

Vom Fachbereich Maschinenwesen der Universität Duisburg-Essen
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktor-Ingenieurs genehmigte Dissertation

**Entwicklung von Konstruktionsrichtlinien für die Handhabung von
3D-CAD-Systemen zur Generierung komplexer
Maschinenbaugruppen**

Vorgelegt von

Marcus Knieps
Dipl.- Ing. (FH)

Bonn

Referent: Univ.-Prof. Dr.-Ing. D. Wissussek
Korreferent: Priv.-Doz. Dr.-Ing. F. Lobeck

Tag der mündlichen Prüfung: 28.06.2004

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als Teamchef im Bereich PDM der DPS – Desktop Productivity Solutions GmbH in Echterdingen. Den Geschäftsführern Herrn Dipl.-Ing. (FH) M. Gravius und besonders Herrn P. Miklitza danke ich für den mir gewährten Freiraum für die Anfertigung dieser Arbeit.

Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. H. J. Stracke, Lehrstuhl für Ingenieurinformatik der Universität Duisburg-Essen, Standort Essen, danke ich für die Unterstützung während meiner promotionsvorbereitenden Studien und für die Anregung und Förderung dieser Arbeit.

Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. D. Wissussek, Lehrstuhl für Konstruktionstechnik und Kolbenmaschinen der Universität Duisburg-Essen, Standort Essen, danke ich für das meiner Arbeit entgegengebrachte Interesse, die damit verbundenen positiven Anmerkungen und für die Übernahme des Erstgutachtens.

Herrn Priv.-Doz. Dr.-Ing. F. Lobeck, Lehrstuhl für Ingenieurinformatik der Universität Duisburg-Essen, Standort Essen, danke ich für die fachliche Unterstützung und die Übernahme des Korreferats.

Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. R. Tracht, Lehrstuhl für Automatisierungstechnik der Universität Duisburg-Essen, Standort Essen, danke ich für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes.

Den Herren Dipl.-Ing. (FH) H. Klöppel und Dipl.-Ing. (BA) M. Stiller von der Firma Hassia Verpackungsmaschinen GmbH in Ranstadt und Herrn T. Nöltner von der Firma IWKA Verpackungstechnik in Stutensee, danke ich für die jederzeitige, konstruktive Zusammenarbeit während der Durchführung des Projektes und hier insbesondere für die detaillierte Darstellung der internen Abläufe und die zur Verfügung gestellten Dokumente.

Danken möchte ich meinem Kollegen Herrn Dipl.-Ing. T. Hennings von der DPS GmbH für seine Unterstützung und seine Bereitschaft, meine Konzepte mit ihm diskutieren zu können.

Meinen Eltern danke ich dafür, dass sie mir meinen beruflichen Werdegang ermöglichten und mir auch in schwierigen Situationen stets zur Seite standen.

Der größte Dank gilt meiner Frau Anja. Zu meiner Entlastung musste sie für einen langen Zeitraum die eigentlich an uns beide gestellten Herausforderungen unseres gemeinsamen Lebens alleine bewältigen.

Für Anja und Emma

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Analyse der Informationsverarbeitung in der Verpackungsindustrie	9
2.1	Analyse der Prozesskette	10
2.2	Eingesetzte Softwaresysteme	15
2.3	Verwendete Dokumente und Zeichnungen	16
2.4	Kommunikation zwischen den Abteilungen	18
2.5	Externe Kommunikation.....	18
2.6	Zusammenfassung der Defizite.....	19
3	Forderungen an ein Konzept für eine effiziente Produktentwicklung	22
3.1	Ausarbeitung von neuen Methoden für eine verbesserte Konstruktion	22
3.2	Strategien für die Handhabung von Altdaten	24
3.3	Einbindung für die Verwendung von Norm- und Kaufteilen.....	25
3.4	Bereitstellung von Standardgeometrien	26
3.5	Forderungen zur online-Anbindung der Fertigung	26
3.6	Berücksichtigung von verteilten Standorten und Mehrsprachigkeit.....	27
3.7	Eingliederung der neuen Softwaresysteme in den laufenden Prozess	28
3.8	Entwicklung von Strategien für spätere Updates und Hardwaretausch	29
3.9	Zusammenfassung der Forderungen	29
4	Auswahl geeigneter Software-Komponenten.....	32
4.1	3D-CAD-System.....	33
4.2	CAM-System.....	34
4.3	FEM-System	35
4.4	Mehrkörperdynamik - System.....	36
4.5	Normteil Bibliothek	37
4.6	Plotverteilung	37
4.7	PDM-System.....	38
4.8	Programmiersprache für die Schnittstellen	39
4.9	Fazit.....	39
5	Grundlagen der 3D-CAD-Technik.....	42
6	Konzept für eine unternehmensweite Handhabung eines 3D-CAD-Systems.....	53
6.1	Allgemeiner Aufbau des Konzepts	53
6.2	Formale Richtlinien für die Produktentwicklung	57
6.2.1	Speichern der CAD-Dateien.....	58
6.2.2	Erstellung von Einzelteilen	59
6.2.3	Bohrungen.....	68
6.2.4	Farbvergabe	70
6.2.5	Konfigurationen auf Teileebene.....	70
6.2.6	Externe Referenzen	73
6.2.7	Blechteile.....	73
6.2.8	Abschnitte und Verbundteile	77
6.2.9	Normteile	78
6.2.10	Baugruppen	80
6.2.11	Ersatzmodell.....	86
6.2.12	2D-Zeichnungen	87
6.2.13	Richtlinien für den Entwicklungsprozess	89
6.3	Dokumentenvorlagen	94
6.4	Integrationssoftware.....	96
6.4.1	Funktionen der Integrationssoftware.....	97

