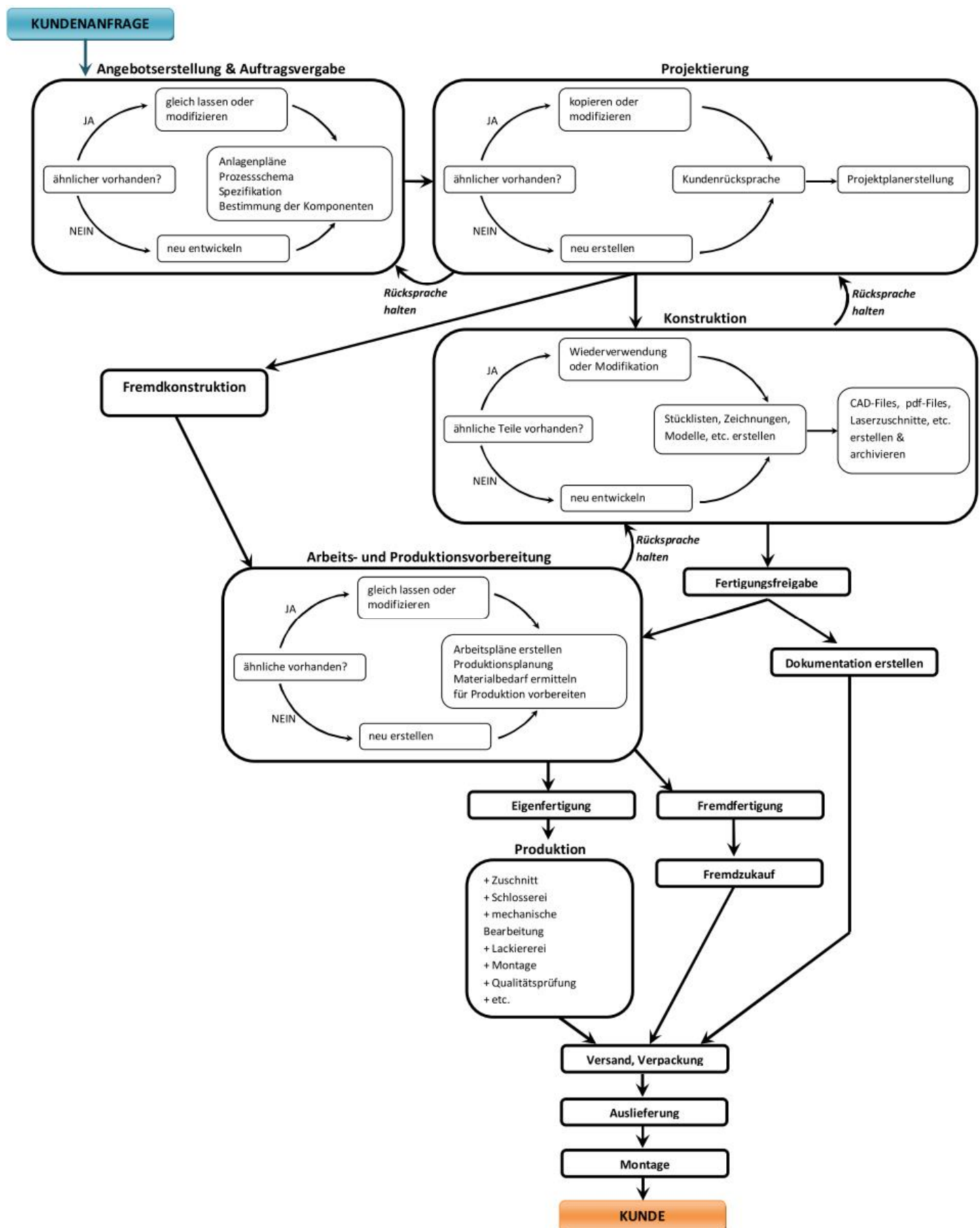


Abbildung 15: Schema Produktentstehungsprozess

Am Beginn der kompletten Prozesskette eines Projektes steht die **Kundenanfrage**. Sobald diese vorliegt, beginnt sich das ganze Rad im Unternehmen zu drehen. Bei der Anfrage werden verschiedenste grobe Konzepte für die gewünschte Anlage erstellt und kalkuliert. Der Aufwand dabei ist sehr stark abhängig davon, ob von bereits durchgeführten Projekten die Erfahrungswerte weiterverwendet und abändert werden können, oder ob alles neu kalkuliert werden muss.

Kommt es schließlich zum Auftrag, wird das gesamte Projekt weitergereicht in die **Projektierung** und dabei ein Projektleiter bestimmt. Dieser beginnt nun Projektpläne zu erstellen und die geforderten Eigenschaften der Anlage weiter zu detaillieren. Dabei ist es natürlich immer nötig mit dem Kunden und dem Verkauf Rücksprachen zu halten. Das Ziel dabei ist die Erstellung von exakten Planungsunterlagen und Projektplänen mit fixierten Anschlussmaßen und den Grobabmessungen der Anlagen, welche bereits im CAD erstellt werden. Diese müssen natürlicherweise immer wieder mit dem Kunden abgeglichen und von diesem schließlich auch freigegeben werden. Die Erstellung der Pläne erfolgt zurzeit noch mittels der Unterstützung von einem etwas in die Jahre gekommenen 2D-CAD-Programms, welches nur auf dem Betriebssystem Linux funktioniert. Da die restlichen Arbeiten und Computerprogramme auf der Basis von Windows laufen, ist man im Unternehmen gezwungen, dass auf jedem Arbeitsplatz zwei verschiedene Systeme installiert sind (siehe auch Tabelle 2), was natürlich auch die Handhabung der Systeme sehr umständlich macht.

Nach der Freigabe durch den Kunden werden die Unterlagen an das **Konstruktionsbüro** weitergereicht. Hier wird anschließend die komplette Anlage bis ins Detail ausgearbeitet und daraus die verschiedensten Fertigungszeichnungen erstellt. Als Basis für die Detailpläne werden dabei die 2D-CAD-Zeichnungen von der Projektierung weiterverwendet. Dazu werden diese Pläne kopiert und weitere Details und Ansichten hinzugefügt. Da hier die bestehenden Pläne weiterverwendet werden, ist es im Falle einer Revision des Projektplanes nach der Freigabe sehr schwierig und sehr aufwendig alle bereits davon abgeleiteten Zeichnungen auch abzuändern. Dabei besteht eine sehr hohe Gefahr, dass Änderungen nicht überall eingearbeitet werden und somit Fehler passieren. Sind die Fertigungszeichnungen angefertigt, kann begonnen werden daraus die Stücklisten manuell abzuleiten. Es muss dabei jedes verbaute Blech, jede Schraube, etc. einzeln heraus gezählt und in die Stücklisten im ERP-System geschrieben werden. Da dieser Schritt immer manuell gemacht werden muss, kann es sehr leicht passieren, dass nicht alle Schraubenverbindungen erkannt werden und sich womöglich bei der Menge ein Fehler einschleicht. Nach der Fertigstellung der Stücklisten kommt es zur Datenarchivierung und der anschließenden Fertigungsfreigabe im ERP-System.

Werden Komponenten oder Teile der Anlage nicht im eigenen Unternehmen gefertigt (**Fremdkonstruktion**), so besteht die Möglichkeit diese an Engineering-Büros oder Zulieferer zu vergeben. Deren Auftragsgrundlage ist der bereits erstellte Projektplan, oder eventuell die vom Kunden zur Verfügung gestellten Spezifikationen. Da in den meisten Fällen diese Zulieferer nicht dasselbe CAD- und ERP-System verwenden, wurde vorab

festgelegt, dass zur Datenarchivierung der gekauften Leistungen dwg- und pdf-Dateien zu verwenden sind.

Sind nun alle Bauteile zur Fertigung freigegeben, kommen die Zeichnungen in die **Arbeitsvorbereitung**, wo sie für die Produktion vorbereitet werden. Da manche Komponenten nur geringfügig von bereits realisierten Geräten abgeändert worden sind, besteht wieder die Möglichkeit, dass die zugehörigen Arbeitspläne weiterverwendet und ebenfalls nur geringfügig an deren neue Abmaße oder Form angepasst werden müssen. Da dabei leider keine Informationen über die Abänderung von den bestehenden Datensätzen zur Arbeitsvorbereitung mitgehen, so trägt man dort das Risiko, dass manche Informationen bei den Arbeitsunterlagen falsch abgeändert werden oder verloren gehen. Bei der Erstellung der Arbeitsunterlagen für die Fertigung werden ebenfalls die Daten für die NC-gesteuerten Maschinen erstellt. Dabei müssen viele Konstruktionen seitens der Arbeitsvorbereitung neu erstellt werden, während ein Teil der Bauteile in der Form von dxf-Dateien weiterverwendet werden.

Parallel dazu kann die **Dokumentationsabteilung** bereits mit der Zusammenstellung der Montage-, Service- und Betriebsanleitung beginnen, welche später mit der fertigen Anlage dem Kunden in Papier und digitaler Form übergeben wird. Durch die zweidimensionalen Zeichnungen sind die Betriebs- und Wartungsanleitungen meist nur sehr schwierig und unübersichtlich zu lesen. Daher werden meist viele Detailansichten, welche einen Zusammenbau der Anlage ermöglichen, auf den Zeichnungen benötigt.

Sobald alle zur **Fertigung** benötigten Unterlagen erstellt worden sind, kann die Produktion beginnen. Die fertigen Bauteile werden anschließend verpackt und für den Transport zum Kunden vorbereitet.

2.5.1 Auswirkungen des jetzigen Systems auf den Betrieb

Durch den in Abbildung 15 gezeigten und anschließend beschriebenen Produktentstehungszyklus kann sehr gut gesehen werden, wie viele verschiedene Stationen ein Produkt von der Kundenanfrage bis hin zur Auslieferung durchläuft. Dabei ist es eine der größten Herausforderungen für Unternehmen, in kürzester Zeit die bestmöglichen Produkte zu niedrigsten Kosten zu entwickeln.

Die Komplexität der Zeichnungen im jetzigen CAD-System hat zur Folge, dass sie leicht fehleranfällig und auch für die weitere Verwendung im Produktenstehungs- und Fertigungsprozess nur bedingt automatisierbar und aufwendig zum Weiterverwenden sind. Jeder Schritt, welcher manuell getätigt werden muss, bremst die Konstrukteure und auch die restlichen Abteilungen bei ihrer Arbeit und verursacht unnötigen Zeitaufwand und Kosten.

Wo genau liegen die Defizite des bestehenden 2D-CAD-Systems?³⁴

Es sind viele manuelle Eingriffe in den Prozess notwendig, was wiederum viel Zeit und personelle Kapazitäten schluckt. Außerdem gilt, je weniger automatisiert werden kann, umso mehr Fehlerquellen schleichen sich ein und umso leichter kann eine Abweichung von der Zeichnung entstehen.

Um eine hohe Qualität der Produkte zu erreichen, ist es notwendig einen aufwendigen Kontroll- und Prüfungsprozess im Betrieb auszuführen. Ein Großteil der Prüfungen kann durch die Verlinkung der Bauteile und Gruppen in den Modellen umgangen werden, da man im dreidimensionalen Raum die Passgenauigkeit der Teile untereinander sehr leicht erkennen kann.

Durch die extrem hohe Erfahrung der Mitarbeiter und die zeitaufwendigen Kontrollprozesse wirken sich die Defizite des alten 2D-CAD-Systems nicht so dramatisch aus. Diese Mehrarbeiten verursachen aber einen hohen Kostenaufwand, welcher natürlich nicht außer Acht gelassen werden darf. Es ist dabei sehr schwierig und langwierig neue Mitarbeiter einzulernen und ihnen die Produkte bis ins Detail zu erklären. Dabei ist es notwendig, dass neue Mitarbeiter zur Einschulung in die Produkte eine gewisse Zeit in der Werkstatt beziehungsweise der Vormontage verbringen, wo sie einen Großteil der Anlagen genauer kennen lernen.

Jeder Arbeitsschritt und jede Tätigkeit, welche manuell zwischen ERP und CAD-System synchronisiert werden müssen, verursachen Fehlerquellen und erhöhte Arbeitszeit.

Da die 2D-CAD-Daten meist nicht mit anderen komplexen Berechnungsprogrammen zur Überprüfung der Festigkeit harmonisieren, hat man hier einen Mehraufwand, wenn Bauteile zum Beispiel einer FEM-Berechnung zu unterziehen sind.

Eine Wiederverwendung der Bauteile und die dafür notwendige Kollisionsprüfung ist nur bedingt, und nur durch enorme Disziplin möglich. Alle Bauteile, beziehungsweise deren Zeichnungen, müssen genauestens begutachtet, verglichen und kontrolliert werden. Bei der Abänderung von bestehenden Zeichnungen muss jede Ansicht und jede Detaildarstellung nacheinander bearbeitet und angepasst werden. Danach folgen die davon abgeleiteten Einzelteilzeichnungen und deren Zuschnitte³⁵. Nur so kann gewährleistet werden, dass diese auch zusammenpassen und nicht kollidieren. Diese Vorgehensweise kann man bei einer einfachen Betrachtung im 3D System sofort erkennen; sie sind voneinander abhängig und werden automatisch generiert und aktualisiert. Somit können hier hohe Bearbeitungsaufwände eingespart werden.

³⁴ vgl. Markus Knieps: Entwicklung von Konstruktionsrichtlinien für die Handhabung von 3D-CAD-Systemen zur Generierung komplexer Maschinenbaugruppen; S.20

³⁵ vgl. Andreas Meinken: Finite Elemente in der Praxis; S.2

Produktentwicklungen, welche auf Basis von 2D-CAD basieren, sind grundsätzlich gefährdet, einen verlängerten Fertigungszyklus zu benötigen. Der Grund dafür ist, dass die Bauteile in der Regel zu wenige Informationen beinhalten. Für die NC-Fertigung können nur einfachste Teile wiederverwendet werden, die restlichen müssen aufwendig in den einzelnen Maschinensystemen programmiert werden. Bei Verwendung von Drei- bis Fünfachsmaschinen fehlen in diesem Fall die dreidimensionalen Daten der Bauteile, somit müssen diese manuell noch einmal programmiert werden. Würde ein 3D-Programm verwendet werden, bestünde die Möglichkeit, diese direkt aus den Bauteilen zu importieren.

Komplexe Geometrie, welche im betrachteten Unternehmen sehr oft im Blechdesign von Übergabeschurren zwischen den Förderanlagen vorkommen, können im bestehenden System nur sehr schwer und nur mit hoher Konstruktionserfahrung erstellt werden.

Bei der Verwendung moderner CAD-Systeme bekommt man hier eine enorme Unterstützung, da diese meist ausgereifte Blechtools anbieten, welche dem Konstrukteur seine Arbeit enorm erleichtern.

Sehr umfassende Fertigungszeichnungen können oft nur durch intensive Betrachtung und hohe dreidimensionale Fähigkeiten des Betrachters verstanden werden. Hier kommt oftmals die Frage auf, wie diese Bauteile denn in der Realität aussehen sollen. Um das Verständnis einer Zeichnung rasch vervollständigen zu können, ist oft eine Nachfrage bei dem Konstrukteur oder Erfinder der betroffenen Zeichnung notwendig.

In vielen Fällen können Kunden mit zweidimensionalen Zeichnungen nicht mehr viel anfangen, da ihre kompletten Anlagen bereits auf 3D entwickelt worden sind. Daher ist die Einplanung der zugekauften Komponenten nur bedingt und durch einen extremen Mehraufwand möglich. In diesem Fall muss von der Zeichnung ein 3D-Modell abgeleitet werden und kann erst danach eingeplant werden. Durch das Verwenden eines zweiten Systems, welches mit dem ersten nicht kompatibel ist, ist ein extremes Risikopotential gegeben. Abgesehen davon können schöne 3D-Bilder viel leichter den Kunden überzeugen als eine plumpe 2D-Zeichnung, welche oft viele Details verbergen.

Auf Grund der eben genannten Fehlerpotentiale und erhöhten Aufwände ist ein Umstieg auf ein modernes CAD-System, in dem so viele Tätigkeiten wie möglich automatisiert werden können, unumgänglich. Um dieses System optimal zu nutzen, ist es des Weiteren nötig, ein dazu passendes PDM System einzuführen. Die ganzen Konstruktionsprozesse wirken sich natürlich auch auf den kompletten Betrieb aus. Aus diesem Grund ist es möglich im Zuge dieser Umstellung eine komplette Prozessoptimierung im gesamten Betrieb durchzuführen.

2.5.2 Anforderungen an das (neue) CAD-System

Da ein CAD-System das wichtigste Arbeitsinstrument in der Projektierung, Entwicklung und Konstruktion ist, ist es wichtig, dass das Unternehmen für seine Zwecke über ein op-

timales Werkzeug verfügt. Nur durch die richtige Auswahl des Hilfsmittels kann es somit zu einer Kostenreduktion und Effizienzsteigerung im Betrieb kommen.

Aus den vorangegangenen Kapiteln sind nun folgende grundlegende Anforderungen an ein CAD-System im Bereich der Konstruktion hervorgegangen:

- Durchlaufzeit minimieren
- Kosten senken
- Qualität erhöhen
- Projektänderungen rasch mit hoher Qualität durchführen
- Support, Automatismen,é
- uvm.

Bei der Umstellung sollte unter anderem auch darauf geachtet werden, dass die alten Dateien möglichst kostengünstig weiter verwendet werden können. Um dies gewährleisten zu können, muss man allerdings beachten, dass die 2D-Dateien vom alten System nicht dieselben Intelligenzen vorweisen, welche die neu erstellten Dateien haben. Nimmt man als Beispiel eine simple Blechabwicklung mit einer Abkantung, so fehlen hier bei der alten 2D-Datei neben der Info über die Dicke des Bauteils auch noch die nötigen Informationen zu den Kantwerkzeugen. Aufgrund dieser Tatsache ist es schwierig diese Teile im 3D-Modell weiterzuverwenden. In den meisten Fällen ergeben sich durch die exakte Eingabe der Blechformwerkzeuge auch andere Kantabstände und Rohteilabmaße, was wiederum zu unterschiedlichen Abwicklungen der zwei Systeme führt. Manche CAD-Softwarehersteller bieten allerdings genau für solche Zwecke kostengünstige, meist auch gratis, Programme an, mit welchen man die Files weiterverwenden, beziehungsweise die fehlenden Informationen rasch nachtragen und diese somit korrigieren und verwenden kann.

2.6 Auswahl des neuen Systems

Aufgrund der IST-Analyse, wo man sehr gut erkennen konnte, dass die im Unternehmen verwendete Software und die sich daraus ergebenden Prozesse nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik entsprechen, ist es nun nötig ein modernes CAD-System zu ermitteln.

Des Weiteren muss beachtet werden, dass die Behebung von Konstruktionsfehlern umso günstiger ist, je früher sie entdeckt werden, und umso geringer sind auch ihre Auswirkungen. Die Auswirkung Kostenfestlegung zur Kostenverursachung verhalten sich in einem

Verhältnis von ca. 70 % zu 30 %³⁶, was aus kostentechnischer Sicht sehr bedeutungsvoll ist. Dabei kann gesagt werden, dass sehr viele Kostenfaktoren nur durch wenige Verursacher gesteuert werden können. Aus diesem Grund kann man ein zweidimensionales System als unzureichend beurteilen und die Konzentration der Suche eines neuen Programmes orientiert sich nur in Richtung der 3D-Technik.

Um die verschiedensten Lösungen so neutral wie möglich beurteilen zu können, ist es notwendig ein Evaluierungsteam zu bestimmen. Diese Gruppe sollte sich streng mit dem Thema auseinander setzen und nach der besten Lösung für das Unternehmen suchen. Dabei sollten sie jedoch beachten, dass zwar für jedes Unternehmen und für jeden Anwendungsfall die nötigen Programme erstellt und umprogrammiert werden können, allerdings zieht jeder manuelle Eingriff in die gekaufte Software einen hohen Aufwand und somit hohe Kosten nach sich. Des Weiteren können durch diese Eingriffe die ständig weiterentwickelten Updates nur erschwert und wiederum mit erhöhten Kosten installiert werden. Daher sollte man sich hier auf einen Kompromiss zwischen den eigenen Wünschen und der Standardsoftware einigen. Aus Sicht der Software wäre es daher eher wünschenswert, wenn sich die betrieblichen Prozesse an das neue System anpassen.

Um für das betrachtete Unternehmen die optimale Lösung zu finden, ist es nun nötig einen Vergleich zwischen den verschiedensten Softwareherstellern zu erstellen. Dabei sollen die Programme mithilfe unternehmensrelevanter Gesichtspunkte analysiert werden. Somit werden die Systeme durch die Anforderungen des Unternehmens genauestens unter die Lupe genommen und daraus eine Bewertungsgrundlage erstellt.

Aus diesem Grund wurden im betrachteten Unternehmen verschiedene Anwendungsfälle des CAD-Systems und auch Musterbauteile erstellt. Die Lösungsansätze durch die Softwarehersteller werden im Folgenden präsentiert.

- Abwicklung von parametrisch gesteuerten Bauteilen
(als Beispiel wird eine verdrehte Übergabeschurre definiert)
- Eckverbindung, Kantfreistellungen von Laschen
- Einstellbarkeit von Biegungen, Radien, etc.
- Durchdringung von Bauteilen
- Anbringung von Verschleißauskleidungen inkl. Befestigung
- Erstellung Teile- und Baugruppenfamilie inkl. Zeichnungsdarstellung
- Exportmöglichkeiten in neutrale Formate, bzw. Verwendbarkeit im AutoCAD

³⁶ vgl. Wissussek Dieter – Konstruktionslehre IV – Grundlagen des methodischen Konstruierens

- Zeichnungsdarstellung inkl. Schweißsymbole, Toleranzen, Kanttabellen, etc.
- Bauteilbibliotheken, verfügbare Normen, etc.
- Umgebungseinstellungen (z.B.: Schriftkopf, Stücklisten, etc.)
- Darstellung von Referenzbauteilen (Umgebung) auf der Zeichnung
- Verbindung von Planungs- und Detailmodell (vereinfachte Darstellung)
- Exportmöglichkeiten von Stücklisten in Excel oder ERP-Programme
- Maximale Bauteilanzahl in Baugruppen

Wird nach einem passenden CAD-System gesucht, darf auf keinen Fall die dazu passende PDM-Software vergessen werden. Mithilfe deren soll ein bestmögliches Datenmanagement realisiert werden. Wenn die Hersteller eine solche Software ebenfalls im Portfolio haben, sollte diese natürlich erwägt werden, beziehungsweise sollte ein System gewählt werden, welches aus ihrer Sicht am besten mit ihrem Programm harmoniert. Um hier wiederum eine optimale Bewertungsgrundlage zu schaffen, wurden folgende Bewertungskriterien erarbeitet:

- Systemoberfläche
- Check-in, Check-out von Bauteilen
- Verwaltung von Zeichnungen, Bauteilen und Baugruppen inkl. Klassifizierung
- Revisionierung der Bauteile
- Klonen von Baugruppen inkl. deren Einzelteile
- Verwendung von Normteilen, etc.