6.4.2	Einbindung in die beteiligten Anwendungssysteme	104
6.4.2.1	Einbindung in das CAD-System.....	106
6.4.2.2	Einbindung in das PDM-System	109
6.4.2.3	Einbindung in SolidCAM und COSMOSWorks.....	112
6.5	Entwicklung eines Handbuches für Konstruktions- und Anwendungsrichtlinien.....	113
7	Beispielhafte Realisierung	116
7.1	Auswahl eines Unternehmen als Pilotanwendung	116
7.2	Vorgehensweise bei der Umsetzung	117
7.3	Probleme bei der Umsetzung.....	126
7.4	Änderungswünsche der Anwender während der Pilotphase	128
7.5	Diskussion der erzielten Ergebnisse	130
8	Zusammenfassung	139
9	Literaturverzeichnis	142
10	Abbildungsverzeichnis.....	144
11	Anhang: Konstruktionsrichtlinien für Solid Works	146

1 Einleitung

Vor ca. 50 Jahren bestand das Handwerkszeug eines Konstrukteurs üblicherweise aus Lineal, Bleistift, Tuschefüller, Rasierklunge, Lineal und Zeichenbrett. Gegen Ende der 80er Jahre erfolgte der Einzug der Computersysteme in die Konstruktionsabteilungen. Die Zeichenbretter verschwanden und wurden durch ihre elektronischen Pendanten in Form von 2D-CAD-Systemen ersetzt. Die grundsätzliche Arbeitsweise des Konstrukteurs änderte sich bedingt durch diesen Innovationsschritt kaum. Das Neue war nur das Werkzeug, mit dem er nunmehr seine Arbeit verrichtete.

Die Weiterentwicklung der 2D-Systeme führte über eine Zwischenstufe, mit der es möglich war, statische, isometrische Ansichten von Bauteilen aus mehreren 2D-Ansichten zu entwickeln, schließlich zu den ersten 3D-Konstruktionssystemen. Diese Systeme waren zunächst extrem komplex zu bedienen, verlangten darüber hinaus nach einer spezifischen Hardware und waren sehr teuer in der Anschaffung. Diese Ressourcen konnten seiner Zeit nur von den Großkonzernen der Automobilindustrie aufgebracht werden.

Mit der Einführung der 3D-Systeme änderte sich nun auch die Arbeitsweise, mit welcher der Konstrukteur das Ziel seiner Tätigkeit erreichte. Das Erzeugen eines 3D-Modells durch das Erstellen einzelner Flächen oder durch das Zusammenfügen von Grundkörpern zu einem Bauteil unterschied sich mit einem Mal grundlegend von dem Zeichnen einzelner Linien im 2D-System.

Mit der Entwicklung und vor allem mit der Ausbreitung immer leistungsstärkerer und günstigerer PC's wurden auch die 3D-Systeme besser handhabbar und deren Nutzung auch wirtschaftlich vertretbar. Vor allem im Formen- und Werkzeugbau setzten sich die 3D-Mainstream Systeme schnell durch. Diese Entwicklung wurde begünstigt durch die Entwicklung im Bereich der NC-gesteuerten Bearbeitungsmaschinen, welche auf der Basis von 3D-Geometrien arbeiteten.

Die modernen 3D-Systeme der neuesten Generation, die heute in großem Maße Einzug in dem mittelständischen Maschinenbau halten, sind dadurch geprägt, dass sie über einen reichhaltigen Funktionsumfang verfügen, welcher weit über die reine Erstellung geometrischer Modelle hinausgeht. Durch neuartige Verfahren, wie das so genannte Parametrische Konstruieren, entstehen Modelle, die auf vielen Ebenen durch Verknüpfungen

und Referenzen miteinander in Abhängigkeiten stehen. Besonders bei komplexen Produkten, die aus einer großen Anzahl einzelner Bauteile und Komponenten bestehen, ergeben sich auf diese Weise leicht derart komplizierte CAD-Strukturen, die bei einer ungünstigen Arbeitsweise auch moderne CAD-Systeme schnell an die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit führen.

Diese Problematik verschärft sich mit der Komplexität der herzustellenden Produkte und ist heute in allen Branchen der produzierenden Unternehmen präsent. Da auf Grund der Vielfalt von Einflussgrößen auf die Produktentwicklung eine losgelöste theoretische Betrachtung nicht möglich ist, wird im Rahmen dieser Arbeit die Problemstellung am konkreten Beispiel der Verpackungsmaschinen bearbeitet.

Da im Bereich der Verpackungsmaschinen die Anforderungen, die im Zusammenhang mit CAD an die Produktentwicklung gestellt werden, in den letzten Jahren derart gestiegen sind, dass diese mit Hilfe der klassischen Werkzeuge, wenn überhaupt, nur ineffizient erreicht werden können, darf diese Branche als charakteristisches Beispiel aufgefasst werden. Besonders die fehlenden Analysemöglichkeiten machen den Einsatz neuer Konstruktionshilfsmittel in Form von 3D-Systemen unumgänglich [1].