Neben den Hauptfunktionen des gewünschten Programms sollte auch auf andere, eher funktionsunabhängige Faktoren geachtet werden. Diese werden meist von der Software nicht direkt beeinflusst, können aber je nach der Region des Unternehmens von Wichtigkeit sein. Diese Faktoren können sehr viel zum Erfolg des Unternehmens beim Projekt CAD-Neu und zum Erfolg des Unternehmens in der Zukunft beitragen.

- Module zur Erweiterung des Systems (FEM-Berechnung, Stahlbau, etc.)
- Schulen (HTL, FH, etc.) an denen mit diesem System unterrichtet wird
- vergleichbare Mitbewerber oder Firmen in der Umgebung mit dieser Software
- Erfahrung anderer mit der Einbindung des Systems in das ERP-System des Unternehmens

- Supportmöglichkeiten der Vertriebsfirma

Aufgrund dieser unterschiedlichen Bewertungskriterien wird nun ein geeignetes CAD-System eruiert und mit den besten zwei Anbietern weiterverhandelt.

2.6.1 Anforderungen an das neue CAD-System

In vielen Fällen werden von den unterschiedlichsten Herstellern verschiedene Softwarepakete zu unterschiedlichsten Preisen angeboten. Um hier die optimalste Lösung für das Unternehmen zu finden, sollte man sich bereits im Vorhinein die Anforderungen an das System überlegen und dies in Form eines Handouts den Herstellern, beziehungsweise dem Consulting-Unternehmen zukommen lassen. Somit können diese schon den Großteil der benötigten Pakete definieren und man hat eine gemeinsame Gesprächs- und Verhandlungsbasis.

Des Weiteren bekommt man hiermit eine Vergleichsbasis der einzelnen Programme, was natürlich auch das Auswahlverfahren weiter vereinfachen soll.

Aus der Sicht des betrachteten Unternehmens, wurden folgende Vergleichspunkte der CAD-Systeme definiert. Auf Basis dieser wurden schließlich das geeignete Programm, und das dazugehörige Consulting-Unternehmen ausgewählt. (siehe auch Anlage „Auswahlverfahren CAD-Software“ oder Kapitel 2.6)

- Komplexe Blechabwicklungen für z.B.: Übergabeschurren
- Erstellung von Teilefamilien, Baugruppenfamilien, etc.
- Erstellung von parametergesteuerter Bauteile zur raschen Anpassung
- Verwendung neutraler 3D-File-Formate
- Bauteilbibliothek (Normteile, Zukaufteile, Profile, etc.)
möglicherweise schon gefüllt mit den unterschiedlichsten Normenteilen
- Zeichnungsdarstellung (Schweißsymbole, Form- und Lagetoleranzen, etc.)
- Stücklistenlayout (Kompatibilität zu ERP-System)
- Referenzbauteile (Mastermodelle)
- Unterscheidung Detail- und Planungsmodelle
- Verwendung und Möglichkeiten des zugehörigen PDM-Systems
- Mögliche Programmerweiterungen (FEM-Berechnung, etc.)
- Verwendung der Software bei externen Firmen, Kunden, Schulen, etc.

- Möglichkeiten der Weiterverwendung von 2D-Altdaten
- größtmögliche Weiterverwendung der CAD-Daten im gesamten Unternehmen (lizenzfreie Viewer, reine 2D-Systeme etc.)

3 Umsetzung

Für die Umsetzung eines solch großen Projektes muss ein Unternehmen neben den nötigen finanziellen Mitteln auch die notwendigen personellen Kapazitäten zur Verfügung stellen. Um dieses Projekt erfolgreich zu realisieren wäre es von Vorteil, wenn die erforderlichen Kenntnisse im Bereich der 3D-Systeme bereits im Unternehmen vorhanden wären. Ist dies nicht der Fall, besteht die Möglichkeit diese durch externes Personal zu beziehen.

Für diesen Fall gibt es viele Firmen, welche sich auf die Einführung von CAD-Systemen spezialisiert haben. Meist haben sich diese auf einen Hersteller festgelegt und vertreiben deren Produkte. Dabei bieten sie Hilfestellung bei der Einführung und bei der Schulung der Mitarbeiter für ihre Produkte an.

Eine Umstellung des CAD-Systems, also des wichtigsten Werkzeuges der Konstruktion, bedeutet auch für viele andere Abteilungen und Prozesse im Unternehmen eine Veränderung. Dies hat zur Folge, dass verschiedenste Prozesse und Strukturen im Betrieb analysiert und überdacht werden müssen. Wo und wie sich nun diese Umstellung auf den Betrieb auswirkt, wird in den folgenden Kapiteln erläutert.

3.1 Ablauf der Umsetzung

Die Einführung eines CAD-Systems, beziehungsweise die Umstellung von 2D auf 3D, stellt sehr hohe Anforderungen an den gesamten Betrieb. Neben dem Umdenken in der Konstruktion, wo das CAD-System als direktes Arbeitswerkzeug verwendet wird, müssen sich auch andere Abteilungen, welche indirekt davon betroffen sind, wie zum Beispiel Arbeitsvorbereitung, Fertigung, Projektierung, etc., auf das neue System einstellen. Aus diesem Grund bedeutet eine Veränderung jeglicher EDV-Systeme einen massiven Eingriff in das organisatorische Gefüge des Unternehmens, was einen hohen Aufwand bedeutet³⁷.

³⁷ vgl. Ernst Thiemeyer i Handbuch IT-Management: Konzepte, Lösungen und Arbeitshilfen für die Praxis ; S.533ff

Bei dieser Einführung, oft auch als Software-Rollout bezeichnet, müssen viele unterschiedliche Schritte beachtet werden:

- Softwareverteilung im Unternehmen
Für welche Abteilungen wird die neue Software zur Verfügung stehen? Wo werden welche Softwarepakete benötigt, wie viele Lizenzen werden gebraucht?
- Installation
Wird das System auf jedem PC oder zentral auf einem Server installiert? Wie viel Zeit wird dafür benötigt? Wer ist dafür zuständig? Wie können zukünftig Updates der Programme einfach und rasch installiert werden?
- Konfiguration
Bei fast allen CAD-Systemen hat man hier enorm viele Einstellmöglichkeiten, womit das System genau an das Unternehmen angepasst werden kann. Diese Konfigurationen werden aber erst nach und nach verfeinert, beziehungsweise werden Fehler des Systems erst im Laufe der Zeit entdeckt. Je früher alle Einstellungen fixiert werden, umso weniger werden die Mitarbeiter im Unternehmen beeinflusst.
- IT-Strukturen
Werden neue Server benötigt? Sind die Datenleitungen dafür ausgelegt? Wie und wo werden in Zukunft die Daten gesichert?
- Schulung der Mitarbeiter
Wie lange müssen die Mitarbeiter geschult werden? Muss dies durch externe Firmen gemacht werden? Was muss geschult werden? Wann bekommt wer eine Umschulung? Sollen Key User eingeführt werden und wer soll das sein?
- Umstellung der firmeninternen Prozesse
Welche Prozesse ändern sich dadurch oder fallen weg? Wie können diese angepasst werden? Wo können die neu erschaffenen Daten weiterverwendet werden? Werden Schnittstellen benötigt?
- Datenmigration des Altsystems
Wie werden die Altdaten weiterverwendet? Können diese übernommen werden? Gibt es Schnittstellen? Welche Daten werden in Zukunft weiterverwendet?
- uvm.

Um den laufenden Betrieb des Unternehmens während der CAD-Umstellung so wenig wie möglich zu beeinträchtigen, gilt es eine vertretbare Lösung zu finden. Dabei ist primär zu beachten, dass der Betrieb im Unternehmen nicht ausgesetzt werden kann, sondern ein fließender Übergang von einem System zum anderen bevorzugt werden sollte.

3.1.1 Möglichkeiten

Bei der Umsetzung eines EDV-Systems gibt es prinzipiell zwei unterschiedliche Strategien, welche aber auch kombiniert werden können³⁸.

3.1.1.1 Big Bang

Bei der Big Bang-Variante werden alle Softwarekomponenten und Lizenzen nahezu parallel eingeführt und auch alle betroffenen Mitarbeiter eingeschult, was einen hohen Arbeitsaufwand bedeutet. Dieser Aufwand würde das Unternehmen für ein paar Tage oder Wochen nahezu lahm legen. Es müssten alle Mitarbeiter sofort auf das neue System eingeschult werden, und sie hätten währenddessen nicht mehr die Chance ihre gewohnte Arbeit zu verrichten. Infolge dessen würde das Altsystem auf einen Schlag durch das neue System abgelöst und ersetzt. Jedoch dauert es einige Zeit bis der Betrieb im Unternehmen wieder wie gewohnt läuft. Bestehende und geplante Aufträge müssen höchstwahrscheinlich nach hinten verschoben werden, wodurch der ein oder andere Kunde etwas verärgert werden könnte.

Um diesen Big Bang optimal vorzubereiten, sind mehrere Koordinierungssitzungen im Unternehmen notwendig. Dabei müssen alle Einstellungen und Schnittstellen besprochen und fixiert werden.

Neben den vielen offenen Fragen über einzuhaltende Termine, die hohen Kosten der Einführung und der Durchführbarkeit, bedeutet diese Systemumstellung eine sehr große Belastung für alle Mitarbeiter und die Finanzen des Unternehmens.

Der große Vorteil des Big Bang ist jedoch, dass das Unternehmen so rasch wie möglich umgestellt wird und mit der neuen Software arbeiten kann.

Aus der Sicht des betrachteten Unternehmens macht diese Variante jedoch wenig Sinn, da gerade laufende Projekte nicht unterbrochen werden können, und diese nach und nach erst abgeschlossen werden müssen. Steht jedoch ein größeres Auftragsloch vor der Tür, so wäre dieser Zeitpunkt sicherlich nahezu perfekt für das Unternehmen, um diese Variante vorzuziehen.

3.1.1.2 Schrittweise Umsetzung (Step by Step)

Bei der Step by Step Umsetzung geht es im Prinzip, wie auch der Name schon sagt, um ein schrittweises Vorgehen, wo eine Komponente der Software nach der anderen eingeführt wird. Dies kann nicht nur auf die Komponenten der Software, wie zum Beispiel Pro-

³⁸ vgl. Wirtschaftsuniversität Wien | ERP-Implementierung: Big Bang Ansatz vs. stufenweise Einführung von ERP-Systemen; <http://www.ai.wu.ac.at/~koch/courses/wuw/archive/inf-sem-ss-03/klein/klein.pdf>

grammerweiterungen, Zusatztools, etc. bezogen werden, sondern auch auf das Unternehmen und deren Abteilungen.

Dabei soll der betriebliche Alltag so wenig wie möglich gestört, beziehungsweise sollen Kapazitäten für das laufende Geschäft freigehalten werden.

Da bei dieser Umsetzungsvariante nicht alle Lizenzen oder Komponenten des Systems auf einmal benötigt werden, wirkt sich die Wahl dieser Variante im Vergleich auch positiv auf die Kosten der Systemeinführung aus. Diese werden nun auf einen längeren Zeitraum verteilt und die Umstellung ist somit für das Unternehmen leichter zu finanzieren.

Die Gesamtnutzung des neuen Systems ist hingegen erst nach Ablauf der kompletten Einführungsphase erreicht. Somit verschiebt sich der Zeitpunkt, an dem das komplette Unternehmen auf demselben System arbeitet und dadurch den vollen Nutzen daraus ziehen kann, weiter nach hinten. Bis zu diesem Zeitpunkt ist das Unternehmen jedoch gezwungen, parallel auch noch das ältere Programm zu verwenden. Aufgrund dessen entstehen nun in der Übergangsphase zwei verschiedene Datensätze, welche über eine zusätzliche Schnittstelle verbunden werden müssen.

3.1.1.3 Big Bang vs. Step by Step

Die Einführung eines neuen EDV-Systems bedeutet immer einen hohen Schulungsaufwand. Um das bestmögliche Ergebnis im Unternehmen zu erzielen, so gilt es nun die optimale Vorgehensweise für das betrachtete Unternehmen zu finden.

Um dies festzustellen werden nun die wichtigsten Ansätze einander gegenüber gestellt:

Tabelle 3: Big Bang vs. Step by Step

	Big Bang	Step by Step
Kosten	hohe Kosten auf einmal, jedoch auf die Dauer gesehen billiger	Kosten werden aufgeteilt, insgesamt sind sie höher
Projektdauer der Einführung, bzw. Umstellung	wenige Monate	über mehrere Monate, bzw. Jahre hinweg
Schnittstellen	kaum notwendig	zu Altsystem notwendig, da Daten in beiden Systemen produziert werden
Projektrisiko	hohes Risiko, da kurzzeitiger Stillstand im Unternehmen, hohes Investment im Betrieb notwendig	gering, da Lernaufwand zwischen den Umsetzungsstufen
Beratungsaufwand	einmal intensiv	über langen Zeitraum benötigt

Vergleicht man diese Gegenüberstellung, würde die Entscheidung fast eindeutig auf den Big Bang fallen. Durch die laufenden Schulungen und Lerneffekte würde es nun allerdings geschehen, dass das Unternehmen für ein paar Wochen oder auch Monate nahezu still steht. In den meisten Fällen kann dies aber nicht verantwortet werden, daher entscheiden sich bei IT-Umstellungen die Mehrzahl von Unternehmen für die Step by Step Variante.

Man nimmt so zwar höhere Kosten und eine längere Einführungsdauer auf sich, allerdings trägt das Unternehmen somit weniger Risiko und blockiert nicht die komplette Konstruktions- und Projektierungsabteilung für das laufende Geschäft. Es ist dadurch auch möglich, dass man den Lerneffekt des Einführungsteams für die nachfolgenden Mitarbeiter nützt und somit deren Anfangsschwierigkeiten minimiert.

3.2 Meilensteine / Terminplan

Die Umstellung auf das 3D-System und dessen Konzept lässt sich leider nicht auf Knopfdruck durchführen. Daher wird nun das komplette Projekt „Einführung 3D-CAD“ in verschiedene Phasen unterteilt, anschließend wird am Ende jeder Phase ein Meilenstein eingerichtet.

Unter Meilensteinen versteht man ein definiertes termingebundenes Sachergebnis, welches erst erreicht wird, wenn dies auch vollständig abgeschlossen wurde³⁹. Es sind dabei wesentliche Zielpunkte des Projektes, an denen der aktuelle Erfolg des Projekts abgelesen werden kann, und wenn nötig Korrekturmaßnahmen gesetzt werden können.

Um einen Terminplan inklusive der Meilensteine bestimmen zu können, ist eine unternehmensweite Abschätzung der benötigten CAD-Stationen und der zu schulenden Mitarbeiter erforderlich. Des Weiteren sollte in Betracht gezogen werden, wie viele Mitarbeiter man davon für die Zeit der Schulungen und Lernphasen vom produktiven Geschäft entbehren kann. Somit kann man eine optimale Strategie für das Unternehmen, welche eine bestmögliche Umsetzung gewährleisten soll, entwickeln.

Diese Analyse ergab im betrachteten Unternehmen etwa 25 Arbeitsplätze. Es wurde entschieden diese auf 3 Etappen zu integrieren und somit die CAD-Umstellung wie folgt zu gestalten:

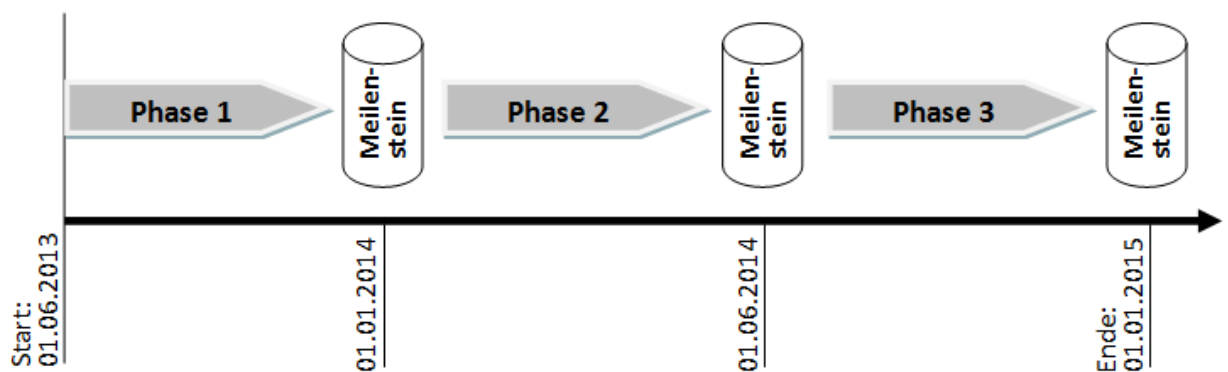


Abbildung 16: grober Terminplan inkl. Meilensteine

³⁹ vgl. Hans-D. Litke in Projektmanagement (Methoden, Techniken, Verhaltensweisen); S.29ff

Phase 1

Zu Beginn der Umstellung sollen nur 6 Personen eine Einschulung bekommen. Diese werden ab sofort als Key-User bezeichnet und agieren als Testpersonen für das gewählte CAD-System. Sie sollen bereits von Anfang an in das Projekt CAD-Neu eingeweiht sein und dabei helfen das bestmögliche Programm auszuwählen und die verschiedensten Systeme testen. Ihre primärere Arbeit liegt darin Erkenntnisse und erste Eindrücke davon zu sammeln und danach das System auf das Unternehmen abzustimmen. Dieser Aufgabebereich reicht vom Entwickeln der ersten Strukturen im Datenablatesystem bis hin zum Erarbeiten der optimalen Kanteinstellungen, welche ab nun bereits im CAD-System berücksichtigt werden.

Die Key-User sollen jedoch bereits im produktiven Arbeitsgeschehen mitarbeiten und Aufträge abwickeln, sie sind jedoch durch ihre Schulungs- und Entwicklungstätigkeiten im Bereich des CADs etwas eingeschränkt und nicht als hundertprozentig produktive Arbeitskraft zu sehen.

Das Ziel soll dabei sein, dass die Arbeitsfähigkeit des CAD- und PDM-Systems inklusive erster Schnittstellen zur Fertigung hergestellt wird und diese dabei so gut wie möglich für die nächste Phase vorzubereiten.

Nebenbei wird auch mit der Erstellung der Konstruktionsrichtlinien begonnen.

Phase 2

Um zur Phase 2 aufzusteigen und dabei den Meilenstein zu erreichen müssen die Key-User in der Lage sein, selbstständig Projekte abzuwickeln. Der Weg für den Einstieg neuer User muss geebnet sein.

Ab diesem Zeitpunkt kommen nun weitere zehn Personen in den Genuss von Schulungen, wonach sie anschließend unter Betreuung der Key-User im produktiven Bereich ihre Tätigkeit als Konstrukteur und Projektleiter fortsetzen.

Ab nun werden die Schnittstellen erweitert und zum Beispiel Lösungen für die automatische Einbindung der Stücklisten aus dem CAD in das ERP-System erarbeitet. Des Weiteren soll die Erstellung der Konstruktionsrichtlinien beendet werden.

In der Phase 2 sollen auch andere Abteilungen im Unternehmen, welche Zugriff auf die Konstruktionsdaten (wie Fertigungszeichnungen, Neutralformate, 3D-Vorschaufiles, etc.) benötigen, laufend auf das neue Programm eingeschult werden.

Das Ziel des Meilensteins sollte sein, dass das System nun nahezu rund läuft und der Weg für die Projektierung geebnet ist.

Phase 3

Ab sofort wird der Rest der CAD-Nutzer auch auf das neue System umgeschult. Für diese Gruppe sollte nun ein perfekter Einstieg inklusive Anfang mit dem System möglich sein. Dabei sollen auch erste Planungen der Anlagen mit dem neuen System geschehen.

Spätestens in dieser Phase sollten bereits die ersten Ergebnisse, wie Qualität- und Effizienzsteigerung, des neuen Systems deutlich sichtbar werden.

Bis zum Ende des Projekts *ÄCAD-Neu* sollte die komplette Firma auf das System umgestellt sein.

Nun sollte die Möglichkeit der schrittweisen Minimierung des alten Systems möglich werden. Dabei sollte aber bedacht werden, dass auch in der Zukunft noch Daten aus und für alte Projekte daraus benötigt werden können.

Schließlich sollte nach der Einführung des CAD-Systems das komplette Unternehmen auf der neuen Software arbeiten und die Früchte aus der Qualitätssteigerung und Durchlaufzeitminimierung ernten.

3.3 Hindernisse & Herausforderungen in der Umsetzung

Bei der ersten Analyse der möglichen Vorgehensweisen für die Einführung eines CAD Programmes wäre es am einfachsten und kostengünstigsten, wenn dies bei einem neu gegründeten Unternehmen vorgenommen würde. Dabei würde bei null angefangen werden, wodurch auch keine bestehenden Datensätze und Konzepte der Produkte vorhanden wären.

Da dies nur in den seltensten Fällen passieren wird, ist es nötig verschiedene Prozedere und Umsetzungsvarianten zu überlegen und danach im Unternehmen zu diskutieren. Es sind Lösungsansätze zu suchen, wie bestehende Daten weiterverwendet und gepflegt werden können, und es ist zu klären, wie man das neue System in Zukunft nutzen will.