Immer dann, wenn irgendetwas produziert wird, werden auch Verpackungen benötigt. Diese Verpackungen sind notwendig für jede Art der Lagerung, aber auch für den Transport und die Vermarktung. Mit der Zunahme der weltweiten Globalisierung nimmt der Handel auch international ständig zu und damit werden die Wege des Warentransfers automatisch länger und teilweise auch beschwerlicher, wodurch die Anforderungen an die Verpackungen und damit auch an die Verpackungstechnik zunehmend anspruchsvoller werden. Dabei darf nicht unbeachtet bleiben, dass die Verpackung eines Produktes den ersten visuellen Kontakt des Kunden zu dem Produkt herstellt und somit häufig auch die Kaufentscheidung wesentlich beeinflusst. Dies führt dazu, dass die Anforderungen an die Verpackungen nicht nur auf die so genannten funktionalen Aufgaben beschränkt bleiben, sondern dass die Verpackungen auch das sich ständig ändernde Verbraucherverhalten berücksichtigen müssen. Auf der anderen Seite sind da auch noch die Forderungen bezüglich der Verschärfung der Produkthaftung und der weltweiten Verfügbarkeit der Produkte zu berücksichtigen. Des Weiteren sind auch alle Fragen zu lösen, die im Zusammenhang mit dem wachsenden Umweltbewusstsein stehen und damit auch die Lösung einer gezielten Entsorgung der Verpackungsmittel mit einschließen [2].

Diese unterschiedlichen Anforderungen an das Produkt und seine Verpackung erfordern seitens der Verpackungsindustrie ein Höchstmaß an Kreativität und Know How bei der Entwicklung der Verpackungsmaschinen. Des weiteren kommt noch hinzu, dass die verpackungstechnischen Lösungen bei ihrem späteren praktischen Einsatz eine Vielfalt von unterschiedlichen Materialien verarbeiten müssen. Alle diese Probleme sprechen dafür, dass es immer wichtiger wird, Verpackungen und damit erst recht die Verpackungsmaschinen professionell und wissenschaftlich fundiert zu entwickeln und zu produzieren.

Denn gleichgültig wie sich der Fortschritt entwickelt, Verpackungen sind auch zukünftig unabdingbar notwendig, damit allein alle Güter für die Versorgung des täglichen Bedarfs der Menschen immer sicher an ihrem Bestimmungsort ankommen. Als Beispiel können hier einzelne Entwicklungsländer angesprochen werden, wo wegen der fehlenden Infrastruktur und geeigneter Verpackungen ein großer Teil der produzierten Waren (zum Beispiel Lebensmittel) verderben. Aber auch hochwertige Konsumgüter, wie Fernsehgeräte, bedürfen zu ihrer Werterhaltung immer einer sehr guten Verpackung, um Lagerung und Transport zu überstehen. Als letztes Beispiel sei hier noch der Hinweis genannt, dass gute Verpackungen auch die Umwelt vor gefährlichen Gütern schützen können.