Im Idealfall sollte aber das Konzept der Umsetzung aus beiden Richtungen betrachtet werden. Zu einem gewissen Teil sollte das Unternehmen diese Chance als Neuanfang sehen und dabei diese Chance zur Produktoptimierung nutzen. Andererseits sind auch schon viele Daten vorhanden, welche wiederum jahrelang entwickeltes Know-how bedeuten. Es gilt nun beide Varianten unter einem Hut zu bringen und die bestmögliche Lösung für das Unternehmen zu suchen.

3.3.1 Weiterverwendung der (Alt-)Daten

Die bis dato vom Unternehmen erstellten 2D-Daten spiegeln das vorhandene und selbst entwickelte Know-how des Unternehmens wider. Aus diesem Grund darf man diese Daten nicht verwerfen oder verdrängen. Bei der Umstellung auf ein neues, moderneres System ist es wichtig, dass auf die in der Vergangenheit entwickelten Daten aufgebaut wird und diese somit eine Weiterverwendung finden, oder zum Beispiel auch optimiert werden⁴⁰.

Aufgrund der bisherigen Verwendung eines 2D-Systems im Unternehmen, womit im Laufe der Jahre verschiedenste Komponenten entwickelt und gezeichnet wurden, haben sich durch die technologische Entwicklung verschiedenste Formen von Zeichnungen angesammelt. Dieser Bestand setzt sich aus eingescannten Handzeichnungen, mikroverfilmten Zeichnungen und den im 2D erstellten dxf-Zeichnungen zusammen. Aufgrund der Tatsache, dass im bisher verwendeten 2D-System nur eine grobe Skizze (oftmals nur als Platzhalter) der weiterverwendeten Bauteile erstellt wurden, war bis dato die Menge an verschiedenen Zeichnungsformaten kein Problem. Die Zeichnungen konnten einfach ausgedruckt werden und dienten rein zur Fertigung der Bauteile, jedoch waren sie zur Planung und Entwicklung kompletter Anlagen nahezu unbrauchbar, da bei einzelnen Bauteilen eine Menge Informationen nicht vorhanden waren.

Diese Vorgehensweise ist nach der Umstellung auf 3D leider nicht mehr möglich, da man sich eine fast hundertprozentige Detailgenauigkeit der Baugruppen (inklusive aller Schrauben, Muttern, etc.) zum Ziel gemacht hat. Nur wenn dieses Konzept konsequent durchgeführt wird, ist ein automatisches Stücklistengenerieren und somit eine hohe Arbeitserleichterung und Fehlerminimierung auch möglich.

Aber was soll mit diesen (Alt-)Dateien und Zeichnungen geschehen, welche vom neuen Programm nur mehr teilweise oder auch gar nicht weiterverwendet werden können? Wechselt man von einem 3D-Programm auf ein anderes 3D-System, ist diese Fragestellung nicht so schwer zu lösen, da es universelle Dateiformate (wie z.B.: *.iges, *.step, etc.) gibt, welche von einer Vielzahl unterschiedlicher Systeme gelesen und dargestellt werden können.

Bei einem größeren Systemwechsel, wie im betrachteten Unternehmen, wo es um eine Umstellung von einem veralteten 2D-Zeichnungssystem zu einem topmodernen 3D-Programm geht, ist diese Fragestellung aber von sehr hoher Bedeutung.

Bei den Anlagen des betrachteten Unternehmens handelt es sich oftmals um Wiederverwendung von bereits bestehenden Komponenten (Wiederverwendungsgrad der Bau-

⁴⁰ vgl. Markus Knieps: Entwicklung von Konstruktionsrichtlinien für die Handhabung von 3D-CAD-Systemen zur Generierung komplexer Maschinenbaugruppen; S24f

teile liegt bei bis zu 80 %) und daher macht es Sinn sich hier eine gute Strategie zu überlegen.

Mithilfe einer Analyse und Auswertung der stetig wiederkehrenden Bauteile hat sich folgende Menge der primär benötigten Komponenten im neuen System ergeben. (siehe auch Kapitel 3.3.2)

Tabelle 4: Beispiel Werknormteilabschätzung

	Geschätzte Menge an Teilen	Einzelne Zeichnungen	Summe Arbeitsauf- wand
Summe	1431	155	1313 h

Diese Teile werden nach ihrer Dringlichkeit oder Häufigkeit gereiht und anschließend im 3D-System neu erstellt. In Folge der Neuerstellung der Zeichnungen ist es wichtig die alten Versionen auf ungültig, beziehungsweise überarbeitet zu setzen. Ob dieser Vorgang im Unternehmen durch das vorhandene PDM-System oder durch einen Stempel auf den gescannten Zeichnungen durchgeführt wird, ist dem durchführenden Unternehmen überlassen.

Bei dieser Überarbeitung und Archivierung der neuen und alten Zeichnungen ist es auf jeden Fall wichtig, diese in einem gemeinsamen PDM-System zu vereinen und einheitlich abzuspeichern. Nur so kann ein Irrtum in der Produktion und generell bei der Verwendung der Zeichnungen ausgeschlossen werden.

3.3.2 Werksnormteile

Bei der Analyse unterschiedlicher Anlagen von verschiedensten Projekten erkennt man sehr rasch, dass sich viele Baugruppen und Teile immer wieder wiederholen. Aus diesem Grund kann gesagt werden, dass jede neue Anlage nicht gleich eine komplette Neukonstruktion ist, da immer wieder bereits entwickelte Baugruppen und Komponenten weiterverwendet und neu verbaut werden. Besonders die Weiterverwendung der bestehenden Konstruktionen bringt dem Unternehmen einen immensen Zeit- und Qualitätsgewinn, da diese Teile ihre Funktion und Haltbarkeit im Laufe der verschiedensten Projekte bereits unter Beweis gestellt haben. Des Weiteren sind für diese Komponenten alle benötigten

Fertigungsunterlagen, von der Zeichnung bis hin zu den Arbeitsplänen, bereits vorhanden⁴¹.

Die Erstellung und Verwendung von Werksnormteilen ist für ein Unternehmen nicht nur unabdingbar, sondern stellt für die Anlagenplanung auch einen großen Vorsprung in der Effektivität der Entwicklung dar.

Aus diesem Grund sind im betrachteten Unternehmen für die verschiedensten Förderanlagen, ob Elevatoren, Förderschnecken, Verschlüsse oder Förderbänder, im Laufe der Jahre so genannte Werksnormteile entwickelt worden. Mittels deren Verwendung konnten die Durchlaufzeiten drastisch minimiert werden. Dabei wirkt sich die Durchlaufzeit nicht nur auf die Planungs- und Entwicklungsphase aus, sondern auch auf die Fertigung. Hier kann zum Beispiel durch eine Analyse über die letzten Jahre die durchschnittliche Verwendung der Bauteile eruiert werden und somit macht es Sinn, gewisse Bauteile in größeren Stückzahlen zu erzeugen und im Lager vorrätig zu haben. Dies senkt wiederum die Rüstzeiten und Herstellkosten der Produkte.

Wenn man das Beispiel Förderband betrachtet, liegt der größte Unterschied zwischen den Anlagen an der Bandbreite und dem Achsabstand. Aus diesem Grund kann ein Standard-Förderband aus nahezu 80 % Werksnormteilen zusammengesetzt werden.

Um den Verwendungsgrad der Werksnormteile so groß wie möglich zu gestalten, bedarf es einer gut strukturierten Teilearchivierung und einer konsequenten Klassifizierung (siehe Kapitel 3.3.3) der einzelnen Bauteile.

Nur wenn ein Suchwerkzeug geschaffen wird, mithilfe dessen jeder Teil mittels weniger Mausklicke gefunden werden kann, wird es möglich sein den Wiederverwendungsgrad der Bauteile in den unterschiedlichen Anlagen zu maximieren und somit Kosten zu sparen. Hierbei ist die Einfachheit und Qualität der Recherche für den Erfolg der Suche beim Anwender ausschlaggebend.

3.3.2.1 Reduzierung der Teilevielfalt

Da in den vergangenen Jahren die Klassifizierung und Suche nach bestehenden Bauteilen relativ lückenhaft betrieben wurde, kam es immer wieder dazu, dass nahezu gleiche Teile neu angelegt wurden und somit doppelt im Datenarchiv des Unternehmens vorhanden sind. Im Zuge der Erstellung der Bauteile im 3D-System und des dabei neu angelegten Werksnormteilkatalogs besteht nun die Chance, eine Reduzierung der Teilevielfalt zu erzielen.

⁴¹ vgl. Wolfram Schloter i. Strategien zur Effizienzsteigerung von Konstruktion und Fertigung für einen optimierten Produktentwicklungsprozess im Sondermaschinenbau; S.39

Jeder neu erstellte Teil, welcher schon in ähnlicher oder möglicherweise gleicher Ausführung vorhanden war, verursacht neben den Konstruktions- auch noch Verwaltungskosten. Diese ergeben sich aus dem Anlegen des Bauteils im ERP-System und durch die nötige Dokumentation (Zeichnungen, NC-Files, Arbeitspläne etc.), welche für jeden Bauteil immer wieder erstellt werden müssen. Nach der Erstellung der Bauteile im System müssen diese auch im Laufe der Monate oder Jahre immer wieder gewartet werden.

Bei der Reduzierung der Teilevielfalt sollte nach folgendem Grundsatz vorgegangen werden:

ÄFF i fit form function⁴²

Dabei können unterschiedliche Teile zusammengefasst werden, wo zum Beispiel zusätzliche Bohrungen, Ecken, Radien, etc. zu Abweichungen der einzelnen Bauteile führen, das Teil aber trotzdem zum selben Ziel führt. Wichtig ist jedoch, dass die Bauteile für ihren Verwendungszweck (auch den des Vorgängerteils) weiterhin geeignet bleiben.

Aus diesen Gründen ist die Reduzierung der Teilevielfalt im Betrieb eine Herausforderung, welche zu hohen Kosteneinsparungen führen kann.

3.3.3 Klassifizierung der Teile

Aufgrund der enormen Vorteile von Werksnormteilen und den immer wieder verwendbaren Baugruppen ist es zwingend notwendig, dass diese durch eine sehr einfache Recherche rasend schnell und exakt gefunden werden können.

Um die Suche so rasch wie möglich durchführen zu können, gibt es zwei Möglichkeiten die Komponenten im System zu kennzeichnen. Zum Einen können aussagekräftige Namen für die Dateien verwendet werden. Hiermit ist allerdings nur eine grobe Definition der Bauteile möglich. Zum Anderen können bei den einzelnen Dateien der Teile gewisse Eigenschaften hinterlegt werden. Mit deren Hilfe kann nun eine Suche sehr rasch eingeschränkt und die gewünschten Teile herausgefiltert werden.

Um eine Suche der Bauteile zu erleichtern, ist es von Vorteil sogenannte Sachmerkmale für die Einzelteile und Baugruppen zu vergeben. Je exakter die Komponenten mit den Suchkriterien klassifiziert sind, umso wahrscheinlicher und schneller können diese auf Anhieb gefunden werden.

⁴² vgl. PLM i Workshop für Änderungswesen i Hochschule für Technik Rapperswil
http://www.ipek.hsr.ch/fileadmin/user_upload/ipek.hsr.ch/Sub-Menus/PLM-Workshops/2012/Workshop_2/IPEK-Einfuehrungsvortrag_AEnderungswesen_v2_hed.pdf
05.10.2013

Um nach diesen Sucheigenschaften besser suchen zu können, sollte bei der Auswahl des geeigneten PDM-Systems ein Hauptaugenmerk darauf gelegt werden. Je leichter und bedienerfreundlicher das System funktioniert, umso mehr Zeit kann gespart und für konstruktive Tätigkeiten verwendet werden. Um ein reibungsfreies Suchen der Bauteile zu ermöglichen, muss darauf geachtet werden, dass die Klassifizierung der Bauteile nicht übermäßig viel Zeit in Anspruch nimmt. Ist dies nicht der Fall, wird der Aufwand von vielen Mitarbeitern nicht konsequent durchgeführt und es führt wiederum zu Mehrarbeit.

Mit der Klassifizierung der Bauteile werden nun die Teile unabhängig von ihrer Herkunft und deren Verwendung gekennzeichnet. Wie dabei vorgegangen werden soll, ist in der DIN4000 festgelegt⁴³. Hier sollen folgende Ziele verfolgt werden:

- Zusammenfassen ähnlicher Teile
Bauteile mit ähnlichen Eigenschaften sollen in eine Klasse zusammengefasst werden, somit führt es zu einer grobe Ausmusterung aller Teile im Katalog
- einheitliche Darstellung der Informationen
Verschiedene Bauteile mit ähnlichen Eigenschaften sollen immer nach derselben Art und Weise beschrieben werden, wodurch eine bestimmte Ordnung im Datensystem beibehalten wird.
- Beschreibung bestimmter Merkmale
z.B.: Leistung, Größe, Material, Verwendbarkeit, etc. sollen als Eigenschaften hinterlegt werden
- vereinfachte Zeichnungen verwenden
Möglicherweise als Hilfestellung Skizzen oder 3D-Darstellungen hinterlegen

3.3.4 PDM-System (=Produktdatenmanagement)

Um die neu erstellten Modelle und Zeichnungen geordnet zu archivieren, wird neben dem 3D-System auch ein sogenanntes PDM-System benötigt. Produktdatenmanagement-Programme haben meist verschiedene Aufgaben, wobei die Zeichnungsverwaltung der CAD-Files im Vordergrund steht.

Im Laufe der Produktentstehung entstehen immer wieder verschiedenste Dokumente, von CAD-Files bis hin zu Berechnungen, Skizzen, Notizen, etc. Um dieses gewonnene Wissen nicht zu verlieren und festzuhalten, gilt es ein System zu integrieren, in welchem diese Daten archiviert und für den Rest des Betriebes publiziert werden. Um dies gewährleis-

⁴³ vgl. Paul Naefe - Einführung in das methodische Konstruieren; S.149ff

ten zu können, wird parallel zum neuen CAD-System ein dazu passendes PDM-System (=Produktdatenmanagement-System) im Unternehmen eingeführt.

Da hier immer mehr Daten, Informationen und auch der komplette Lebenslauf der Bauteile abgespeichert werden, entwickelt sich das PDM-System immer mehr zu einem PLM (=Product Lifecycle Management) -System. Durch die Archivierung jeglicher Schritte der Bauteilgeschichte kann eine Revisionierung und Versionierung des Bauteils sehr leicht nachvollzogen werden.

Ein weiterer Vorteil ist, dass Teile nach Fertigstellung der Konstruktionsarbeit ganz einfach per Mausklick freigegeben werden können. Somit ist es für die Werkstatt und die Arbeitsvorbereitung sehr einfach ersichtlich, ab wann ein Teil produziert werden kann und wo noch Konstruktionsbedarf herrscht. In diesem Bereich können nun auch Prozesse wie Freigabe, Änderungswesen, etc. einfach automatisiert werden.

Mittels integrierter Viewer- und Animationsprogramme kann eine Vorschau der CAD-Dateien von jedem Mitarbeiter und von jedem Ort im Unternehmen aus erstellt werden, was wiederum zum Beispiel die Montage oder die Fertigung von komplexen Bauteilen enorm erleichtert. Damit kann sich nun zum Beispiel auch der Schlosser oder Monteur ganz einfach die Bauteile im fertigen Zustand am Bildschirm ansehen. Damit fallen auch lange, intensive Studien der Fertigungszeichnungen, welche oftmals aus vielen verschiedenen undefinierbaren Linien bestehen, weg.

Durch den nahezu hundertprozentigen Detaillierungsgrad der Baugruppen im CAD, wo bereits automatisch fast die komplette Stückliste erzeugt wird, besteht nun die Möglichkeit diese über einen angefertigten Automatismus direkt in das ERP-System zu integrieren. Mittels dieser Methode entfällt von nun an, dass per Hand die Stücklisten im ERP erstellt werden müssen, wodurch auch mögliche Tippfehler oder Abweichungen der beiden Systeme wegfallen.

3.3.5 Baukastensystem

Wenn dem Konstrukteur keine Richtung vorgegeben wird, entsteht im Laufe der Jahre eine Vielzahl verschiedener Varianten eines Produktes. Dabei unterscheiden sich diese meist nur durch wenige Details. Dabei kann es sich um verschiedenste Zukaufteile, Normteile als auch eigen konstruierte Teile handeln. Ist es im Unternehmen schlecht möglich bestehende Bauteile zu recherchieren, ist es manchmal auch leichter und schneller einen Bauteil im System neu anzulegen. Durch diese Tatsache treibt der Konstrukteur die Herstell-, und Anschaffungskosten sowie die Durchlaufzeiten der einzelnen Teile unbewusst in die Höhe.

Um dem gegen zu steuern, ist eine sehr einfache Suche mit einer hohen Erfolgsquote im Unternehmen von großem Vorteil.

Aus diesem Grund macht es für einen Maschinen- und Anlagenbauer Sinn, ein so genanntes Baukastensystem zu entwickeln. In den meisten Fällen haben die Anlagen und Geräte auf die sie sich spezialisiert haben, immer dieselbe Funktionsweise und sehen daher ähnlich aus.

Somit ist es ein leichtes Spiel ein Baukastensystem zu schaffen. Dies besteht im Normalfall aus einer Vielzahl von verschiedenen Teilen, welche miteinander kombinierbar sind. Werden nun nur gewisse Teile gegen andere ausgetauscht, so entsteht in kürzester Zeit eine neue Anlage mit derselben Bauart nur in einer anderen Baugröße.

Bei dem betrachteten Unternehmen wurden aus diesem Grund verschiedene Baukastensysteme der einzelnen Produkte entwickelt. Beim Beispiel Förderband unterscheiden sich die meisten Bauteile nur in der Dimension Breite. Wird der Querverband der Tragkonstruktion ausgewechselt, so ergibt sich automatisch eine neue Baugröße des Förderbandes.

Somit besteht ein Baukastensystem aus vielen Einzelteilen, welche nahezu beliebig miteinander zu kombinieren sind. Als Vision einer perfekten Baukastenumsetzung kann dabei ein Baustein der Firma **LEGO®** gesehen werden. Diesem Baustein ist eine beliebige Kombination mit unterschiedlichsten anderen Steinen möglich, wodurch sich nahezu jede unterschiedliche Form und Funktion erfüllen lässt.

3.3.5.1 Variantenmanagement

Um dabei jeder Kundenanforderung gerecht zu werden, stellt sich nun die Frage, wie das Baukastensystem angelegt wird. Da jeder Kunde seine eigenen Anforderungen und Spezifikationen an seine Anlagen hat, werden verschiedenste Varianten der Produkte benötigt. Wie können sich die verschiedenen Varianten dabei unterscheiden?

- Oberflächenbeschaffung
verzinkt, lackiert, gebeizt, uvm.
- Werkstoff
normaler Stahl, rostfreier Stahl 1.4301, uvm.
- Schraubenverbindungen
galvanisch verzinkte, feuerverzinkte, rostfreie Schrauben
normale Schraubverbindung bestehend aus: Schraube ÿ Scheibe ÿ Mutter
Verwendung von selbstsichernden Muttern, oder Sicherungsscheiben
spezielle Kombinationen bei rostfreier Ausführung (Schraube A2 und Mutter A4)
uvm.
- etc.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, muss bereits in der Konstruktion ein Grundstein für diese Ausführungsvarianten gelegt werden. Im besten Fall werden alle Bauteile bereits auf den Stücklisten, welche sich schon auf der Fertigungszeichnung oder auf den Listen im ERP-System befinden, nach den Kundenwünschen beschrieben. Dies würde den Vorteil bringen, dass in der Fertigung nahezu keine Verwechslung der Anforderungen mehr passieren kann.

Um dabei aber die Konstruktion zu entlasten und eine unnötig hohe Anzahl von gleichen Zeichnungen mit unterschiedlichen Stücklisten zu verhindern, muss die Festlegung der Komponenteneigenschaften frühestens im ERP-Programm getroffen werden. Somit werden unnötig viele 3D-Modelle, welche nur zu Verwirrung und fälschlicher Verwendung führen können, verhindert.

Der Konstrukteur oder der zuständige Mitarbeiter in der Arbeitsvorbereitung soll nach Beendigung des Konstruktionsprozesses nun die Möglichkeit bekommen, über die Ausführung der Konstruktion zu bestimmen. Dabei soll im ERP ein Artikelaustausch durchgeführt werden, bei dem speziell die Werkstoffe und Verbindungseigenschaften der Bauteile nach den Kundenanforderungen definiert werden.

Durch die Einführung von einem Variantenmanagement treten folgende Vorteile auf⁴⁴:

- Verringerung der Konstruktionszeiten
- Vereinfachung Arbeitsvorbereitung & Fertigung
- kürzere Auftragsbearbeitung somit auch geringere Durchlaufzeiten
- flexibel auf Kundenwünsche
- weniger Aufwand bei der Weiterentwicklung der Varianten, bzw. deren Bauteile
- uvm.

3.3.6 Zukaufteile

Da in den Anlagen immer wieder Norm- und Zukaufteile verbaut sind, ist es wichtig auf diese Kategorie von Bauteilen ein besonderes Augenmerk zu legen. Gerade im Maschinen- und Anlagenbau bilden diese Komponenten einen großen Anteil an der Gesamtkonstruktion. Um einen reibungsfreien Konstruktionsprozess zu gewährleisten, sollte bereits in der Anfangsphase der CAD-Umstellung ein Großteil der Normteile zur Verfügung stehen. Die wichtigsten sind dabei Normteile der ISO und DIN-Reihe.

⁴⁴ vgl. Paul Naefe: Einführung in das methodische Konstruieren; S.157ff

Um die verschiedenen Normteile so rasch wie möglich zu finden und auf einfachstem Weg in der Konstruktion zu verbauen, sollte seitens des CAD-Systems bereits eine Bauteilbibliothek angelegt oder angefordert werden, welche sich auf einem zentralen Server befindet und von jedem Rechner abgefragt werden kann.

Um dasselbe auch für die verschiedenen Bauteile zu gewährleisten, muss ein einfaches Tool geschaffen werden, mit welchem alle Teile nach demselben Schema abgespeichert und gefunden werden können. Das Einfügen eines Normteils soll somit für den Konstrukteur genauso einfach funktionieren wie zum Beispiel das Zeichnen einer einfachen Linie. Um dabei ein leichtes Finden der Bauteile zu ermöglichen, würde sich eine sorgfältige Klassifizierung der Teile anbieten⁴⁵.



Abbildung 17: Normteilkatalog

Zur Verwendung von in CAD integrierten Bauteilbibliotheken werden von den verschiedenen CAD-Herstellern meist Lösungen angeboten. Diese müssen jedoch bei der Anschaffung vom System bereits berücksichtigt werden. Nach der Einführung des Systems können sie nach den Wünschen des jeweiligen Unternehmens beliebig angepasst und adaptiert werden.

Des Weiteren gibt es auch externe Firmen und Programme die eine Verwendung von Zukauf- und Normteilen vereinfachen sollen. Meist wird dabei schon ein riesiger Topf voll mit Bauteilen verschiedenster Hersteller und Normen angeboten. Diese können dann via

⁴⁵ vgl. Markus Knieps: Entwicklung von Konstruktionsrichtlinien für die Handhabung von 3D-CAD-Systemen zur Generierung komplexer Maschinenbaugruppen; S.25ff

einfacher Import-Verknüpfungen in das CAD-System geladen werden. Zu den Spitzenreitern der Hersteller solcher Produkte gehört wahrscheinlich die Firma CADENAS, welche sich auf ein intelligentes strategisches Teilemanagement spezialisiert hat.

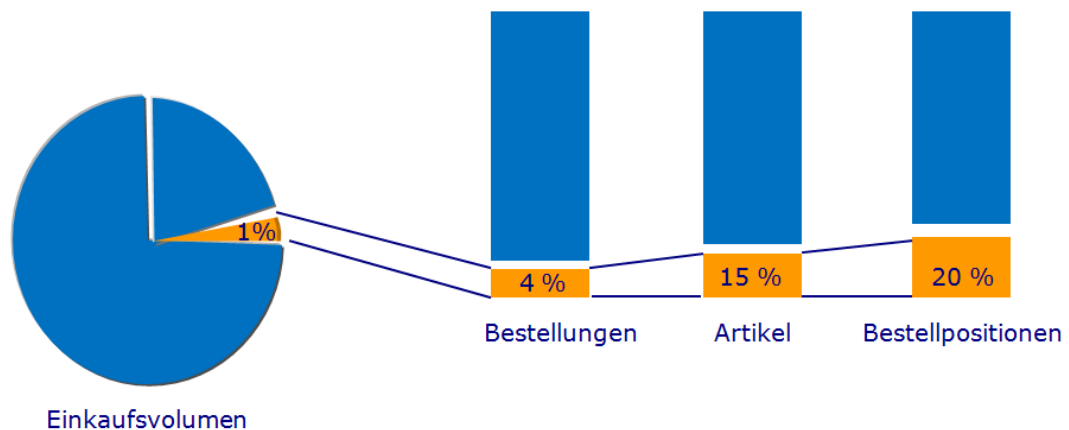
Um den anfänglichen Arbeitsaufwand aller Normteile nicht überzustrapazieren, sollten durch ein Auswahlverfahren die wichtigsten und am häufigsten benötigten Bauteile ermittelt werden. Hierfür würde sich eine einfache ABC-Analyse aller Zukaufteile besonders gut eignen.

Aufgrund der Tatsache, dass bei der Einführung einer Teilebibliothek alle Bauteile neu angelegt werden müssen und dies eine enorme Menge an Zeit beanspruchen kann, muss man die fast einmalige Chance im Unternehmen nutzen die Teilevielfalt der Zukaufteile zu minimieren. Im Laufe der Jahre wurden im ERP-System durch mangelnde und fehlerhafte Sachmerkmale viele Teile doppelt und dreifach angelegt. Daher werden oftmals gleiche Teile mit verschiedenen Artikelnummern doppelt im Lager und auf Bestellungen verbucht, was wiederum einen erhöhten Aufwand im Lager, Einkauf, etc. bedeutet und somit erhöhte Kosten verursacht. Aus diesem Grund hat man nun die fast einzigartige Chance auch die Prozesse anderer Abteilungen, wie zum Beispiel den Einkauf und das Lager, zu optimieren.

Durch eine einfache ABC-Analyse können die gesamten Zukaufteile nach ihrem Wert und auch deren Häufigkeit eingeteilt werden. Im Zuge dieser Analyse kann sehr leicht festgestellt werden, dass die Verbindungselemente (Schrauben, Muttern, Scheiben, etc.) der Klasse C zugeteilt werden können. Diese Gruppe hat in der Regel eine hohe Verwendungshäufigkeit, aber auch keinen hohen Wert. Daher stellt sich die Frage wie diese Teile bestellt und gelagert werden.

Tabelle 5: Häufigkeit von Verbindungselemente

	Anz. Bestellungen	Anz. Artikel	Anz. Bestellpos	Volumen
Verbindungsel.	219	827	2.653	264.235 €
doubrava Gesamt	5.174	5.462	13.433	24.546.191 €



Durch diese Grafik kann man sehr gut erkennen, wie sich die Bestellungen⁴⁶ von Verbindungselementen in Bezug auf die gesamten Bestellungen verhalten. Im Bereich Gesamtkosten fallen die Verbindungselemente zwar fast nicht auf, da sie weniger als 1 Prozent ausmachen, betrachtet man allerdings die Anzahl der Bestellpositionen, erkennt man sehr leicht, dass hier Schraubverbindungen knapp ein Fünftel des gesamten Bedarfes decken. Kann man nun diesen Wert minimieren, kann hier im Bereich der Bestellkosten ein hoher Betrag eingespart werden.

Warum gibt es nun so viele verschiedene Verbindungselemente? Dazu kann man folgende Faktoren aufzählen:

- DIN-Normen
- Werkstoffe, bzw. Festigkeit
- Längenabstufungen (ca. alle 5mm)
- Anwendungsfälle

⁴⁶ die Kosten pro Bestellung laut Controlling betragen 124ú

Um diese Menge zu reduzieren, müssen all diese Faktoren überdacht und genauestens analysiert werden.

- Warum muss ich genau diese Schraubennorm verwenden?
- Warum benötige ich diese Festigkeit?
- Wer schreibt diesen Schrauben vor?
- Warum benötigt man so viele unterschiedliche Schraubenlängen?
- etc.

In 90 % der Fälle hat man bei der Verwendung der Verbindungselemente keine besonderen Spezifikationen und Einschränkungen. Daher kann hier der Konstrukteur selbst bestimmen, welche Schrauben er verwendet. Bekommt der Konstrukteur hier nun die Möglichkeit nur bestimmte Schrauben und Schraubenlängen zu verwenden, kann er seine Konstruktion darauf anpassen. Somit wird die Teilevielfalt reduziert. Daher hat man sich im Unternehmen auf eine Reduzierung der Verbindungselemente geeinigt und fasst zum Beispiel folgende Schraubenlängen zusammen:

Tabelle 6: Reduzierung Schraubenlänge

DIN 933 8.8 galvanisch verzinkt		
Artikel	Menge [Stk]	Preis [€/Stk.]
M16 x 35	5 650	0,15
M16 x 40	14 704	0,18
M16 x 45	6 488	0,19
M16 x 50**	6 148	0,17
M16 x 50	580	0,22
M16 x 50	33 570	0,22
M16 x 50	33 570	*0,13

*Angebotspreis

** DIN 931

Durch die Reduzierung der Schraubenlängen, Schraubennormen und der verschiedenen Werkstoffe und Werkstofffestigkeiten kann nun erreicht werden, dass die die Bestellungen verringert werden. Daraus ergibt sich nun folgendes Einsparungspotential pro Jahr:

Tabelle 7: Einsparungspotential

	BISHER	NEU	
Bestellte Verbindungsvarianten	826	390	
Anzahl Bestellungen	219	100	
EKV	264.235 €	159.400 €* 104.835 €	104.835 €
Bestellkosten	27.083 €	12.367 €	14.716 €
Gesamtkosten	291.318 €	171.767 €	119.551 €

Damit die Norm- und Zukaufteile immer nach einem zu Beginn definierten Schema angelegt werden, wäre es optimal, wenn für diese Arbeiten nur bestimmte Mitarbeiter oder Abteilungen berechtigt werden. Somit wird gewährleistet, dass die Teile immer gleich aufgebaut und durch einfache Mausklicks ersetzt werden können. Um diesen Prozess weiter zu definieren und fixieren, wäre es vorteilhaft dies in den Anwenderrichtlinien zu vermerken.

Infolge der hundertprozentigen Detailierungsgenauigkeit welche vom Unternehmen angestrebt wird, muss der Konstrukteur jede einzelne Schrauben, Mutter, Scheibe, etc. im CAD-System platzieren und an seinen Kontaktflächen von anderen Bauteilen abhängig machen. Diese Vorgehensweise führt zwar zu einem hohen Arbeitsaufwand, ermöglicht aber, dass jede Bohrung im Zuge der Platzierung auf Position, Durchmesser, etc. kontrolliert werden kann und somit auch automatisch die korrekte Stückliste erzeugt wird. Um diesen Positionierungsprozess einer Schraubenverbindung zu beschleunigen und zu vereinfachen, wurde nun für jede Verbindung eine sogenannte Phantombaugruppe erzeugt.

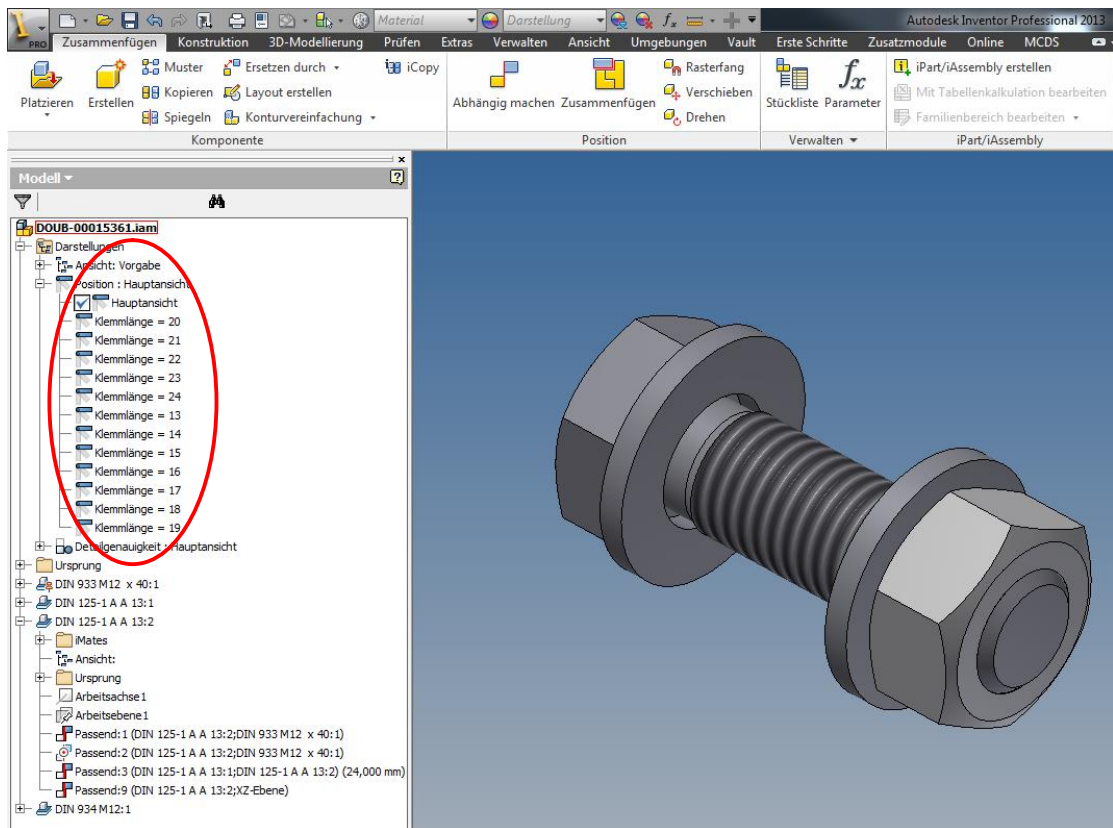


Abbildung 18: Phantombaugruppe i Schraubenverbindung

Durch diese Phantombaugruppe ist nun der Konstrukteur in der Lage, durch wenige Mausklicks seine gewünschte Schraubverbindung zusammenzustellen. Dabei kann er die Klemmlänge per Mausklick einstellen und danach das Verbindungselement als Einheit platzieren.

3.3.7 Schnittstellen zu anderen Programmen

Die im 3D-Systems erstellten Daten können meist auch für andere Zwecke verwendet werden. So bekommt man zum Beispiel die Möglichkeit, dass diese in Neutralformate exportiert werden. Darunter versteht man speziell Dateiformate, welche mit jeglichen CAD-Programmen kompatibel und austauschbar sind.

In vielen Fällen werden von den Kunden und auch von den Lieferanten andere Computerprogramme verwendet, daher ist dieser Punkt extrem wichtig. Im betrachteten Unternehmen wurden dazu folgende Exportfiles definiert:

Tabelle 8: Neutralformate

*.dwg	File-Format für Fertigungszeichnungen zur Verwendung im z.B.: AutoCAD
*.pdf	neutrales Dokument zum Betrachten der Fertigungszeichnung, lesbar auf nahezu jedem PC
*.step	File des 3D-Modelles zur Weitergabe an externe Firmen
*.dxf	File für die NC-Maschinen, beinhaltet z.B. die Abwicklung für die Laserschneidmaschine
*.xls	Stücklistenexport der Baugruppe ins Excel

Durch die Verwendung eines PDM/PLM-Systems besteht nun die Möglichkeit, dass die bereits im CAD-System generierten Stücklisten exportiert werden. Um das zu ermöglichen, muss ein hundertprozentiger Detaillierungsgrad der Baugruppen im 3D-System vorhanden sein. Durch einen weiteren Automatismus, welcher vom Unternehmen programmiert wurde, besteht nun die Chance, dass diese Daten sofort in das ERP-System eingelesen werden und kein manueller Eingriff erfolgen muss. Dies bringt wiederum den großen Vorteil mit sich, dass der Konstrukteur nicht wie früher jedes Bauteil von Hand in der Stückliste ergänzen muss, sondern sich hiermit viel Zeit und Kosten erspart. Somit kann es auch nicht passieren, dass man Positionen vergisst oder es zum Beispiel zu einem Ziffernsturz bei den Mengenangaben kommt.

Tabelle 9: Vergleich Stücklistenenerstellung (Annahme: ca. 20 Teile pro Baugruppe)

	Stücklisten im CAD erstellen	Stücklisten im ERP erstellen
Zeitbedarf im alten System	-	15-20min
Zeitbedarf JETZT	ca.5min	Automatismus

Bei diesem Vergleich der zwei Systeme muss jedoch berücksichtigt werden, dass im CAD-System jegliche stücklistenrelevanten Eigenschaften der Bauteile eingepflegt werden müssen. Daher verlagert sich der Zeitaufwand des CAD-Systems. Allerdings ist dieser Aufwand um einiges geringer als jener im ERP-Programm. Nach der Arbeitsweise des alten Systems wurden nur Stücklisten im ERP erstellt und keine direkt auf die jeweilige Fertigungszeichnung gedruckt. Der große Nachteil ist allerdings, dass jeder Bauteil einzeln gezählt und herausgesucht werden muss, somit ist der Zeitaufwand um einiges größer als mit der neuen Technik.

In der Anfangsphase der Programmumstellung wird noch parallel mit zwei CAD-Systeme gearbeitet, und da das alte Archiv im ganzen Unternehmen verbreitet ist und die Mitarbeiter in seiner Nutzung geschult sind, wurde entschieden, dass eine weitere Schnittstelle zwischen den zwei verschiedenen Zeichnungsarchiven vorhanden sein muss. Dazu wurde es nun nötig sich auf ein Neutralformat zu einigen, welches auf allen Rechnern im Unternehmen gelesen werden kann. Aus diesem Grund wird beim Freigabeprozess (siehe Kapitel 3.4.2) dieses Neutralformat der Fertigungszeichnung automatisch erzeugt und über einen firmenintern programmierten Automatismus in das alte Archiv abgespeichert. So ist es nun möglich jede Fertigungszeichnung, ob aus dem alten oder neuen System, in einem Programm zu suchen und zu lesen.

3.4 Auswirkungen auf den Betrieb

Im Zuge der Umstellung in der Konstruktion, welche eine komplett andere Arbeitsweise erfordert, müssen nun viele verschiedene Prozesse überdacht und abgeändert werden. Dies betrifft nicht nur die Konstruktion, welche sich nun auf das neue System einstellen muss, sondern auch das gesamte Unternehmen, welches teilweise direkt oder auch indirekt davon beeinflusst wird.

In diesem Kapitel werden die schwerwiegendsten Änderungen im Unternehmen und den betroffenen Abteilungen genauer betrachtet und analysiert.

3.4.1 Veränderungen im Konstruktionsprozess

Um neue Methoden für eine verbesserte Konstruktion zu entwickeln, muss sich primär die Arbeitsmethodik inklusive deren Anforderungen grundlegend ändern. Dabei muss in Zukunft der oberste Wunsch eines Konstrukteurs sein, dass seine Entwicklungen fehlerfrei und qualitativ hochwertiger sind, beziehungsweise dass deren Fehler zum frühesten möglichen Zeitpunkt erkannt werden können. Dies wird unter anderem durch die Aussage über das Verhältnis von Kostenfestlegung zu Kostenverursachen von 70% zu 30%⁴⁷ aus-

⁴⁷ vgl. Wissussek Dieter : Konstruktionslehre IV : Grundlagen des methodischen Konstruierens

gedrückt. Dadurch soll gesagt werden, dass ungefähr 70% der Kosten eines Produktes bereits in der Konstruktion und Entwicklung festgelegt werden, wobei aber nur ca. 30% der Kosten des Produktes in diesem Bereich anfallen. Die restlichen Kosten entstehen erst in den nachfolgenden Prozessen.

Da durch die Verwendung einer modernen 3D-Software auch der komplette Arbeitsprozess (von der ersten Idee bis hin zur fertigen Konstruktion) alles grundlegend anders ist als bei der alten zweidimensionalen Software, muss sich nun auch der Konstruktionsprozess grundlegend ändern.

Betrachtet man die Arbeitsmethodik im zweidimensionalen Raum, so wird hier mit dem Skizzieren der nötigen Ansichten und deren Details begonnen. Das grobe Konzept wird dabei immer weiter verfeinert, so dass nahezu alle wichtigen Bauteile und deren Linien darin enthalten sind. Daraus werden nun die einzelnen Bauteile abgeleitet und separat nochmals detailliert. Bei dieser Vorgehensweise muss allerdings beachtet werden, dass nicht jedes Detail in jeder Ansicht berücksichtigt werden kann, da sonst in kürzester Zeit ein schwarzer Fleck entstehen würde, wo man keine Teile und Linien mehr auseinander halten kann. Dies hat natürlich zur Folge, dass viele Details und somit mögliche Kollisionspunkte verloren gehen. Somit ist diese Arbeitsweise und das verwendete Werkzeug für eine möglichst fehlerfreie Konstruktion unzureichend genau.

In der modernen Technik beginnt man zwar ebenfalls mit den verschiedensten Linien, jedoch bereits in allen drei Dimensionen. Durch das so genannte Verdicken dieser Flächen ergeben sich nun die einzelnen Volumenkörper. Da hier jede Ecke und Kante aus allen möglichen Blickrichtungen betrachtet werden kann, besteht die Möglichkeit die Konstruktion bis ins kleinste Detail auszuführen und dabei alles bis zur kleinsten Scheibe in die Konstruktion einzuplanen. Erst wenn das Modell der Baugruppe fertig erstellt wird, beginnt man mit der Ableitung der Bauteile und deren Ansichten in zwei Dimensionen. Im 2D-Bereich der Software wird nun hauptsächlich die bereits entwickelte Konstruktion zu Papier gebracht und für die nötigen Fertigungsschritte vorbereitet. Es kann somit gesagt werden, dass die Fertigungszeichnung so etwas wie ein Abfallprodukt des 3D-Modelles ist.

Durch die steigende Komplexität der Maschinen und Anlagen hat man durch dieses multifunktionale System weit mehr Möglichkeiten Kollisionspunkte zu finden und die Konstruktionen noch weiter zu entwickeln. Durch die ausführliche Visualisierung ist somit auch eine bessere Abschätzung der Montagemöglichkeiten für den Konstrukteur und auch die Fertiger möglich, wodurch sich die Gefahr von aufwendigen Konstruktionsänderungen im Nachhinein drastisch verringert⁴⁸.

⁴⁸ vgl. Markus Knieps: Entwicklung von Konstruktionsrichtlinien für die Handhabung von 3D-CAD-Systemen zur Generierung komplexer Maschinenbaugruppen; S.22f

Im Falle einer Änderung von Bauteilen kann einer der größten Vorteile der modernen 3D-Welt ausgespielt werden. Hier liegt der Nutzen darin, dass nach dem einmaligen Ändern eines Bauteils, welcher in beliebig vielen Baugruppen verbaut sein kann, sich dieser bei jedem Öffnen der Baugruppe neu lädt und somit selbst aktualisiert. Würde man eine Änderung in der alten Technologie vollziehen, so müsste dieser Bauteil in jeder einzelnen Zeichnung, in der der Teil verbaut ist, ebenfalls geändert werden. Hier kommt der große Nachteil der unabhängigen dummen Linien, welche keine Bezugspunkte, etc. haben, zu tragen.