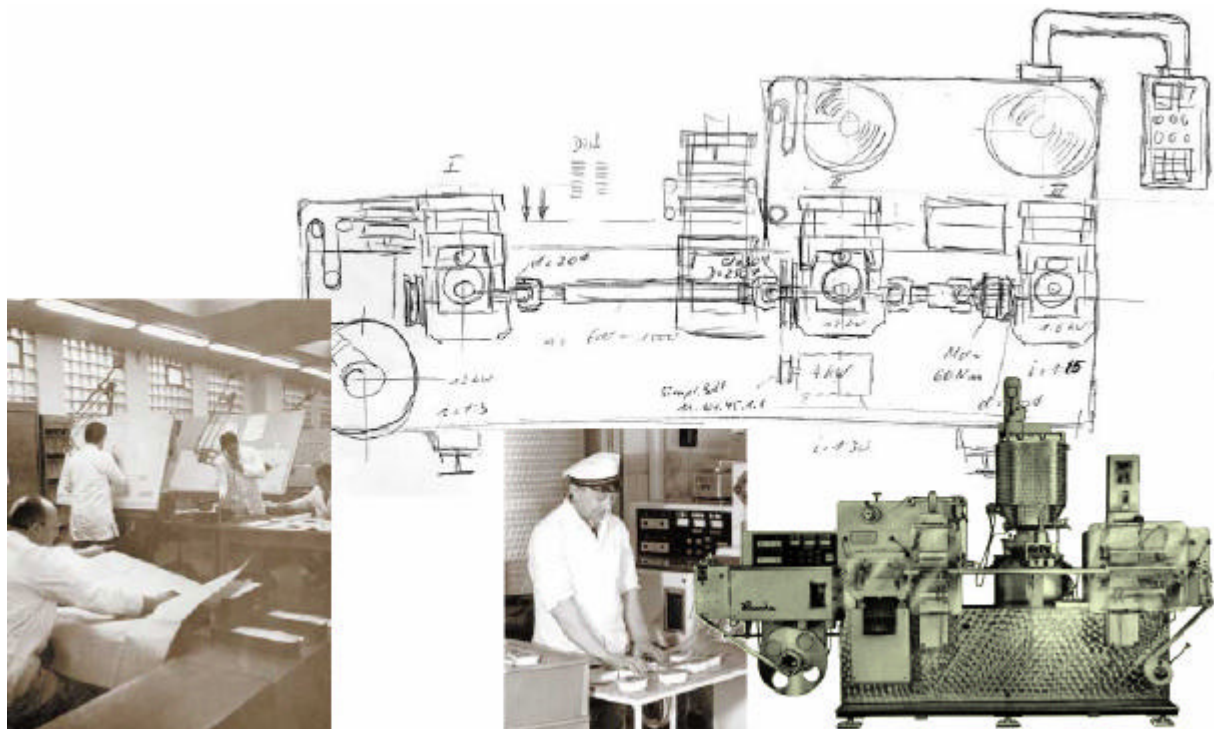


Abbildung 1-1: Entwicklung einer Verpackungsmaschine vor 50 Jahren

Die Entwicklung derartiger Maschinen begann vor ca. 50 Jahren, als die Milch noch in Kannen, der Quark in Pergamentpapier und die Tabletten noch in Röhrchen abgefüllt wurden. Seinerzeit entstand die Idee, produktgerechte und verbraucherfreundliche Verpackungen zu schaffen, die langfristig auch noch möglichst maschinell und so weit wie möglich automatisch hergestellt werden sollten. Diese Idee wurde früher gemäß **Abbildung 1-1** schnell skizziert und in mühsamer Kleinarbeit konstruiert, berechnet, detailliert und gefertigt, bis das Produkt letztendlich zur Verfügung stand.

In den letzten 50 Jahren ist hier ein erheblicher Fortschritt entstanden, der durch die Einführung der Computer in fast allen Bereichen der Produktentwicklung in einer Art und Weise verstärkt wurde, die damals keiner für möglich gehalten hätte. Des Weiteren ist hier zu beachten, dass der Fortschritt in der Entwicklung von Verpackungsmaschinen eng verzahnt ist mit der Entwicklung neuer Produkte. Denn neue Produkte erfordern zwangsläufig neue beziehungsweise andere Verpackungsmethoden. Als Beispiele seien hier genannt, die Erfindung des Transdermalen Pflasters, des Dampf-Aseptik-Systems oder des 2-Kammer-Systems für Joghurt-Becher. Dies stellt die Verpackungsindustrie immer wieder vor neue Herausforderungen, deren Lösungen nur mit einem Produktentwicklungsprozess bewältigt werden kann, der sich auf die neuesten Entwicklungen im Bereich der Informationstechnologie abstützt.

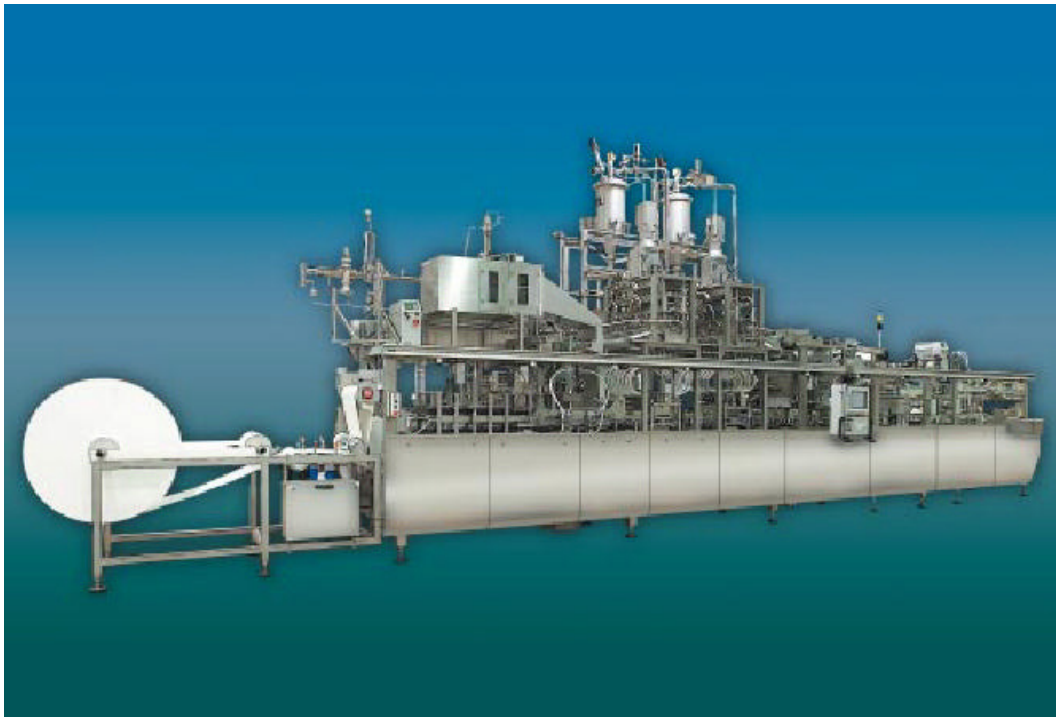


Abbildung 1-2: Darstellung einer Tiefzieh-, Füll- und Verschließmaschine

So werden heute die modernen Verpackungsmaschinen überwiegend horizontal statt vertikal angeordnet. Dadurch entsteht ein kompaktes Maschinenformat mit einer guten Zugänglichkeit für die einzelnen Baugruppen bei einem ausgesprochen geringen Platzbedarf. In gleichem Maße wie die Forderungen der Kunden nimmt auch die Komplexität der Maschinen zu. Die Darstellung der „Tiefzieh-, Füll- und Verschließmaschine“ gemäß **Abbildung 1-2** zeigt die Vielfalt der hier zum Einsatz kommenden Baugruppen. Diese Maschinen müssen hochpräzise und produktabgestimmt vollautomatisch die notwendigen Reinigungs- und Sterilisierungsvorgänge ausführen. Diese Forderungen stellen höchste Ansprüche an die Entwickler.

Der Hersteller von Verpackungsmaschinen muss darüber hinaus heute darauf achten, dass seine Maschinen, welche die Verpackungsvorgänge ausführen, so entwickelt werden, dass das Füllen, Verschließen und Einschlagen des Packgutes sowie alle vor- und nachgeschalteten Arbeitsgänge ausschließlich dazu dienen, versand-, lager- und verkaufsfähige Packungen herzustellen. Für die maschinentechnische Lösung dieser Aufgabe sind neben der Berücksichtigung aller rechtlichen Neuerungen auch erhebliche Kenntnisse über das zu verpackende Produkt, die verpackungstechnischen Eigenschaften der Verpackungstoffe, die zum Einsatz kommenden Hilfsmittel und das jeweils eingesetzte Verpackungsverfahren notwendig. [2]

Alle hier angesprochenen Kriterien zeigen recht deutlich, dass die Komplexität des Produktentwicklungsprozesses zur Herstellung von Verpackungsmaschinen ständig zunimmt und dass die Bewältigung dieser schwierigen Aufgaben dringend die Berücksichtigung der neuesten Technologien aus dem Bereich der rechnergestützten Produktentwicklung verlangen und zwar über die gesamte Prozesskette hinweg von der Konstruktion über die Fertigung, den Versand und den anschließenden Service beim Endkunden [3]. Diese Forderungen werden heute von kaum einem Hersteller der Verpackungsmaschinen in der hier gewünschten Tiefe und Breite erfüllt, vielmehr existieren zwar bereits für einzelne Produktionsbereiche Insellösungen, aber keine unternehmensweite und bereichsübergreifende Entwicklungslösung.

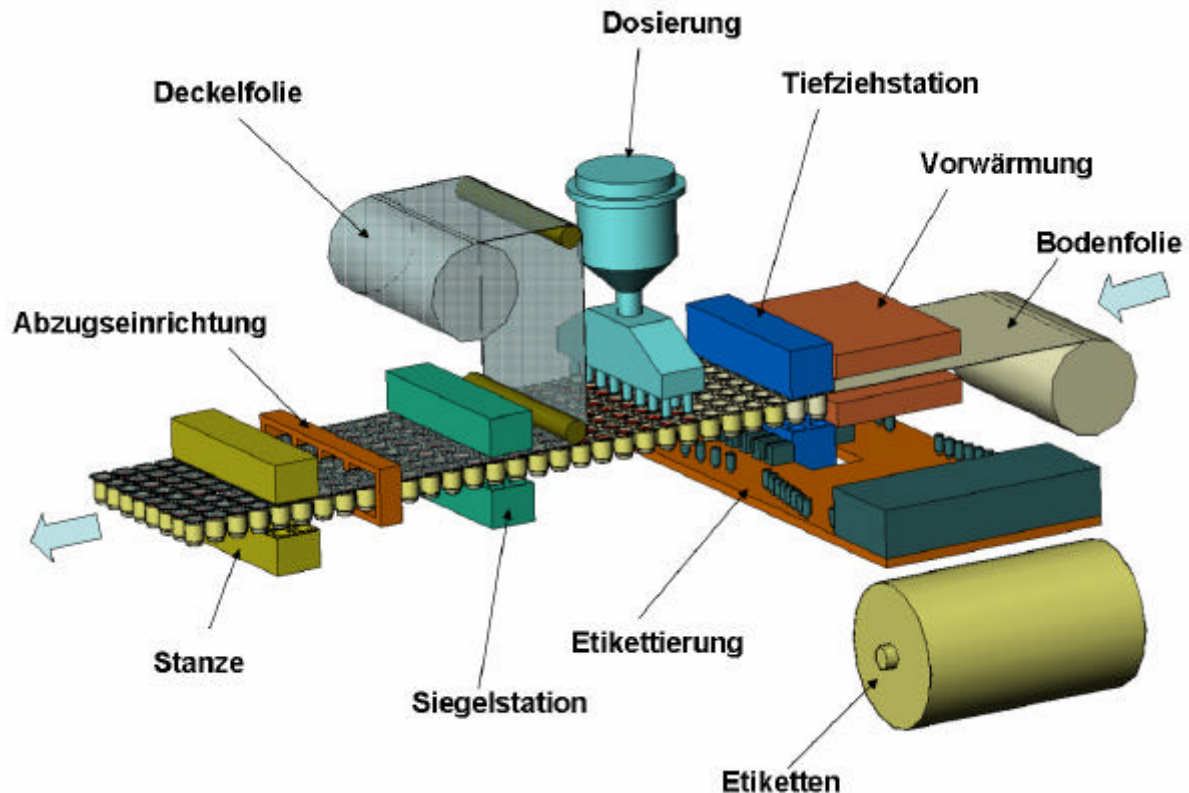


Abbildung 1-3: Schematischer Aufbau einer Tiefzieh-, Füll- und Verschließmaschine

Eine rechnergestützte Bearbeitung über die ganze Prozesskette hinweg ist mit einer einfachen zweidimensionalen Beschreibung und Darstellung aller Einzelteile und Baugruppen für eine derart komplexe Maschine, wie sie die Abbildung 1-2 zeigt, nicht zu realisieren. Insbesondere beinhaltet eine zweidimensionale Darstellung nicht die für eine unternehmensweite Zusammenarbeit der einzelnen Produktionsbereiche notwendigen Informationen. Als Beispiele seien hier genannt die Einbausituationen einzelner Teile oder der Plan für die Verrohrung. Die **Abbildung 1-3** zeigt den schematischen Aufbau der einzelnen Stationen einer Tiefzieh-, Füll- und Verschließmaschine gemäß Abbildung 1-2 .