Aufgrund der Tatsache, dass der Markt immer noch kürzere Durchlaufzeiten (Time-to-Market) der Produkte verlangt, ist es immer öfter nötig, dass mehrere Konstrukteure gleichzeitig an einem Projekt arbeiten (siehe auch Kapitel 2.3.1.1). Dabei kommt der soeben genannte Vorteil der automatischen Aktualisierung der Bauteile ebenfalls zu gelten. Dadurch ist es den Entwicklern möglich, zur selben Zeit am selben Projekt zu arbeiten und nach der automatischen Aktualisierung beim Laden immer den neuesten Stand am Bildschirm zu haben. Durch die Internet- und Servertechnologie macht es dabei keinen Unterschied, wenn diese Arbeitsplätze weltweit auf unterschiedlichen Standorten verteilt sind.

Des Weiteren können Änderungen von Teilen im 3D-System durch einfache Mausklicks und durch Ändern der gewünschten Parameter vollzogen werden. Es werden sofort alle zugehörigen Ansichten abgeändert. Bei der alten Technologie hat dies leider sehr viel Zeit und Konzentration beansprucht.

Es können somit auch bereits modellierte Daten der Bauteile für weitere Verfahren und Ergebnisse verwendet werden. Es ist sehr einfach möglich, verschiedene Analysen der Bauteile zu vollziehen. Eine der am häufigsten verwendeten Analysen ist dabei die Finite-Elemente-Analyse. Die Bauteile können hier nach den verschiedenen Belastungsfällen ihrer Einsatzgebiete simuliert und getestet werden. Dabei sollte jedoch beachtet werden, dass die Analyse sehr einfach und beliebig durchgeführt werden kann, jedoch die Ergebnisse auch durch falsche Interpretationen zu Fehlern führen können.

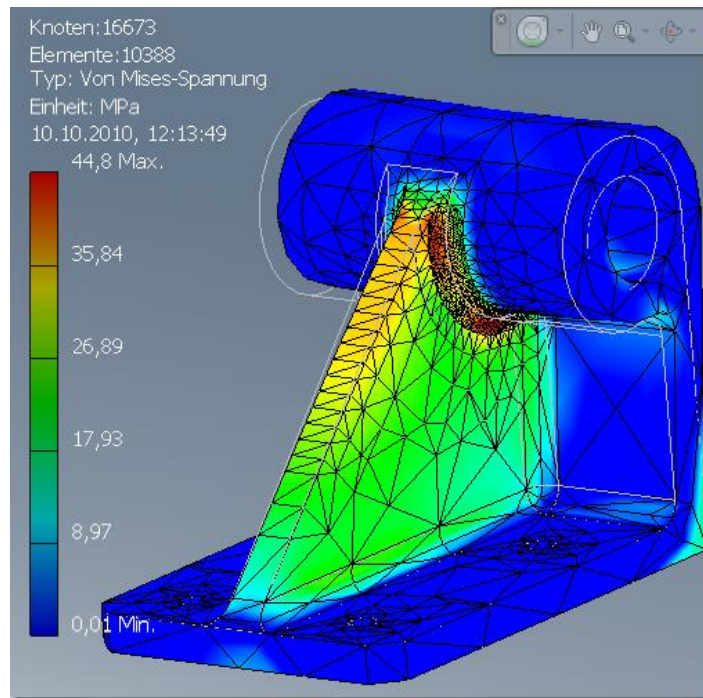


Abbildung 19: Finite Elemente i Analyse

Eine weitere Form der Analyse des 3D-Modelles liegt im Bereich der Bewegungsabläufe. Hier besteht die Möglichkeit, die entwickelten Baugruppen hinsichtlich ihrer Positionierungsabhängigkeiten zu bewegen, und somit auf ihre Funktionalität und Bewegungsfreiheit zu überprüfen. Dadurch kann im Bereich des Prototypenbaus, welcher sehr kosten- und zeitintensiv ist, viel Geld gespart werden.

Im betrachteten Unternehmen bestehen die Konstruktionen sehr oft aus Blechen, wodurch es durch die moderne Technologie zu größeren Änderungen im Prozess kommen wird. Diese Bleche werden im gekanteten Zustand modelliert und später über ein spezielles Softwaretool weiterbearbeitet und deren Abwicklungen erzeugt. Dabei erkennt das System nach Eingabe der Blechdicke sofort, welches Werkzeug in der Fertigung des Unternehmens verwendet wird und definiert dabei selbstständig die nötigen Kantradien und deren benötigten Freistellungen. Durch die Eingabe aller Daten der Fertigung muss sich nun der Konstrukteur kaum mehr auf die zugehörigen Abwicklungen konzentrieren, da dies nahezu vollautomatisch durch das System geschieht.

Nach Beendigung der Konstruktion können nun die gewonnen Daten des Systems für weitere Zwecke verwendet werden. So besteht die Möglichkeit, die Daten der Modelle für spätere Stücklisten weiterzuverwenden. Ebenso können die erzeugten Abwicklungen der Bauteile zur Herstellung der Halbzeuge verwendet werden.

3.4.2 Optimierter Änderungs- und Freigabeprozess

Durch die Einführung eines PDM-Programms bekommt das Unternehmen nun die Möglichkeit, viele Arbeitsschritte des Konstrukteurs zu vereinfachen und schneller zu gestalten. Da man sich bei der Einführung des neuen Systems auch für eine moderne Datenverwaltungssoftware entschieden hat, können damit verschiedenste Prozesse automatisiert werden.

Einer der wichtigsten ist dabei der Freigabeprozess. In der alten CAD-Welt lief dieser folgendermaßen ab: nachdem die verschiedenen Komponenten und Anlagen entwickelt und gezeichnet worden waren, begannen nebensächliche Arbeiten, welche die erstellten Konstruktionen mit sich zogen. Alle verbauten und benötigten Teile und Materialien mussten nun Schritt für Schritt in Form von Stücklisten von Hand im ERP-System nachgetragen werden. Anschließend wurden diese im Produktiv-Bereich der Datenbank freigegeben. Außerdem hatte der Konstrukteur die Aufgabe, seine Entwicklungen und deren fertigungstechnische Daten (Zeichnungen und Stücklisten) der Fertigung zur Verfügung zu stellen. Dazu musste zum Beispiel von jedem Blechteil ein neutrales Format für den Laserschnitt von Hand erzeugt und aufbereitet werden. Sobald alle Arbeiten rund um die Konstruktion erledigt waren, wurden die Zeichnungen ausgedruckt und zur Arbeitsvorbereitung weitergegeben.

Wie man sieht, hängt an einer Konstruktion eine Menge (konstruktionstechnisch gesehen) sekundärer Arbeit eines Konstrukteurs, welche in den meisten Fällen fast denselben Aufwand bedeutet wie die Entwicklung der Bauteile selbst. Um dabei den Konstrukteur von dieser sekundären Arbeit zu entlasten und ihm mehr Zeit für seine Haupttätigkeiten zu verschaffen, hat man nun die Möglichkeit, mithilfe des modernen PDM-Systems einige Arbeitsschritte zu erleichtern oder sie sogar zu automatisieren.

Wie kann nun dieser Prozess optimiert werden? Wie kann die Arbeitsweise des Konstrukteurs vereinfacht und somit auch qualitativ hochwertiger gemacht werden? Nach Beendigung der Konstruktionsphase, während die Bauteile und deren Baugruppen entwickelt werden, müssen auch die zugehörigen Zeichnungen und 3D-Modelle archiviert und für irrtümliche Änderungen gesperrt werden. Falls nach der konstruktiven Fertigstellung der Teile Änderungen auf den Zeichnungen geschehen, obwohl diese schon in der Fertigung sind, kann dies zu Verwirrung und Fehlkonstruktionen führen, sodass im schlimmsten Fall die produzierten Geräte nicht mehr den aktuellen Zeichnungen und deren Abmaßen entsprechen. Aus diesem Grund müssen nach Beendigung der Konstruktion die Modelle durch Dritte geprüft und manchmal auch durch den Kunden bestätigt werden, bevor die entwickelten Modelle und deren Zeichnungen zur Produktion freigegeben und dadurch gesperrt werden. Anschließend gelangen die freigegebenen Zeichnungen weiter zur Fertigung, bzw. zuerst noch zur Arbeitsvorbereitung, wo sie auf die nötigen Produktionsschritte vorbereitet werden.

Bei dieser Freigabe können nun unterschiedliche Prozesse angehängt werden. Dabei besteht die Möglichkeit, dass verschiedenste Daten, welche die 3D-Modelle beherbergen, über zusätzliche Tools automatisch generiert werden. Da man im betrachteten Unternehmen einen hundertprozentigen Detaillierungsgrad anstrebt, hat man die Möglichkeit, im Konstruktionsmodell die Stückliste bereits zu erzeugen. Daher stellt sich die Frage, warum man diese Liste auch nochmals von Hand im ERP-System erstellen sollte. Um sich diesen Arbeitsschritt zu ersparen wird ein kleines Tool entwickelt, mit welchem man die Daten direkt über ein csv-File⁴⁹ in die ERP-Datenbank transferiert.

Ein weiterer Prozess, welcher durch einen Automatismus ersetzt werden kann, ist der Export von softwareneutralen Formaten. Durch diese Dateiformate ist es nun einfach und ohne unnötigen Aufwand möglich, die erzeugten Daten zum Beispiel an Kunden weiter zu geben, oder sie für andere Anwendungen im Unternehmen zu verwenden. So werden zum Beispiel dxf-Files⁵⁰ der Blechabwicklungen und pdf-Files⁵¹ der Zeichnungen zur raschen Ansicht erzeugt. Anschließend werden diese für die Programmierung von NC-Maschinen zum Zuschnitt der Grundbleche verwendet.

Um dabei einen Vergleich herstellen zu können, wird eine Baugruppe mit 20 verschiedenen Bauteilen verwendet. Es können folgende Einsparungen getroffen werden:

Tabelle 10: Gegenüberstellung der CAD-Systeme im Bezug auf deren Zeitpotential

	2D-System	3D-System inkl. Freigabeprozess
Stückliste erstellen	ca. 15-20min	ca. 5min
Neutralformate (dxf, dwg, pdf) erstellen	ca. 2min pro Bauteil	vollautomatisch

⁴⁹ csv-File (= Comma-separated values), ist ein Dateityp welcher den Aufbau einer Textdatei zur Speicherung von einfachen Daten darstellt. Es kann dabei einfache Listen und Tabellen abbilden.

⁵⁰ dxf-File (= drawing interchange format), wurde von der Fa. AutoCAD entwickelt und dient weltweit als Zeichnungsaustauschformat zu anderen CAD-Systemen und Programmen.

⁵¹ pdf-Files (= portable document format), ist ein plattformunabhängiges Dateiformat für Dokumente, welches unabhängig von dem ursprünglichen Anwendungsprogramm ist und somit von jedem PC ohne der speziellen Software geöffnet werden kann.

Mittels dieser Tabelle kann man die potentielle Zeitersparnis durch diese Automatismen erkennen. Nimmt man dabei an, dass ein Konstrukteur im Durchschnitt pro Tag etwa 20 Teile, beziehungsweise zwei Baugruppen erstellt, so kann gesagt werden, dass am Tag fast eine Stunde sekundäre Arbeit eingespart werden kann. Die so gewonnene Zeit kann nun für produktivere Tätigkeiten genutzt werden.

Ist es nach der Freigabe jedoch nochmals nötig, dass gewisse Teile oder Baugruppen überarbeitet werden, so übernimmt das PDM-System automatisch die Kennzeichnung aller mit der durchgeführten Revision geänderten Daten. Somit sind ein Irrtum in der Produktion und eine fehlerhafte Dokumentation nahezu ausgeschlossen.

3.4.3 Verbesserungen in der Projektierung

Die Anwendung von CAD-Programmen beginnt bereits in der Projektierungsphase, wo erste Konzepte und Entwürfe der Anlage erarbeitet werden. So ist es auch hier schon nötig, maßstabsgetreue Zeichnungen anzufertigen. In den meisten Fällen wird hierzu als Basis ein schematischer Prozessablauf (auch oft als Flowchart bezeichnet) verwendet. In dieser Grafik sind alle anlagenwichtigen Komponenten dargestellt. Dies ermöglicht dem Projektleiter, die ersten Entwürfe der Anlage zu erstellen.

Da bis dato hier dasselbe CAD-Programm wie in der Konstruktion verwendet wurde, sollte auch hier auf das neue System umgestellt werden. In der Planungsphase werden viele Details der späteren Komponenten noch nicht benötigt, daher gibt es hier mehrere Möglichkeiten für den Projektleiter mit dem Programm zu arbeiten.

Muss eine Anlagenkomponente komplett neu entwickelt oder konstruiert werden, so hat der Projektant die Möglichkeit mit einem Platzhalter, auch oft bezeichnet als Dummy, zu arbeiten. Dabei wird ein grober Klotz, der die wichtigsten Abmaße und eventuell Störkanten beinhaltet, modelliert. Dieser Dummy muss in der Anfangsphase des Projektes nur seinen Platz reservieren und wenn möglich seine spätere Funktion andeuten. Dabei soll er dem Verwender eindeutig Rückschlüsse auf seine spätere Identität ermöglichen. Je weiter das Projekt dabei fortschreitet, umso mehr wird der Dummy immer mehr detailliert, und zum Schluss der kompletten Anlagenplanung durch das fertige Modell aus der Konstruktion ersetzt.

Eine andere Arbeitsmethode des Projektleiters kann bedeuten, dass er bereits fertig entwickelte Bauteile zu seiner Planung verwendet. Hier kann ein im Unternehmen vorhandener Produktkatalog von großem Vorteil sein. Werden dabei immer wieder gleiche Komponenten verbaut, so ist es für das Unternehmen sehr einfach, diese in jeder Abteilung sprichwörtlich aus der Schublade zu ziehen oder auch gewisse Teile oder Komponenten auf Lager zu legen und somit eine rasche Durchlaufzeit im Betrieb zu gewährleisten.

Wird nun diese Methode angewendet und ein Großteil der Bauteile besteht aus fertigen Komponenten, welche nur aus der Datenbank geladen werden müssen, so kann es je-

doch passieren, dass man im Projektplan zu viele Details und extrem große Dateien verwendet. Da dies den Kunden oftmals nur verwirrt und von den hier wichtigen Fakten ablenkt, wird überlegt, von den detailgetreuen Baugruppen wieder wegzugehen und mehr grobe Klötze zu verwenden. Somit bleibt die Dateigröße der Anlage relativ gering, was natürlich dem sehr einfachen und raschen Datenaustausch zwischen Kunde und Unternehmen zu Gute kommt.

Um dabei eine gesunde Mischung zwischen Dummies und detaillierten Modelle zu finden, hat man sich dabei im Unternehmen entschieden von den detaillierten Modellen nur vereinfachte Konturableitungen zu generieren. Dabei verschmilzt das 3D-System alle Einzelteile der Komponente zu einem großen Klotz, wobei jedoch ein Großteil der Details der Bauteile bestehen bleiben. So ist es nun möglich, dem Kunden ein detailliertes Modell mit geringster Speichergröße zu liefern.

Da im Unternehmen auch eine Lizenz zur Finiten Elemente Berechnung mit gekauft wurde, bekommt man bereits in der Projektierung die Möglichkeit seine Entwürfe genauer zu analysieren. So kann der Projektleiter bereits wichtige Bauteile analysieren und dadurch eine Grobauslegung erstellen. Wird zum Beispiel eine Förderbandstütze in Form eines Klotzes mit einem Skelett modelliert, so kann dieses Modell durch Zuweisung der wichtigsten Daten bereits auf seine Festigkeit überprüft werden.

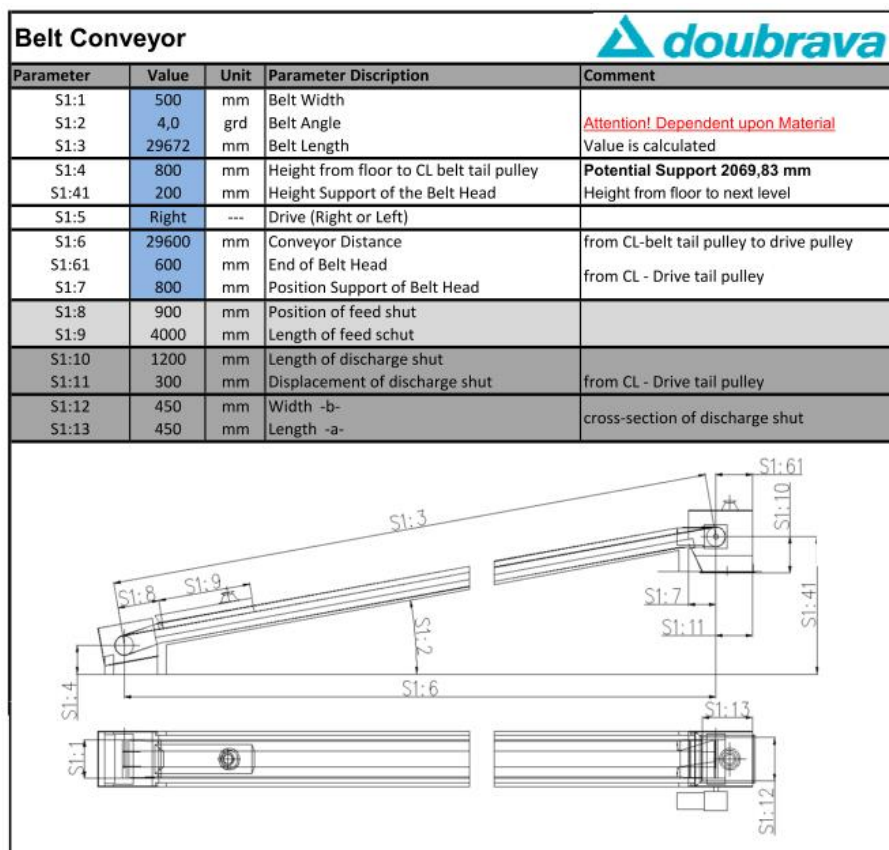


Abbildung 20: Planungsmodell-Generator via Excel-File

Durch die Möglichkeit, alle Daten der Modelle per Parameter zu steuern, besteht nun die Möglichkeit von Seiten des Projektleiters, seine eingesetzten Dummies jederzeit ganz einfach zu verändern und zu steuern. Somit sind Änderungen rasch zu vollziehen. Aus diesem Grund wird in der Projektabteilung die Einplanung der verschiedenen Anlagen-Dummies mit einem Tabellenprogramm unterstützt. In diesem Fall wird hier ein Excel-File (Abbildung 20) verwendet. Es wird darin die jeweilige Komponente mit deren wichtigsten Daten und dazugehörigen Skizzen hinterlegt. So ist eine einfache Erstellung der Komponente möglich.

Um diesen Generator noch weiter auszureizen, können in der Tabellenkalkulation auch andere Eigenschaften der späteren Anlagenteile berechnet werden. So kann zum Beispiel auch eine grobe Kostenkalkulation⁵² der Bauteile oder ähnliches durchgeführt werden.

3.4.4 Dokumentationsmöglichkeiten

Viele Kunden, im speziellen große Konzerne, fordern immer exaktere und speziell mit ihren Vorstellungen konzipierte Dokumentationen der Anlagen. Dabei ist es im Unternehmen wichtig, auf die Vorstellungen der Kunden genau einzugehen und ihre Forderungen zu erfüllen.

Da in vielen Fällen sich der Kunde die Anlagen selbst aufstellt oder nur Supervisors des Herstellers anwesend sind, ist es nötig eine exakte Montagedokumentation der Anlagen zu besitzen. Die Dokumentation sollte so einfach wie möglich aufgebaut sein, sodass der Anwender jedes wichtige Detail auf den ersten Blick erkennen und korrekt verstehen kann.

Hierfür sind zum Beispiel Explosionsdarstellungen der zu montierenden Bauteile vorteilhaft. Bei diesen Darstellungen wird durch einfaches Auseinanderziehen der Bauteile eine Illustration erstellt, auf der schnell erkannt werden kann, in welcher Reihenfolge die Teile zur Baugruppe oder Anlage hinzugefügt werden können. Gerade in diesem Sektor können moderne 3D-Systeme ihre Überlegenheit ausspielen⁵³. Durch die dreidimensionale Darstellung der Bauteile ist es den Monteuren oder Kunden sehr leicht und schnell möglich, die Zeichnungen korrekt zu interpretieren und somit die Anlageteile richtig zu montieren und auch zu warten.

⁵² vgl. Wolfram Schlöter - Strategien zur Effizienzsteigerung von Konstruktion und Fertigung für einen optimierten Produktentwicklungsprozess im Sondermaschinenbau; S.41

⁵³ vgl. Thomas Schneider: Konzeption einer 3D-CAD Datenstruktur für eine benutzergerechte Handhabung von sehr großen, komplexen Baugruppen; S.76f

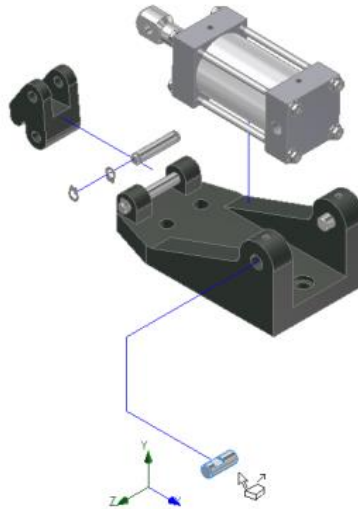


Abbildung 21: Beispiel einer Explosionsansicht zur Unterstützung bei der Montage

Eine andere, womöglich in Zukunft immer öfter angewandte Version von Dokumentation, wird auf interaktiver Basis geschehen. Dabei wird zum Beispiel ein Datenträger mit allen nötigen 3D-Modellen, welche für die Montage oder Wartung der Anlage gebraucht werden, für den Kunden erstellt. Um dabei nicht eine lizenzierte Version der CAD-Software verwenden zu müssen, bieten die meisten Softwareanbieter eine lizenzfreie Version zur reinen Visualisierung der 3D-Modelle an. Mit diesen Files und dem Programm kann nun der Anwender verschiedenste Dinge abmessen, die Modelle aus jeder möglichen Blickrichtung betrachten und verschiedene Bauteile ein- und ausblenden. Somit hat er die Möglichkeit, die Konstruktion genauestens zu betrachten und deren Funktionen verstehen zu lernen.

3.4.5 Auswirkungen auf die Fertigung, Vertrieb, Marketing, etc.

Um das umfangreiche Potential einer modernen CAD-Software einzusetzen, werden auch andere Abteilungen abseits der Konstruktion zu Nutznießern. Die gewonnen Daten der Konstruktionen können auch bei anderen Prozessen im Unternehmen eingesetzt werden und somit zu deren Verbesserung führen.

So beginnt dies bereits ganz am Anfang der Prozesskette eines Unternehmens im Verkauf. Hier können die unter Kapitel 3.4.4 beschriebenen virtuellen Darstellungsmöglichkeiten als Präsentationsgrundlage gegenüber dem Kunden bei der Angebotsanfrage bereits verwendet werden. In den meisten Fällen erfordern detaillierte Zeichnungen von Anlagen ein hohes technisches Grundwissen des Betrachters. Dieses Wissen und Verständnis ist jedoch in vielen Abteilungen abseits der Technik (z.B.: Verkauf, Einkauf, Marketing, etc.) meist nur geringfügig vorhanden. Aus diesem Grund ist eine Aufbereitung von Verkaufsunterlagen durch eine einfache grafische Darstellung der Anlagenkomponenten in Form von virtuellen 3D-Bildern von Vorteil. Dadurch kann sich jeder Betrachter sofort etwas

vorstellen und sich ein Bild von der Funktion der Maschine machen⁵⁴. Erhält nun der potentielle Kunde einen visuellen Eindruck der späteren Anlage, so hat er sofort eine andere Entscheidungsgrundlage, und die Chancen auf einen Kauf steigen. Wenn dem Kunden bereits in der Angebotsphase ein Konzept der Anlage mit deren Grobabmessungen in Form eines 3D-Modelles vorgelegt wird, so hat das Unternehmen nach Vertragsabschluss den Vorteil sofort eine Planungsgrundlage zu besitzen. Somit können Abstimmungen mit dem Kunden weit früher und effektiver vollzogen, und die darauf folgenden Prozesse rascher durchgeführt werden⁵⁵.

Dieser visuelle Effekt hat nicht nur aus der Sicht des Verkaufes einen positiven Beigeschmack. Die dreidimensionale Darstellung der Komponenten kann auch förderlich in der Fertigung sein. Speziell in der Produktion soll es ebenso Zugriff auf die Vorschaudateien der 3D-Modelle geben. Dabei kann sich zum Beispiel der Schlosser durch einen raschen Blick auf die 3D-Modelle versichern, dass er die Fertigungszeichnung korrekt verstanden hat, und die Fehlerwahrscheinlichkeit sinkt. Des Weiteren sollte auf jeder Fertigungszeichnung eine dreidimensionale Abbildung der Konstruktion vorhanden sein. Im betrachteten Unternehmen wird es somit im Zuge der Umstellung des CAD-Systems und der daraus entstandenen Konstruktionsrichtlinien dazu kommen, dass bei jeder neu erstellten Fertigungszeichnung über dem Schriftkopf eine 3D-Ansicht abgebildet werden muss. Durch diese Grafik bekommt nun der Betrachter, wenn er nur einen kurzen Blick darauf wirft, ein Gefühl wie dieser Bauteil nach dessen Bearbeitung aussehen soll, beziehungsweise wird es ihm erleichtert, diesen rasch unter den vielen Teilen am jeweiligen Lagerplatz zu identifizieren.

Der Zugang zu den virtuellen Vorschaumodellen der verschiedenen Konstruktionen und Anlagen sollte im Unternehmen den meisten Personen möglich sein. So kann sich jeder im Unternehmen ganz einfach ein Bild von den Bauteilen machen und ihre Funktionen verstehen.

3.4.6 Virtuelle Entwicklung

Der wahrscheinlich größte Unterschied der modernen CAD-Welt zur bestehenden Technik im Unternehmen wird wahrscheinlich auch die Entwicklung der Produkte betreffen. Beim alten System war es leider nicht sinnvoll, bis zum kleinsten Bauteil alles in der Zeichnung einzuzeichnen. Wäre dies der Fall, so würde neben einer fast schwarz gedruckten Zeichnung auch ein totales Chaos an undefinierten Linien entstehen. Es wäre fast unmöglich, die wichtigsten Teile auf der Zeichnung erkennen zu können oder ihre

⁵⁴ vgl. Wolfram Schloter in Strategien zur Effizienzsteigerung von Konstruktion und Fertigung für einen optimierten Produktentwicklungsprozess im Sondermaschinenbau; S.41

⁵⁵ vgl. Konstruktionspraxis in Vogel Business Media in 3D-Konstruktion beschleunigt Vertriebs- und Konstruktionsprozess; 03.04.2012

Funktion darauf zu analysieren. Aus diesem Grund werden im alten System nur die wichtigsten Teile mit deren Umrisse meistens in den Baugruppen eingetragen. Auf das Eintragen vieler Teile, speziell auch von Verbindungselementen, wird dabei bewusst verzichtet. Der Entwickler oder Konstrukteur konzentriert sich dabei hauptsächlich auf die Hauptbestandteile. Dies hat zur Folge, dass wichtige Details verloren gehen können und somit endgültige Gewissheit über die Funktion der Baugruppen erst in der Werkstatt bei der Montage herrscht.

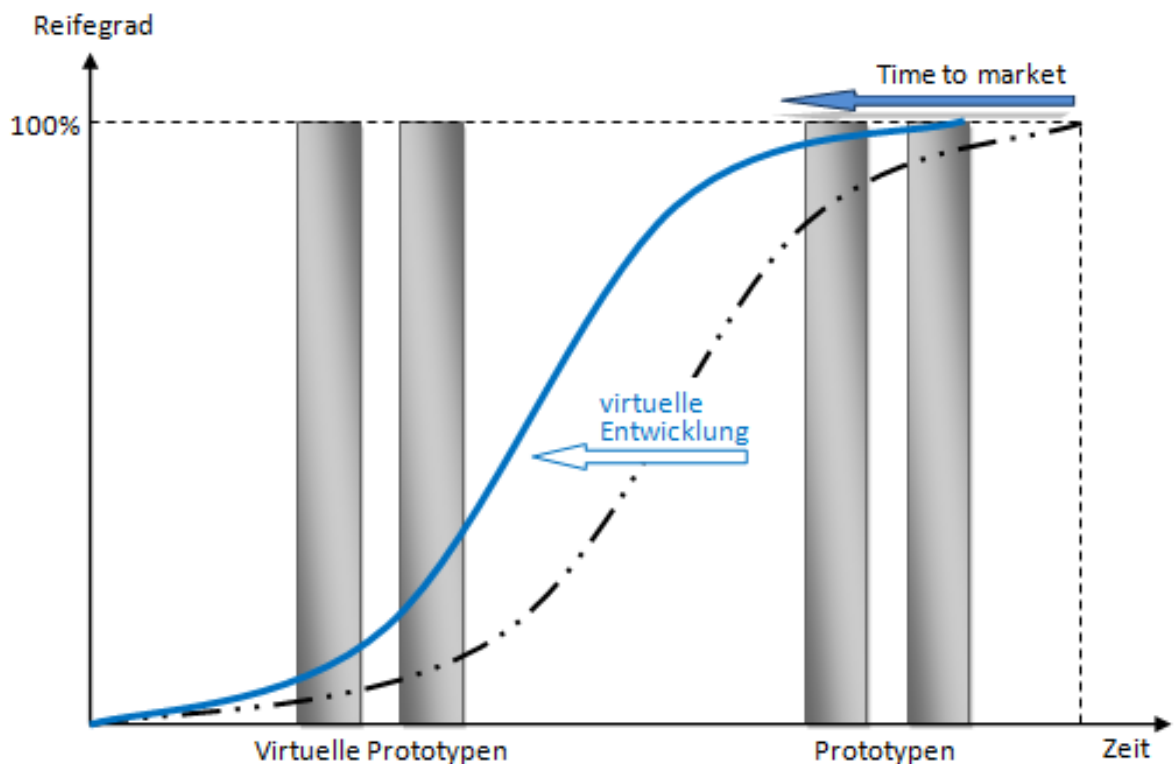


Abbildung 22: Verschiebung der Entwicklungszeiten

Bei der Entwicklung von Komponenten und deren Bauteile mittels des modernen CAD-Werkzeuges kann nun bis zur kleinsten Schraube jeder Bauteil eingeplant werden. Dies hat zur Folge, dass sich der Konstrukteur bereits in der Entwicklungsphase über die Passform der Teile vergewissern kann. Das Produkt kann dadurch vor der echten Montage, und Inbetriebnahme bereits am Bildschirm virtuell getestet werden. Durch den frühen Reifungsgrad der Bauteile wird eine kürzere Entwicklungszeit garantiert, die dem Unternehmen, so wie in Abbildung 22 abgebildet, einen verkürzten Time-to-Market ermöglicht⁵⁶. Dies bedeutet, dass das Unternehmen früher in der Lage sein wird, sein Produkt, dem Kunden zu liefern. Dieser komparative Konkurrenzvorteil ermöglicht es nun dem Un-

⁵⁶ vgl. Ulrich Seiffert & Gotthard Rainer: Virtuelle Produktentstehung für Fahrzeug und Antrieb im Kfz; S.8ff

ternehmen, sich viel früher um andere Entwicklungen oder Kunden zu kümmern und dessen Wünsche zu erfüllen.

Außerdem kann nun jeder an der Entwicklung beteiligte Mitarbeiter sich über jeden Bauteil informieren und diesen analysieren. Somit muss nicht mehr wie früher erst auf den spannenden Moment in der Werkstatt oder der Baustelle gewartet werden, wo eventuell noch Kinderkrankheiten der Entwicklung hervorkommen könnten⁵⁷.

⁵⁷ vgl. Ulrich Sandler & Volker Wawer i CAD und PDM, Prozessoptimierung durch Integration; S.147ff

4 Erkenntnisse & Ausblick

Durch die soeben beschriebenen Vorteile des neuen Systems wird nun immer deutlicher, dass sich eine Umstellung des Konstruktionsprozess nicht nur auf die primär betroffene Abteilung auswirkt, sondern vielmehr die komplette Firma beeinflusst. Somit ist es nun notwendig, dass jeder Prozess im Unternehmen darauf angepasst wird und dadurch schlussendlich im Gesamten gesehen ein optimiertes Ergebnis im Betrieb erreicht wird.

Um die gerade eben beschriebenen Ergebnisse und Auswirkungen der CAD-Umstellung im betrachteten Unternehmen noch einmal zusammenzufassen und dabei den Produktenstehungsprozess, welcher in der Abbildung 15 bereits aus der Sicht des bisherigen Arbeitsablaufes beschrieben wurde, zu aktualisieren, wird dieser Prozess nun an die neuen Gegebenheiten angepasst und noch einmal dargestellt.

Dabei sind in blauer Farbe die Auswirkungen der Umstellung, also die Folgen der Verwendung des neuen Systems, gekennzeichnet.

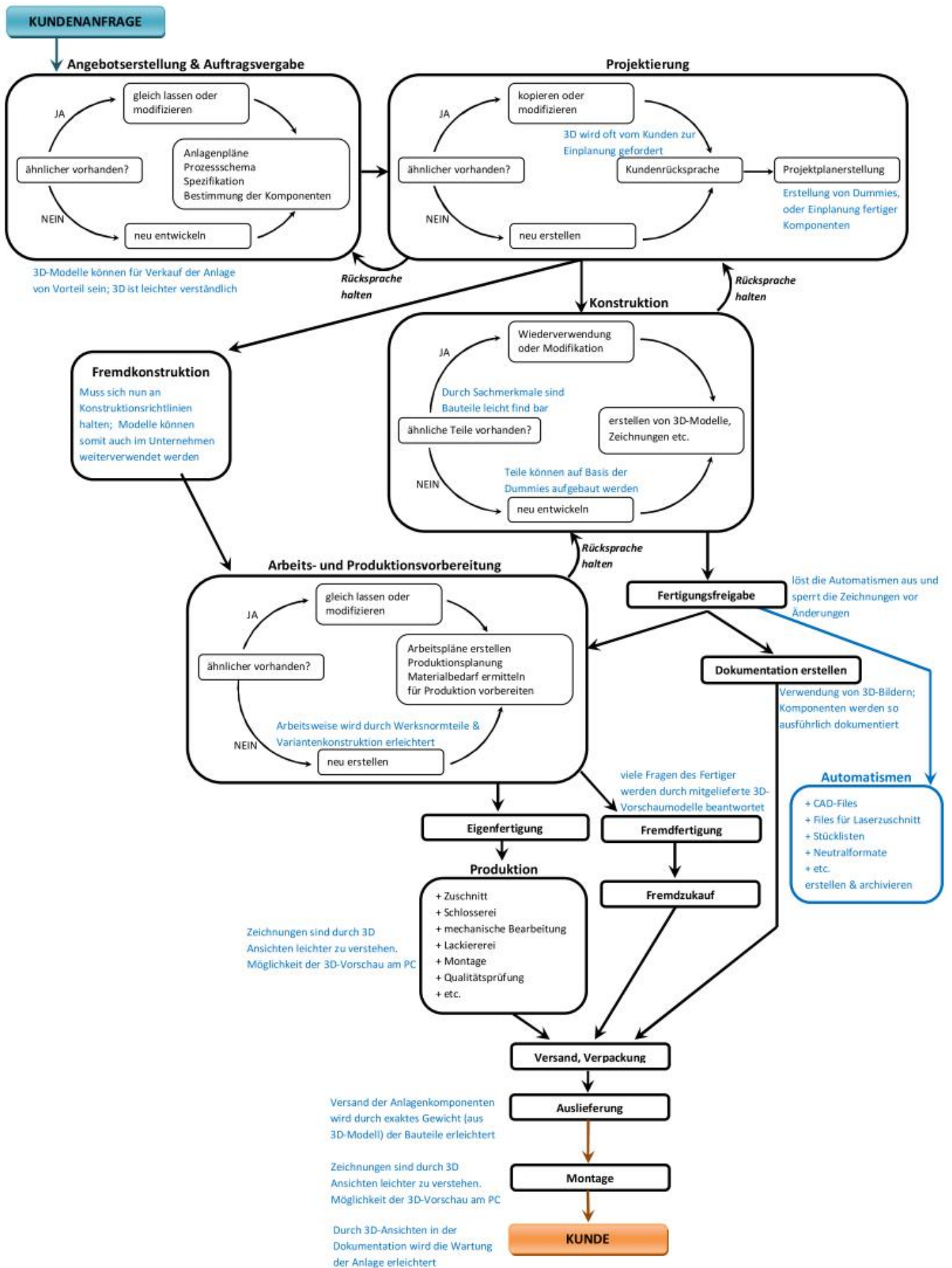


Abbildung 23: Schema Produktenstehungsprozess neu

4.1 Produktenstehungsprozess aus der direkten Betrachtung

Der Verlauf eines Projektes wird in der Prozessübersicht Abbildung 23 und Abbildung 15 sehr gut dargestellt. Jedoch sollte dabei der ganze Prozess nicht nur seitens des Unternehmens betrachtet werden, sondern auch aus der Sicht des jeweiligen Projektes.

Aus diesem Grund wird im folgenden der skizzierte Prozess nach der Veränderung noch einmal näher erläutert.

I. Verkauf

Der jeweilige Kunde entscheidet sich eine neue Anlage, welche meist aus unterschiedlichen Maschinen und Geräten besteht, zu bauen. Da es in den meisten Fällen keine Komplettanbieter für seine Wünsche gibt, wird dieses Projekt auf verschiedene Teilbereiche aufgeteilt. In diesem Fall entwickelt sich dabei ein Teilereich der rein aus Fördertechnik besteht, welcher bei mehreren Anbietern angefragt wird. Um parallel die Auftragsvergabe zu erleichtern, muss der Kunde bereits erste Entwürfe der Anlage parat haben. Aus diesen können die ersten groben Abmaße der Anlagenkomponenten abgelesen werden. Bei den meisten Anlagen, speziell bei Neubauten, erfolgt dies bereits in 3D, jedoch wird in vielen Fällen zur Grobplanung oder für Entwurfsskizzen eine 2D-Software verwendet.

Der jeweilige Verkäufer des Unternehmens kann mithilfe der neuen Software mit einem Tablet bewaffnet dem Kunden die verschiedenen möglichen Einzelteile der angebotenen Anlage präsentieren, und diesen dabei von seinem Produkt überzeugen. Durch die verschiedensten Ansichtsdarstellungen und einfach erstellte Schnitte der Komponente bekommt dabei der Kunde sehr einfach einen Einblick in das Produkt, und kann sich sogar ohne großes technisches Verständnis etwas darunter vorstellen. Auf dieser Präsentationsbasis können die Diskussionen und Verkaufsgespräche auf einem viel hochwertigerem Niveau geführt werden.

II. Projektierung

Bekommt das betrachtete Unternehmen schließlich den Zuschlag, werden vom Kunden die vorab angefertigten 3D-Entwurfspläne der Anlage übermittelt. Auf dieser Basis werden nun vom Unternehmen die sogenannten Dummys erstellt. Diese entsprechen bereits den Grobabmessungen der späteren Komponenten. Hier können nun alle Anschlussmaße und mögliche Kollisionspunkte eingetragen werden.

Diese Dummys sind meist über Parameter gesteuert und können bei kleinen Änderungen, welche im Entstehungsprozess einer neu gebauten Anlage oft vorkommen, sehr leicht geändert werden. Dabei können auch für andere, vielleicht ähnliche Aufträge erstellte Dummys kopiert und für das neue Projekt angepasst werden.

Werden bereits fertige Komponenten eingeplant, so kann ein abgeleitetes Modell des fertigen Bauteils auch direkt aus der Konstruktion verwendet werden.

Die fertigen 3D-Modelle der Anlagenkomponenten können somit mithilfe von Neutralformaten direkt dem Kunden übermittelt und danach von diesem in seiner Planung übernommen werden. Somit verfügt jeder immer über den aktuellen Stand der Planung.

III. Konstruktion

Gibt nun der Kunde die Projektpläne frei, so kann in der Konstruktion direkt auf den Modellen der Projektierung aufgebaut werden. Hier kann direkt über die Sachmerkmale der einzelnen Modelle auf einen großen Produktkatalog zurückgegriffen werden, und das Planungsmodell wird nach und nach verfeinert und ausdetailliert. Sind im Vorfeld bereits parametrische Modelle, wie zum Beispiel Förderbandstützen, Becherwerksmittelteile, etc., erzeugt worden, so werden diese rasch an die Situation angepasst.

Während die Konstruktion die Modelle nach und nach fertig detailliert, kann der Projektleiter immer wieder den aktuellen Stand in den archivierten Dateien abrufen, und diese mit den Zeichnungen des Kunden vergleichen. Er hat dabei auch die Möglichkeit, die Dummies im Planungsmodell durch einen einfachen Mausklick mit den detaillierten Modellen zu ersetzen. Dabei können beliebig viele Mitarbeiter denselben Plan betrachten und daran arbeiten.

IV. Freigabe der Konstruktionen

Ist die Anlage oder auch nur ein Teil der Anlage fertig, so kann sofort mit der Fertigungsfreigabe der einzelnen Komponenten begonnen werden. Durch wenige Mausklicks des Konstrukteurs können jedes beliebige Bauteil oder auch ganze Baugruppen im CAD freigegeben, und somit zur Änderung gesperrt werden. Ist diese Freigabe erfolgt, starten automatisch mehrere Automatismen:

- a. Stückliste im ERP-System wird erstellt
- b. NC-Files für den Laserzuschnitt von Blechen werden aus den Modellen generiert
- c. Neutralformate der Zeichnungen und Modelle archiviert
- d. Zeichnungssatz für die Fertigung wird gedruckt
- e. uvm.

In Zuge der Freigabe fällt nun der Startschuss zur Produktion oder für die nächsten Abteilungen.

V. Arbeitsvorbereitung

Durch die Automatismen kann die Arbeit in der Arbeitsvorbereitung rasch begonnen werden. Nach der terminlichen Koordination des Projektes wird sofort mit der Verwendung der erstellten Daten begonnen. Speziell bei komplizierten

Bauteilen und Baugruppen kann nun auch mittels eines 3D-Viewers auf das Modell zugegriffen werden.

Bei den parametrischen Bauteilen, bei denen der Großteil der Komponenten (bis auf Länge, Höhe, deren Anordnung etc.) gleich geblieben ist, kann man auf die bereits erstellten Datensätze (Arbeitsplan, Produktionsplan, Materialbedarf, etc.) zugreifen und sie abändern.

Die erstellten Daten der 3D-Modelle können zum Beispiel direkt in die Software der Laserschneidemaschine eingespielt werden.

VI. Produktion

Gelangen nun die Fertigungszeichnungen in die Produktion, kann die Betrachtung von 3D-Bildern auf den Zeichnungen, oder auch durch 3D-Viewer, welcher auf jedem PC im Unternehmen installiert ist, auf die erstellten Modelle zurückgegriffen werden und zum besseren Verständnis der Zeichnung beitragen. Treten dabei Fragen auf, können diese meist rasch am Bildschirm geklärt werden. Bei der Verwendung von NC-Maschinen werden die Modelldaten der Bauteile genutzt.

VII. Dokumentation

Parallel zur Arbeitsvorbereitung kann auch die Erstellung der benötigten Montage-, Inbetriebnahme- und Wartungsdokumentation beginnen. Um diese ausführlicher und anwenderfreundlicher zu gestalten, werden Screenshots der fertigen Konstruktion verwendet.

Außerdem wird eine digitale Version der Dokumentation mit den Vorschaufiles der Anlage erstellt. Durch deren Verwendung kann der Endkunde und Betreiber ganz bequem vom Schreibtisch aus jedes Bauteil betrachten, jedoch ist dabei die Verwendung der Messfunktionen in den Dateien gesperrt. So wird gewährleistet, dass diese Dateien nicht missbraucht werden können.

VIII. Montage

Beginnt nun die Montage der gelieferten Anlage beim Kunden, so kann durch die eben beschriebenen Dateien jedes Detail der Anlage betrachtet werden. Dabei kann der Monteur jedes Teil durch dessen Beschreibung im Viewer sofort identifizieren. Durch diese Betrachtungsmöglichkeit wird die Anordnung der Komponenten verständlicher dargestellt und trägt zur erleichterten Montage der Bauteile bei, wodurch auch eine Rücksprache mit dem Projektleiter nicht mehr so oft erforderlich ist.