Deshalb soll hier ein Konzept entwickelt werden, welches alle diese Forderungen berücksichtigt und auf der Basis einer 3D-Konstruktion aller Einzelteile und Baugruppen eine unternehmensübergreifende Lösung bietet, damit auch sehr komplexe Maschinen gemäß **Abbildung 1-4** mit vertretbarem Aufwand konstruiert und auch dargestellt werden können. Insbesondere die Handhabung eines 3D-CAD-Systems für derartig komplexe Maschinen stellt die Anwender vor Probleme, die von diesen ohne eine entsprechende Unterstützung nicht bewältigt werden können. Deshalb soll der Schwerpunkt des Konzeptes in der Entwicklung von Richtlinien liegen für die Handhabung eines entsprechenden CAD-Systems

zur Ausführung einer dreidimensionalen Konstruktionstätigkeit und deren Auswirkungen auf das zu erzielende Produkt [4].

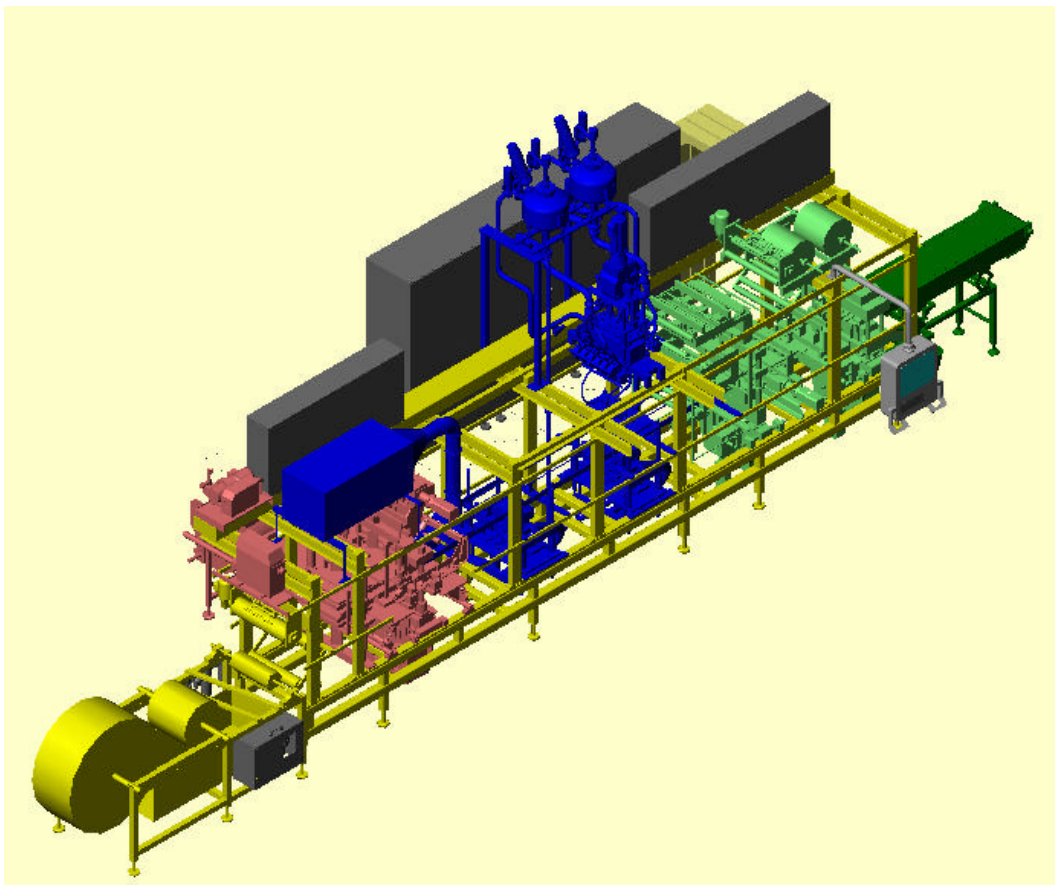


Abbildung 1-4: 3D-Darstellung einer Tiefzieh-, Füll- und Verschleißmaschine

Zunächst wird in einer eingehenden IST-Analyse in einem Unternehmen der Verpackungsindustrie als charakteristisches Praxisbeispiel für Aufgabenstellungen zur Generierung komplexer Maschinenbaugruppen die momentane Vorgehensweise bei der Produktentwicklung und die daraus resultierenden Defizite ermittelt. Auf dieser Grundlage werden dann die Anforderungen an ein rechnergestütztes Konzept aufgestellt mit dem Schwerpunkt einer optimierten Arbeitsweise in der Konstruktion. Eine kurze Analyse der momentan verfügbaren Softwareprodukte im Hinblick auf die Umsetzung der vorab definierten Anforderungen zeigt auf, welche Softwarekomponenten und welche Softwaretechnologien für eine Optimierung geeignet sind. Bevor das Konzept formuliert wird, erhält der Leser einen kurzen Einblick in die Terminologie der heutigen 3D-CAD-Systeme und deren Handhabung zur Generierung komplexer Baugruppen. Das Konzept selbst beinhaltet schwerpunktmäßig neben der Integration der „Konstruktionskomponente“ 3D-CAD mit der „Verwaltungskomponente“ PDM insbesondere die Erstellung allgemeingültiger und unternehmensübergreifender Konstruktionsrichtlinien, welche sowohl in ein CAD-System als

auch in ein PDM-System integriert werden. Die Diskussion eines Praxisbeispiels soll die Machbarkeit des Konzeptes und den daraus resultierenden Vorteil für den Anwender zeigen.