Um die Dateien zu betrachten, steht es dem Monteur des betrachteten Unternehmens frei, sich zwischen einem Laptop und einem Tablet zu entscheiden. Dies Entscheidung wird aufgrund der technischen Entwicklung der letzten Jahre aber immer mehr in die Richtung des Tablets gehen. Somit hat er an jedem Ort der Anlage die Möglichkeit einen Blick auf die Planungsunterlagen zu werfen.

4.2 Erkenntnisse, bzw. Entscheidungshilfe

Die Umstellung des wichtigsten Werkzeuges in der Produktentwicklung und i entstehung, welche primär eigentlich nur eine Abteilung im Unternehmen betrifft, wirkt sich nun auch auf das komplette Unternehmen aus. Um dabei die richtige Entscheidung zu treffen, welches Programm ausgewählt wird, sollte die gewünschte Software nicht nur aus der Sicht des einzelnen Konstrukteurs getroffen werden, sondern aus der Sicht des kompletten Unternehmens.

Es wird dabei leider auch oft der Fehler gemacht, dass sich das Unternehmen keine Gedanken dazu macht, wie weit man dieses Werkzeug ausreizen und wie man diese Daten auch für andere Abteilungen und Prozesse weiterverwenden kann.

Die soeben beschriebenen Auswirkungen der CAD-Umstellung auf die verschiedenen Prozesse im gesamte Unternehmen lässt nun die Frage aufkommen, ob sich dies für das Unternehmen lohnt. In welchem Verhältnis steht dabei der finanzielle Aufwand zum konstruktionstechnischen Gewinn des Unternehmens?

Um diese Fragen besser beantworten zu können, werden in der folgenden Grafik die wichtigsten Fakten und auch Auswirkungen einander noch einmal gegenüber gestellt.



Abbildung 24: Herausforderungen der Produktentwicklung, bzw. des CAD-Systems

Betrachtet man die in Abbildung 24 dargestellten Herausforderungen der Konstruktion, so kann sich jeder rasch ein Bild von den Vor- und Nachteilen der CAD-Umstellung machen.

Wird dabei das bestehende System dem neuen, modernen Programm gegenüber gestellt, kann rasch beurteilt werden, warum der Schritt zur Umstellung im betrachteten Unternehmen gewagt wird.

Bei der Überlegung zur Einführung eines modernen Systems sollen nicht immer nur die Kosten in Betracht gezogen werden, sondern auch die Auswirkungen der Umstellung und ihre gewinnbringenden Folgen.

Diese kommen zwar nicht sofort nach der Einführung zum Vorschein, jedoch werden sie nach kurzer Zeit für den Betrachter und Anwender nach und nach immer sichtbarer.

5 Resümee

Um ein Unternehmen stetig weiterzuentwickeln und auch in Zukunft erfolgreich führen zu können, ist es wichtig einige Punkte, speziell aus der Sicht der Konstruktion und Entwicklung, zu berücksichtigen. Dabei sind speziell die

- steigende Komplexität
- kürzeren Entwicklungszeiten
- höheren Qualitätsanforderungen
- und der immer stärker werdenden Kostendruck

die großen Herausforderungen für die Produktentstehung⁵⁸. Nur durch die stetige Weiterentwicklung und Modernisierung der Werkzeuge kann es dem Unternehmen gelingen, auf lange Sicht hin auf dem neuesten Stand der Technik zu bleiben und somit am Markt zu überleben.

Dabei ist es immer wichtig die Kostenverursacher und Kostentreiber im Unternehmen genau im Auge zu behalten, und somit die Entwicklung des Unternehmens in die richtige Richtung zu lenken. Eine der effektivsten Möglichkeiten stellt dabei die Prozessoptimierung dar. Hier können diese Kostentreiber gezielt eliminiert, und somit die Effizienz der Prozesse perfektioniert werden.

Als oberstes Ziel dieser Optimierung sollte dabei die Zufriedenheit des Kunden gelten. Ist er mit der gelieferten Anlage zufrieden, so erhöhen sich die Chancen in naher Zukunft wieder ein Produkt bei ihm abzusetzen und einen guten Ruf in der Branche zu etablieren. Da die Branche der Fördertechnik nicht sehr leicht zu beherrschen ist, muss neben der Qualität der Produkte auch der Preis stimmen. So kann die Umstellung schließlich auch mit schnelleren Durchlaufzeiten und geringeren Planungsaufwänden zum Erfolg des Unternehmens beitragen. Der erste Schritt ist somit mit dieser Diplomarbeit bereits gesetzt worden. Wird dieses Projekt nun in die Tat umgesetzt, so werden Verbesserungen der Prozesse und Zahlen wahrscheinlich bereits in den nächsten Monaten zu erkennen sein.

⁵⁸ Konstruktionspraxis | Vogel Business Media - Prozessoptimierung Intelligent Konstruieren
<http://www.konstruktionspraxis.vogel.de/fachwissen/whitepaper/downloads/12412/>

Literaturverzeichnis

Einführung in das methodische Konstruieren ĩ Paul Naefe
Springer Verlag 2012; 2. Auflage
ISBN 978-3-658-00001-1

Walter Eversheim ĩ Organisation in der Produktionstechnik
SpringerVerlag; 3. Auflage
ISBN 3-540-62650-6

Ralf-Stefan Lossack ĩ Wissenschaftstheoretische Grundlagen für die rechnerunterstützte Konstruktion
Springer Verlag 2006
ISBN-10 3-540-29637-9

Wolfram Schloter ĩ Strategien zur Effizienzsteigerung von Konstruktion und Fertigung für einen optimierten Produktentwicklungsprozess im Sondermaschinenbau
Dissertation im Fachbereich Maschinenwesen der Universität Essen 2003

Thomas Schneider ĩ Konzeption einer 3D-CAD Datenstruktur für eine benutzergerechte Handhabung von sehr großen, komplexen Baugruppen
Dissertation im Fachbereich Maschinenwesen der Universität Duisburg 2006

Markus Knieps ĩ Entwicklung von Konstruktionsrichtlinien für die Handhabung von 3D-CAD-Systemen zur Generierung komplexer Maschinenbaugruppen
Dissertation im Fachbereich Maschinenwesen der Universität Duisburg-Essen 2004

Institut für Arbeitsforschung und Organisationsberatung ĩ Unternehmensgestaltung im Spannungsfeld von Stabilität und Wandel
Hochschulverlag AG an der ETH Zürich
ISBN 978-3-7281-3186-7

Andreas Meinken ĩ Finite Elemente in der Praxis
Expert Verlag
ISBN 3-8169-1997-9

Jutta Saatweber ĩ Kundenorientierung durch Quality Function Deployment
Symposion Publishing GmbH
ISBN 978-3-86329-429-8

Klaus Ehrlenspiel, Alfons Kiewert, Udo Lindemann – Kostengünstiges Entwickeln und Konstruieren

Springer Verlag, 5. Auflage 2005

ISBN 3-540-25165-1

Volker Lingnau – Variantenmanagement: Produktionsplanung im Rahmen einer Produktdifferenzierungsstrategie

Erich Schmidt Verlag

ISBN 3-503-03619-9

Ernst Thiemeyer – Handbuch IT-Management: Konzepte, Lösungen und Arbeitshilfen für die Praxis

Carl Hanser Verlag München Wien 2.Auflage 2007

ISBN 978-3-446-41328-3

Hans-D. Litke – Projektmanagement (Methoden, Techniken, Verhaltensweisen)

Carl Hanser Verlag München; 5.Auflage 2007

ISBN 978-3-446-40997-2

Ulrich Sandler & Volker Wawer – CAD und PDM, Prozessoptimierung durch Integration

Carl Hanser Verlag München; 2.Auflage 2008

ISBN-978-3-446-41202-6

Zeitschriften:

QZ-Online.de – Qualitätsfunktionen-Darstellung (QFD) 30.05.2013

QZ-Online.de – Fehlermöglichkeits- und einflussanalyse (FMEA) nach QS-9000
28.06.2013

Konstruktionspraxis – Vogel Business Media - 3D-Konstruktion beschleunigt Vertriebs- und Konstruktionsprozess; 03.04.2012

Konstruktionspraxis – Vogel Business Media - Studie Projektcontrolling und Projektrisikomanagement im Anlagenbau; 28.06.2013

Internetquellen:

Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Günther i Innovationsmethodik / Qualitätssicherung
http://www.mb.hs-wismar.de/~guenther/lehre/Qualitaetssicherung/QFD/Lehrmaterial_QFD_TRIZ.pdf.
26.05.2013

Chris Rorres **The Lever**, Courant Institute -
<http://www.math.nyu.edu/~crrorres/Archimedes/Lever/LeverLaw.html>
03.04.2013

<http://www.daswirtschaftslexikon.com/d/konstruktion/konstruktion.htm>
03.08.2013

<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/baugruppe.html>
05.08.2013

<http://www.mb.fh-stralsund.de/cad/websites/i-deas/project/project.html>
11.05.2013

http://en.wikipedia.org/wiki/Form,_fit_and_function
05.10.2013

Ansatz zur Gestaltung von Innovationsprozessen
<http://www.b4development.com/?p=1118> 10.05.2013

PLM - Workshop für Änderungswesen i Hochschule für Technik Rapperswil
http://www.ipek.hsr.ch/fileadmin/user_upload/ipek.hsr.ch/Sub-Menus/PLM-Workshops/2012/Workshop_2/IPEK-Einfuehrungsvortrag_AEnderungswesen_v2_hed.pdf
05.10.2013

Anlagen

Anlage 1: Terminplan, inkl. Meilensteine é é é é é é é é é é é é A94 ï A99

Anlage 2: Auswahlverfahren der CAD-Software é é é é é é é é é A101 ï A107

Anlage 3: Prozessansicht é é é é é é é é é é é é é é é é é A108

Anlage 1: Terminplan inkl. Meilensteine

Terminplan & Meilensteine
Projekt 3D-CAD

Attnang, 10.04.2013

Ing. Tissot René

doubrava



Phasenplanung des Gesamtprojektes 3D-CAD



Projektbeschreibung

- Umsetzung neuer Werkzeuge und Methoden für das Engineering in der Fa. Doubrava
- Fokus liegt dabei auf der Optimierung der Konstruktion mittels eines modernen CAD-Systems

Betroffene Personen:

- 3D-CAD Projektleiter
- Geschäftsleitung
- IT-Mitarbeiter
- 3D Key-User
- Konstruktion
- Consulting Unternehmen (extern)

Ziele:

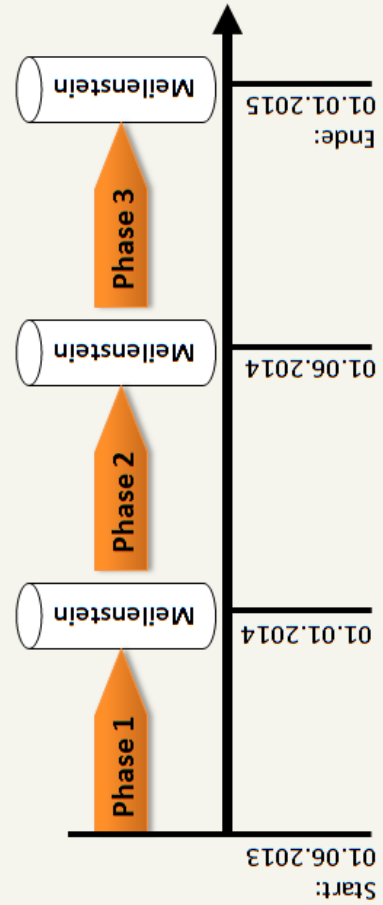
- Durchlaufzeiten minimieren
- Qualität der Konstruktionen zu verbessern

Risiko:

- Technische und personelle Probleme
- Consulting Leistung

Nutzen:

- Konstruktionszeit verkürzen
- Qualität steigern (Konstruktionsfehler minimieren)
- Produktdatenmanagement
- Gesamtdurchlaufzeit senken



Detailplanung Phase 1



Projektbeschreibung

- Einführung von 6 Stück 3D-CAD Arbeitsplätzen inkl. PDM-Software
- ermöglichen des operativen Einsatzes
- Aufbau von 3D CAD Know-How durch die Key-User
- Vorbereitung der Organisation bezüglich 3D-CAD
- erarbeiten der wichtigsten Einstellungen im CAD
- Schnittstellen zur Fertigung herstellen
- Start mit der Erstellung der Konstruktionsrichtlinien

Betroffene Personen:

- 3D-CAD Projektleiter
- Geschäftsleitung
- IT-Mitarbeiter
- 3D Key-User
- Konstruktion
- Consulting Unternehmen (extern)

Ziele:

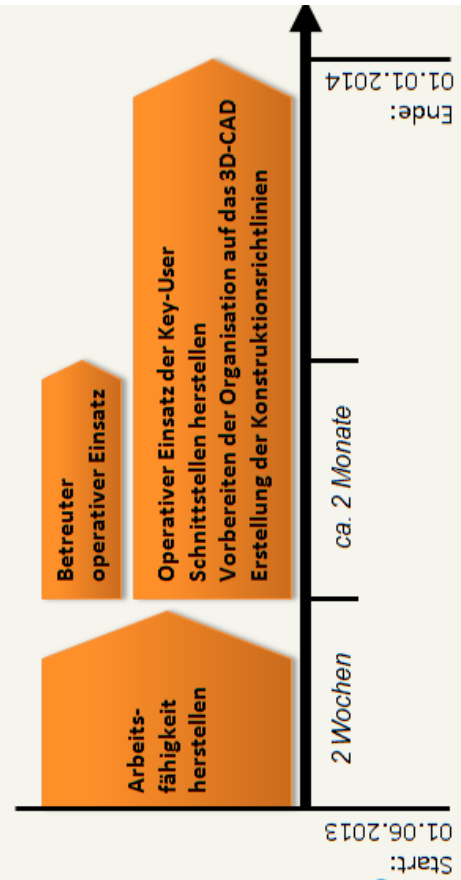
- Arbeitsfähigkeit herstellen
- betreute Pilotphase (durch Consulting-Unternehmen)
- operativer Einsatz des Systems
- Entwicklung erster Strukturen im PDM
- Schulung weiterer Mitarbeiter (seitens der Konstruktion)

Risiko:

- Technische und personelle Probleme
- Consulting Leistung

Nutzen:

- Konstruktionszeit verkürzen
- Qualität steigern (Konstruktionsfehler minimieren)
- Produktdatenmanagement
- Gesamtdurchlaufzeit senken



Phase 1 Arbeitspakete



Arbeitsfähigkeit herstellen:

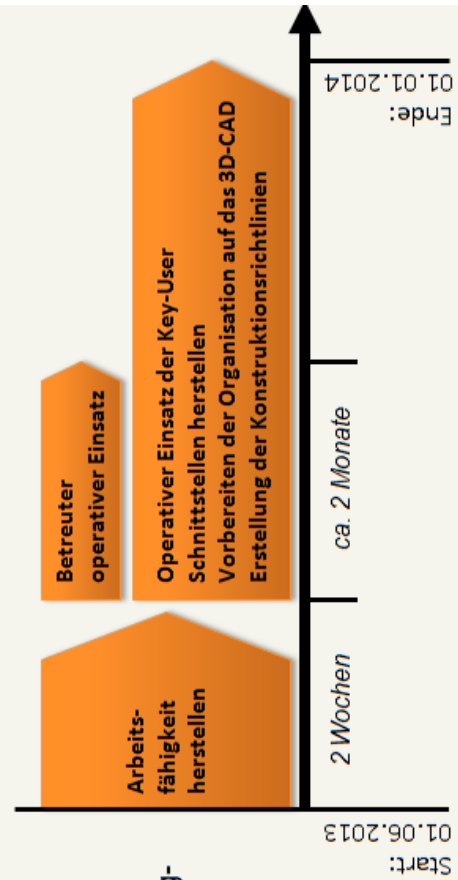
- Schulung im 3D & 2D CAD und PDM
- Template erstellen (Baugruppe, Bauteil, Blech, Zeichnung, etc.)
- Materialdatenbank definieren
- StücklistenEinstellungen inkl. Layout erstellen (ERP Berücksichtigen)
- Teileposition auf den Zeichnungen definieren
- Bibliothek einrichten
- Sticker für Zeichnungen anlegen
- Konvertierung von Neutralformaten vorbereiten
- Plot-Einstellungen abstimmen

Betreuer operativer Einsatz

- Umsetzung und Weiterentwicklung der CAD-Techniken
- Erstellen von Mastermodellen
- Regelmäßige Key-User-Meetings und Problembesprechungen
- Weiterentwicklung und ständige Verbesserung der Konstruktionsrichtlinie
- Einbindung vom Einkauf in die Bauteilbibliothek
- Pilotprojekt mit Umsetzung einer 3D-Planung (Projektiertung)
- Datenablagestruktur im PDM entwickeln

Betreuer operativer Einsatz

- CAD-Methoden definieren und umsetzen
- Technik von Mastermodellen erlernen, bzw. erarbeiten
- die ersten 2 Wochen Vorort Betreuung durch Consulting-Unternehmen
- wöchentliche Meetings zu Problembesprechungen, Erkenntnisse, etc.
- Beginn mit Erstellung der Konstruktionsrichtlinie
- Entwicklung von Konzept für das Zusammenwirken von Planung & Detailkonstruktion



Detailplanung Phase 2



Projektbeschreibung

- weitere 10 Personen (bevorzugt aus der Konstruktion) werden auf das neue System umgeschult
- Schulung und Betreuung erfolgt durch die Key-User
- Anbindung vom PDM-System an das ERP-System
- Fertigstellung der Konstruktionsrichtlinien
- Automatismen erstellen

Betroffene Personen:

- 3D-CAD Projektleiter
- Geschäftsleitung
- IT-Mitarbeiter
- 3D Key-User
- Konstruktion
- Consulting Unternehmen (extern)

Ziele:

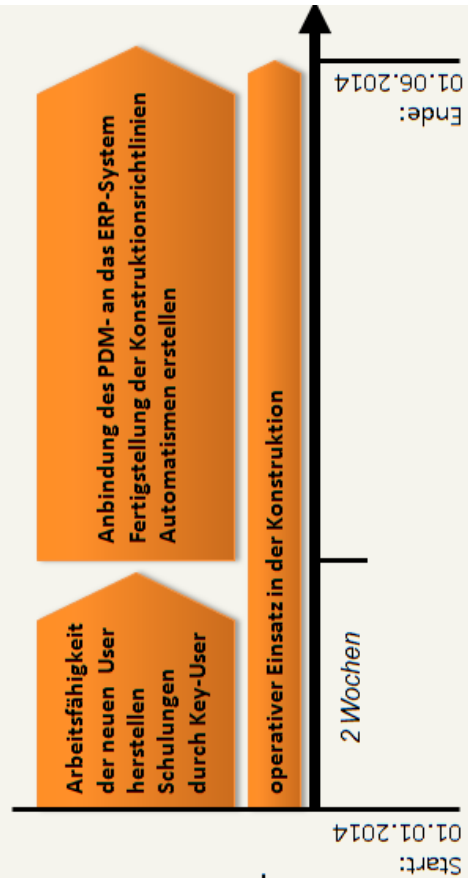
- Operativer Einsatz von 16 Konstrukteuren
- Arbeitsfähigkeit für die Planung herstellen
- Automatischer Stücklistenexport in das ERP-Programm
- Automatischer Export von Neutralformaten & dxf für NC-Zuschnitt
- Schulung von Mitarbeitern aus anderen Abteilungen, welche die CAD-Daten nutzen können (z.B.: AV, Werkstatt, etc.)

Risiko:

- Technische und personelle Probleme
- Consulting Leistung

Nutzen:

- Konstruktionszeit verkürzen
- Qualität steigern (Konstruktionsfehler minimieren)
- Produktdatenmanagement
- Gesamtdurchlaufzeit senken



Detailplanung Phase 3



Projektbeschreibung

- Schulung der restlichen CAD-Nutzer (auch Projektierung)
- Anbindung des kompletten Unternehmens an das CAD, bzw. PDM
- Schulungen, bzw. Information für aller Mitarbeiter über die Nutzung vom PDM & 3D-Viewern

Betroffene Personen:

- 3D-CAD Projektleiter
- Geschäftsleitung
- IT-Mitarbeiter
- 3D Key-User
- Konstruktion
- Projektierung
- Consulting Unternehmen (extern)

Ziele:

- Alle CAD-User sollen mit dem neuen System arbeiten
- Altes CAD-System soll schrittweise minimiert, abgedreht werden
- Neukonstruktionen, bzw. neue Projekte nur mehr mit der neuen Software erstellen

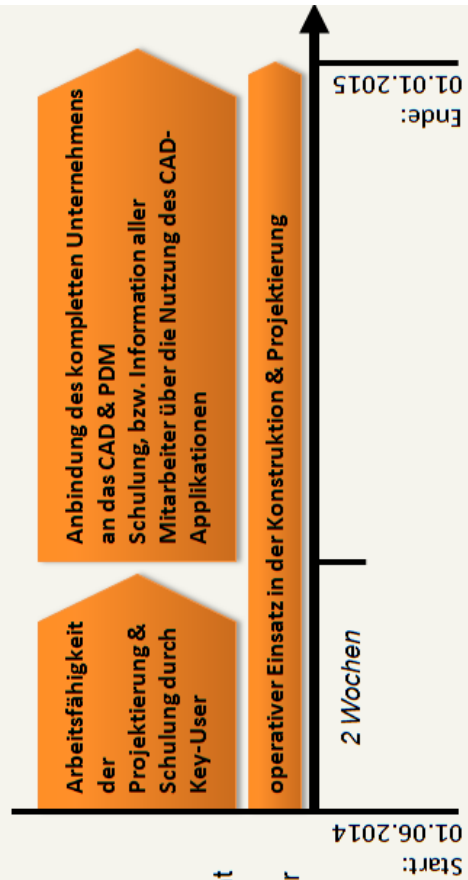
Risiko:

- Technische und personelle Probleme
- Consulting Leistung

Nutzen:

- Konstruktionszeit verkürzen
- Qualität steigern (Konstruktionsfehler minimieren)
- Produktdatenmanagement
- Gesamtdurchlaufzeit senken

>>> ab 01.01.2015 soll das komplette Unternehmen mit dem neuen CAD-System arbeiten !!!



Anlage 2: Auswahlverfahren CAD-Software

Auf dem Markt der Softwarehersteller wurden in den letzten Jahren viele verschiedene Systeme entwickelt. Durch die Komplexität der Anforderungen der verschiedensten Branchen und Betriebe kam es zu einer unterschiedlichen Spezialisierung.

Daher eignet sich das eine Programm besser zur Neukonstruktion und zum Design neuer Produkte, während das andere sich wieder eher auf die Änderungskonstruktion konzentriert. In einem Programm liegt die Aufmerksamkeit eher auf dem Bereich des Getriebebau, bei anderen wiederum mehr auf die Blechtechnik.

Um die perfekte Software für das Unternehmen zu finden, mussten zuerst die Anforderungen des Unternehmens erarbeitet werden. Anhand dieser konnte bereits eine gewisse Vorauswahl getroffen werden. Um die Programme nun auf Herz und Nieren zu testen und deren Stärken und Schwächen herauszufinden, wurde folgendes Anforderungsprogramm erarbeitet. Dieses musste von den Software-Vertriebspartner in Form einer Livepräsentation vor dem Key-User-Team abgearbeitet werden. Im Zuge dieser Vorgangsweise kristallisierte sich ein einziger Anbieter ohne große No-Gos heraus.

Somit konnte seitens der Konstruktionsabteilung eine gewünschte Software herausgefiltert werden. Verlaufen die anschließenden Preisverhandlungen mit den Consultingunternehmen ebenfalls in dieselbe Richtung, dass heißt, kann auch hier ein gutes Preis-Leistungsverhältnis erzielt werden, so kann eine eindeutige Entscheidung über die Auswahl der Software erfolgen.

Auf Grund der Tatsache, dass die erzeugten Konstruktionen meist aus gekanteten Blechen bestehen und einer der komplexesten Bauteile in Bezug auf die Form der Bleche die Übergabeschurren sind, muss dieses Thema im 3D-Auswahlverfahren genauer betrachtet werden.

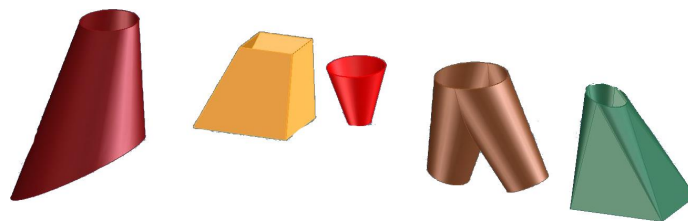
Somit soll nun der Software-Vertreiber folgende Punkte in einer praktischen Vorführung seiner Systeme verpacken und diese dem CAD-Team kurz präsentieren.

- **CAD-Anwendungen aus der Sicht der Konstruktion**

- ***Erstellung von Blechteilen***

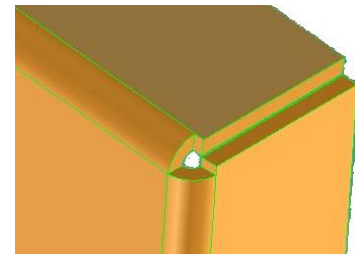
- Das Erstellen einer einfachen Übergabeschurre, bei der sich Ein- und Auslauf auf zwei schiefen Ebenen (nicht parallel) befinden, muss präsentiert werden. Dabei soll gezeigt werden, wie der gesamte Prozess von der ersten Skizze bis zur Zeichnung inklusive der zugehörigen

Stückliste abläuft. Anschließend muss ersichtlich werden, wie sich das Programm verhält, wenn im Nachhinein eine Änderung (Blechstärke, Auslaufgröße, Neigung, etc.) der Schurre vollzogen wird. Dabei wird genau betrachtet, wie sich das Bauteil oder die Baugruppe verhalten, wenn sich im Nachhinein, wie zum Beispiel bei Kundenänderungen, die Maße der Schurre verändern. Da dies speziell in der Planungsphase des Anlagenbaus sehr häufig vorkommt und die Abwicklung verdrehter Schurren mit Gegenkantungen sehr schwierig zu handhaben ist, muss dieser Prozess sehr einfach und überzeugend für die Anwender sein. Außerdem wird das mögliche Ausrollen von eingerollten Blechen betrachtet.



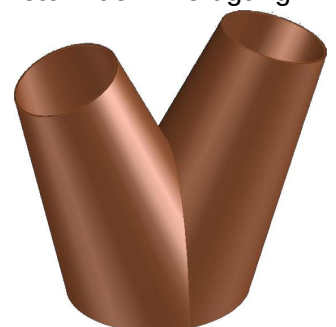
- **Eckverbindungen bei Laschen, Kantfreistellungen**

Werden nun gekantete Bleche, welche auf zwei aneinanderliegenden Seiten aufgekantet werden, erzeugt, so wird eine Kantfreistellung zur verzugfreien Kantung im System automatisch ermittelt. Wie sich diese abhängig von der Blechstärke generieren lässt, wird im nächsten Schritt genauer beobachtet. Um diese vom in der Werkstatt verwendeten Kantwerkzeug abhängig zu machen, muss dies mit Parameter voreinstellbar sein. Daher sind diese Einstellungsmöglichkeiten zu prüfen.



- **Steuerung der Biegungen**

Muss nun zum Beispiel eine Schurre mit einem Übergang von rund auf eckig gefertigt werden, so ist mittels mehrerer Biegungen dieser Übergang zu erstellen. Wie viele Biegungen (je mehr, umso runder wird die Schurre) benötigt werden muss im System manuell einstellbar sein. Dabei sollte das System die maximal mögliche Biegeabstände, etc. der Fertigung berücksichtigen können. Ein Teil der am Bildschirm gut aussieht, aber in der Realität so nicht gefertigt werden kann, bringt dem besten Unternehmen nicht viel. Die Betrachtungsweise auf den Fertigungszeichnungen ist ebenfalls von hoher Bedeutung. Es muss dabei auch berücksichtigt werden, wie die Markierungen der Abkantlinien von den NC-Files auf den Laserzuschnitt übertragen



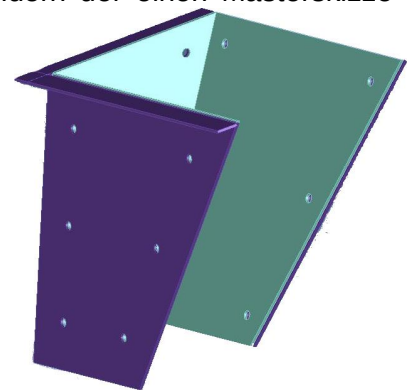
werden können. Werden diese beispielsweise nur graviert, kann an der Abkantpresse das Blech rasch und exakt eingerichtet werden.

- **Durchdringung von Bauteilen**

Kommt es schließlich zu einer Verschneidung zweier Bauteile, müssen diese einander angepasst werden. Da diese Durchdringung von Bauteilen bei den Übergabeschurren oder Rohrleitungen oftmals benötigt werden, muss dies vor dem Gremium ebenfalls präsentiert werden.

- **Steuerung der Bauteile, Abhängigkeiten von Skizzen**

Da im Unternehmen in vielen Fällen Bauteile nicht aus einem Stück gefertigt werden können, ist es die Aufgabe der Consulting-Unternehmen, zu präsentieren, wie Baugruppen durch eine Skizze bestimmt und gesteuert werden können. Durch das Verändern der einen Masterskizze können nun alle Bauteile abgeleitet werden. Diese Vorgehensweise ist zum Beispiel bei der Konstruktion von Übergabeschurren mit einer Verschleißauskleidung unbedingt nötig. Hier muss sich die Auskleidung immer nach dem Grundmodell richten, unabhängig wie dieses verändert wird.



- **Erstellung Teilefamilie oder Baugruppe**

Um nicht unnötig viele Zeichnungen von verwandten Baugruppen und Bauteilen zu erstellen, wird eine Familienzeichnung erstellt. Hier wird der Bauteil mit Variablen als Bemaßungswerten dargestellt. Diese Variablen werden nun unterhalb der Ansichten in einer Tabelle aufgelöst (siehe Kapitel 2.3.2.3 beziehungsweise Abbildung 13: Muster einer Teilefamilie). Durch diese Vorgangsweise besteht nun die Möglichkeit, mehrere ähnliche Teile oder Baugruppen mit nur einer Zeichnung zu beschreiben. Die Schwierigkeit des CAD-Programms liegt allerdings nun darin, dass diese Teile auch mit den gewünschten Werten verbaut werden müssen. Hier muss das Consulting-Unternehmen präsentieren, wie man bei einem solchen Problem vorgehen könnte.

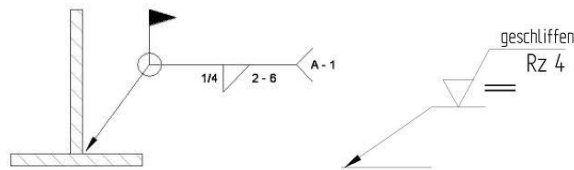
- **Neutralformate**

Um die erstellten Modell und Zeichnungen auch mit anderen Programmen bearbeiten und sie in anderen Programmen zugänglich machen zu können, werden Neutralformate benötigt (siehe Kapitel 3.3.7). Da die Erstellung der Neutralformate bei jeder Software anders abgewickelt wird, sollte der Hersteller seinen Weg, bzw. seine Schnittstellen zu anderen Systemen beschreiben. Bei der Präsentation

Außerdem müssen die kompatiblen Systeme und Schnittstellen zu anderen Programmen vorgestellt werden.

- **Schweiß- und Oberflächensymbole**

Damit die Fertigungszeichnungen normgerecht gezeichnet werden können, muss die Software in der Lage sein, Oberflächen- und Schweißsymbole, sowie Bohrtabellen automatisch oder durch nur wenige Mausklicks zu erzeugen. Dabei soll dieser Vorgang kurz gezeigt werden.



- **Bauteilbibliothek**

Da in nahezu jeder Baugruppe Normteile verbaut werden, muss die gelieferte Software auch eine gewisse Anzahl an Normteilen zur Verfügung stellen. Wie hoch der standardmäßige Umfang dabei ist und wie Normteile in der Baugruppe ausgesucht und eingefügt werden, spielt ebenfalls eine entscheidende Rolle.

Des Weiteren wird vom Unternehmen gefordert, dass diese Bibliothek sich selbst in Stand hält und zum Beispiel durch Zukaufteile ergänzt werden kann. Dabei ist auch wichtig, wie groß der Standardumfang der Software ist, und wie dieser an das ERP-System angehängt werden kann. (siehe Kapitel 3.3.6)

- **Umgebungseinstellungen**

Bei der Erstellung von Zeichnungen hat angefangen vom Schriftkopf bis zur Schriftart jeder Betrieb seine eigene Handschrift. Um diese auch im neuen System fortzuführen, müssen die Einstellmöglichkeiten der Software gezeigt werden. Außerdem ist wichtig, wie die Befüllung der Schriftköpfe durch Attribute aus den Bauteilen und Baugruppen gesteuert werden können.

[illegible]

- **Bauteileigenschaften**

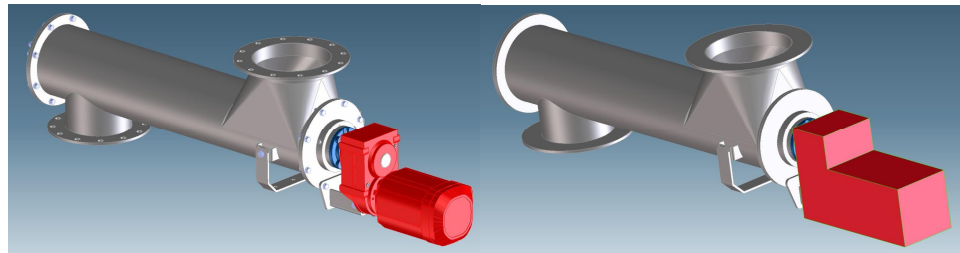
Um die Bauteile hundertprozentig zu definieren, müssen auch alle Eigenschaften des Teiles bestimmt werden. Von den Abmaßen bis zum Werkstoff, wodurch schließlich das Gewicht automatisch errechnet wird, muss alles definierbar sein.

- **Referenzbauteile (Umgebungsdarstellung)**

In vielen Fällen wird zur besseren Verständnis der Zeichnung, speziell seitens der Montage, auch die Umgebung der Bauteile, also deren Verbauungsort, eingezeichnet sein. Dabei muss die Umgebung zwar auf der Zeichnung erkennbar sein, jedoch soll sie auf der Stückliste nicht aufscheinen. Da jede Software seine eigenen Vorgehensweise dazu besitzt, bzw. wie man dies auf den Zeichnungen steuern kann, sollte die Präsentationsaufgabe des jeweiligen Herstellers sein. Dabei ist wichtig, dass in den einzelnen Ansichten manuell bestimmte Teile ein- und ausblendbar sind.

- **Planungsmodelle, Bauteilvereinfachung**

Um die Performance des Systems bei einer kompletten Anlage nicht unnötig zu bremsen, müssen wie in Kapitel 3.4.3 beschrieben, Planungsmodelle erstellt werden. Wie diese nun vereinfacht oder miteinander gekoppelt werden, wird bei jedem Programm etwas anders ausgeführt. Um dabei speziell die Projektierung eines Projektes zu vereinfachen sollte dieser Weg nicht all zu umständlich sein.



- **Verlinkung der Parameter mit anderen Programmen**

Um die Parametersteuerung zu perfektionieren, wäre eine tabellarische, durch einfache Formeln gesteuerte Anwendung von Vorteil. Dafür würde sich zum Beispiel das Programm Excel sehr gut eignen. Ist dabei eine Verbindung der CAD-Software mit dem Programm möglich? Dazu soll ein kurzes Beispiel gezeigt werden.

- **PDM i System, bzw. Datenmanagement**

- **Allgemeine Vorstellung des Datenmanagements**

Da jedes PDM-System anders aufgebaut ist, soll zu Beginn dessen Konzept erklärt werden. Wie werden dabei die verschiedenen Files abgespeichert, wie werden diese strukturiert? Diese Fragen sollen dabei dem Entscheidungsteam präsentiert und erklärt werden. Ziel ist dabei die Handhabung dieses Systems kennen zu lernen. Je leichter das System aufgebaut und bedient werden kann, desto leichter fällt einem Konstrukteur seine Arbeit. Um dies besser verstehen zu können, kann die Handhabung des Programmes auch anhand eines Beispiels der vorher gezeigten Bauteile erfolgen.

- **Kopieren von Baugruppen**

Um bestehende Zeichnungen und deren Modelle für neue Projekte wiederverwenden zu können, können in vielen Fällen die Modelle und deren Daten verändert werden. Daher ist der Kopier- und Änderungsvorgang im PDM genauer zu erklären und ein Beispiel anzuführen.

- **Revisionierung und Versionierung**

Im Laufe eines Produktlebens kommen immer wieder Veränderungen und Weiterentwicklungen vor. Dabei ist es wichtig, diese auch korrekt zu dokumentieren. Da dies bei jeder Software etwas anders abläuft, soll die genaue Vorgehensweise gezeigt werden.

- **Allgemeine Punkte**

Neben der Software selbst, sind auch ein paar allgemeine Punkte für ihre Anwendung von entscheidender Wichtigkeit. Dabei kann die beste Software nicht betrieben werden, wenn niemand sie verwendet.

- **Systemerweiterungen, Softwarepakete**

Die meisten Hersteller bieten neben der Standard-Software auch verschiedene Erweiterungen und Zusatzmodule an. Mit diesen kann die Software genau auf die Bedürfnisse des Anwenders angepasst werden. Da aber jedes Zusatzpaket einen Mehraufwand in der Installation und natürlich im Preis mit sich zieht, soll dies auch berücksichtigt werden.

- **Anwendung der Software**

Die beste Software hilft dem Betrieb nichts, wenn es keinen Anwender gibt. Aus diesem Grund ist es wichtig darauf zu achten, welche Systeme die Konkurrenz oder Mitbewerber verwenden. Das Consulting-Unternehmen

soll ähnliche Anlagenbauer in ungefähr der selben in der Umgebung des betrachteten Unternehmens aufzeigen, welche dieselbe Software verwenden.

Außerdem ist es von Vorteil, wenn das System bereits in den umliegenden Schulen (Universität, FH, Berufsschule, Höhere Technische Bundeslehranstalt, etc.) verwendet und gelehrt wird.

- **Erfahrung des Consulting-Unternehmen**

Da die Erfahrung des Consulting-Unternehmens auch über den Erfolg des Projektes 3D-CAD entscheiden kann, sollen hier verschiedene Referenzprojekte gezeigt werden.

- **Erfahrung mit ERP-Einbindung**

Gibt es dabei auch schon Erfahrung mit der Kopplung des PDM mit ERP-Systemen, besonders mit dem ERP-System des betrachteten Unternehmens?

- **2D-Tool für Planung**

Da in vielen Betrieben des Anlagenbaus und der Zulieferer noch weiterhin 2D-Konstruktionen vorhanden sind, muss das Unternehmen auch mit der geeigneten Software zur Bearbeitung dieser Daten ausgerüstet werden. In manchen Fällen können dabei direkt vom CAD-Hersteller kostenlose Programme mitgeliefert werden.

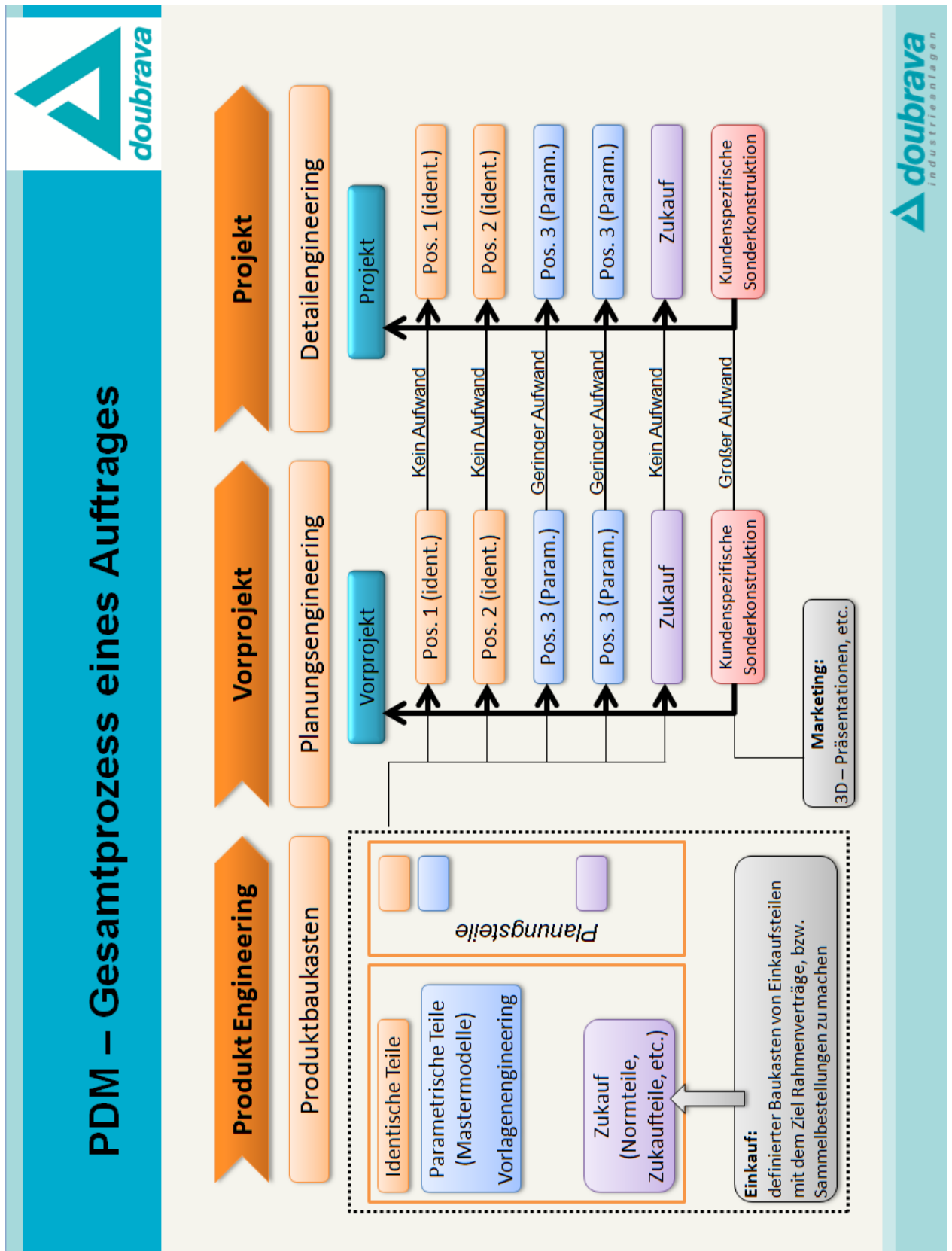
- **Vorteile der Software**

Die entscheidende und abschließende Frage des Unternehmens soll nun nach der Präsentation der Software noch folgende sein: Warum soll man genau dieses System verwenden? Wie kann sich dieses Programm von der Konkurrenz abheben?

Nach der Klärung dieser Fragen sollte nun das Unternehmen in der Lage sein, sich ein genaues Bild von der Software und des Consulting Unternehmens zu machen. Es kann in der Folge auch ein genauer Vergleich der verschiedenen Programme erstellt werden, und somit kann eine Entscheidung seitens der Technik gefällt werden.

Wie dieses Ergebnis von der finanziellen und vertraglichen Seite nun aussieht, hängt nun von den Verhandlungen mit den einzelnen Software-Vertriebspartnern ab.

Anlage 3: Prozessansicht



Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Attnang-Puchheim, den 27.12.2013

René Tissot