2 Analyse der Informationsverarbeitung in der Verpackungsindustrie

Fast jede Verpackungsmaschine stellt ein Unikat dar. Etwa 70% einer Maschine wird jeweils kunden- oder produktspezifisch neu konstruiert. Als Basis dienen in der Regel ähnliche Maschinen, die entsprechend den Anforderungen stark umgearbeitet werden müssen. Haupteinflussfaktoren sind die Verpackungsgeometrie, das zu verfüllende Produkt und die angestrebte Durchsatzmenge. Etwa 20% der Maschinenkomponenten bestehen aus Norm- oder Zukaufteilen.

Der Trend entwickelt sich immer mehr zu großen, flexiblen Maschinen, die durch unproblematische Umrüstungen verschiedene Produkte verarbeiten können. Die Komponentenanzahl steigt so leicht auf über 25.000. Die Maschine vereinigt dabei die komplette Prozesskette vom Rohprodukt bis zur regalfertigen Ware. Die ständig zunehmende Nachfrage des Marktes nach kürzeren Taktzeiten in Verbindung mit höheren Taktdichten bringt die Konstruktion oft an die Grenzen der Physik. Durch die Komplexität der kinematischen Funktionsabläufe wird der Konstrukteur in allen Bereichen des Maschinenbaues gefordert.

Besonders bei Primärverpackungen in der Lebensmittelindustrie, bei denen das Produkt in unmittelbarem Kontakt mit der Verpackung steht, werden durch aseptische Verfahren zusätzliche Anforderungen an die Maschine gestellt. Besonders gefragt sind Maschinen, die parallel arbeiten und gereinigt werden können, da sich durch diese Verfahren die Laufzeiten optimieren lassen.

Die hohen Kosten bei einem eventuellen Stillstand der Maschine verlangen nach einem hohen Qualitätsstandard sowie kurzen Reaktionszeiten des Herstellers auf Serviceanfragen und Ersatzteilanforderungen. Dies gilt auch für Maschinen, die eventuell schon mehr als ein Jahrzehnt im Einsatz sind. Da etwa 90% aller Aufträge aus dem Ausland kommen und für den Export bestimmt sind, müssen die entsprechenden Dokumentationen in mehreren Sprachversionen erstellt werden.

Bevor nun ein Konzept für eine rechnergestützte Produktentwicklung in der Verpackungsindustrie entwickelt werden kann, muss zunächst die heutige Vorgehensweise der Entwicklung von Verpackungsmaschinen entlang der Wertschöpfungskette analysiert werden. Die wichtigsten Unternehmen im Bereich der Verpackungsmaschinen sind in

Deutschland in dem Verband Pack-Union zusammen geschlossen. Die hier vorzunehmende Analyse wird stellvertretend für die ca. 20 mittelständischen Unternehmen des Verbandes in einem realen Unternehmen durchgeführt, welches Verpackungsmaschinen für verschiedene Produkte herstellt. Dabei wird angestrebt, dass die erzielten Ergebnisse der analysierten Kriterien zum überwiegenden Teil auch auf die anderen Unternehmen übertragbar sind. Dies bedeutet auch, dass das daraus entwickelte Konzept mit geringem Aufwand auch für die anderen Unternehmen anwendbar ist.

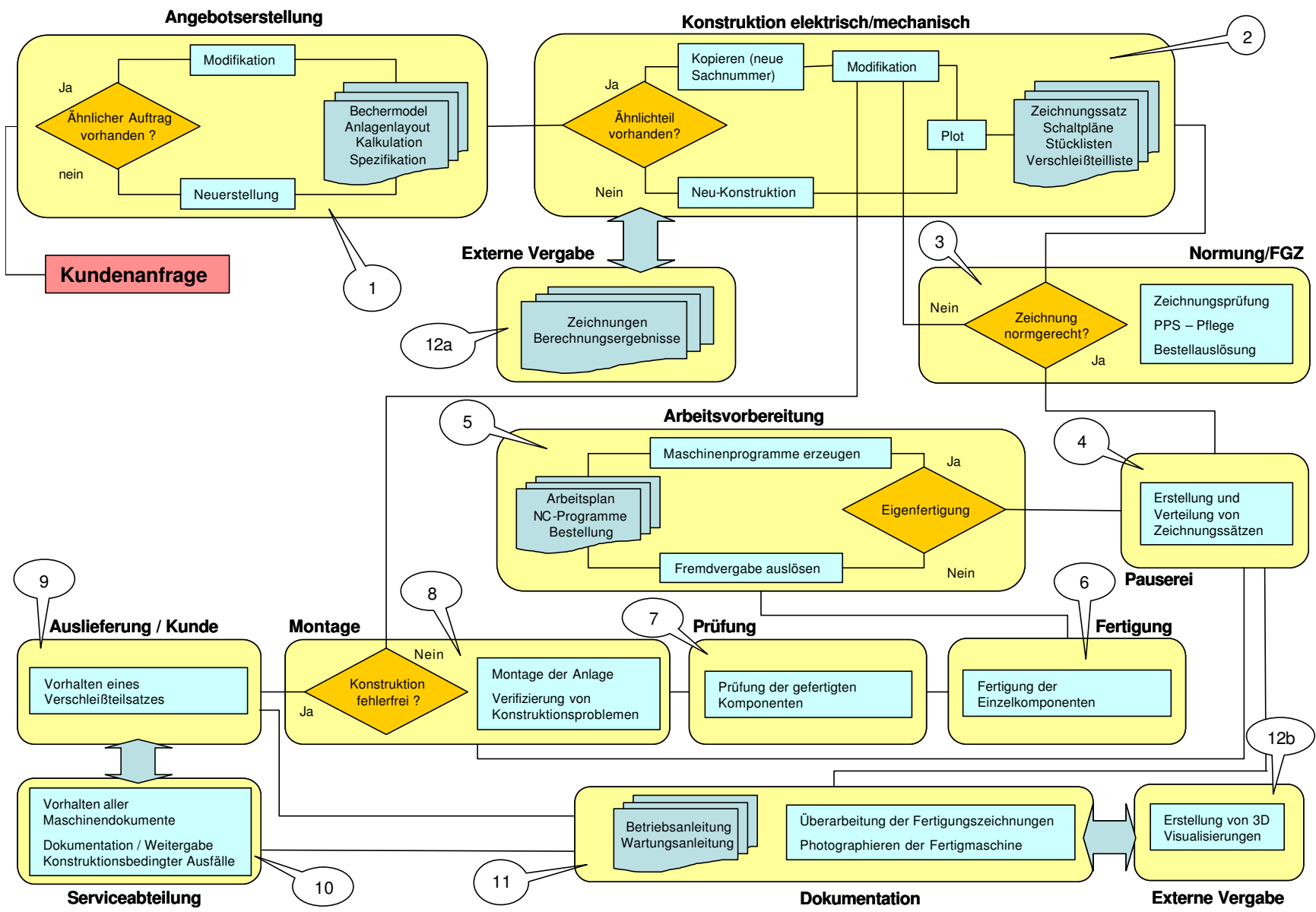
2.1 Analyse der Prozesskette

Die Auftragsbearbeitung erfolgt im Rahmen einer Prozesskette (vgl. **Abbildung 2-1**), die ausgehend von einer Kundenanfrage für die Herstellung eines Produktes alle Bereiche des produzierenden Unternehmens mit einbezieht, über die Angebotserstellung, die Konstruktion, die Normung, die Arbeitsvorbereitung, die Fertigung, die Prüfung, die Montage bis hin zur Auslieferung an den Kunden. Nach der Auslieferung übernimmt die Serviceabteilung die zukünftige Betreuung des auftraggebenden Kunden und benötigt dafür eine aussagefähige Dokumentation. Darüber hinaus werden während der Auftragsbearbeitung einzelne Teilaufträge auch extern vergeben. Dass eine derartig komplexe Auftragsabwicklung ohne eine breite EDV-Unterstützung bei dem heute vorherrschenden Wettbewerbsdruck nicht mehr funktionieren kann, liegt zweifelsfrei auf der Hand. Aus diesem Grunde soll zunächst jeder einzelne Bereich einer eingehenden Prüfung unterzogen werden, um die dort vorhandenen Defizite aufzuzeigen, die dann wiederum die Grundlage für die Formulierung der Anforderungen an ein zeitgemäßes rechnergestütztes Konzept bilden.

Bei der hier vorliegenden Prozesskette existiert kein gemeinsames Datenmodell und ein rechnerinterner Datenaustausch liegt ebenfalls nicht vor und somit kann von einer integrierten Datenverarbeitung in diesem Fall nicht gesprochen werden. Zum Verständnis der Erläuterung der Auftragsbearbeitung sei hier kurz erwähnt, dass softwaremäßig installiert sind:

- das Angebotssystem **PROMIS**,
- ein selbstentwickeltes **PPS**-System,
- die 2D-Konstruktions-Software **MEDUSA** und
- das Zeichnungsverwaltungssystem **MEDINFO**

Abbildung 2-1: Prozesskette (IST-Zustand)



Eine genaue Beschreibung der Möglichkeiten dieser Softwareprodukte folgt in Kap. 2.2. In Anlehnung an die Punkte in der Abbildung 2-1 wird die komplette Auftragsbearbeitung kurz skizziert, wobei die eingeschobenen Texte verdeutlichen sollen, dass der Ablauf der Bearbeitung nach diesem Einschub fortgesetzt wird:

Für die **Angebotserstellung (1)** steht das Baukastensystem **PROMIS** zur Verfügung. Auf der Basis einer Ähnlichkeitssuche aus vorhandenen Aufträgen wird zunächst geklärt, ob der Auftrag durch eine Modifikation oder eine Neuerstellung durchgeführt werden kann. Für die Neuerstellung ist die Ermittlung der Produktgeometrie, des so genannten Bechermodells [5], momentan eine sehr aufwändige Aufgabe. Der Becher wird entweder mit der Hand gezeichnet oder in **MEDUSA** dreidimensional visualisiert und das so erzielte Ergebnis wird dann vom Bildschirm abfotografiert. Manchmal werden auch physikalische Prototypen des Bechers erstellt, die zum Auslitern oder zur Erstellung einer Tiefziehform dienen. Das Anlagenlayout wird teils in Form von Handskizzen oder in **MEDUSA** angefertigt. Die Erstellung der Kalkulation erfolgt mit Hilfe eines Vergleichs der Preislistenpositionen aus so genannten Altaufträgen und unter Zuhilfenahme eines erfahrenen Mitarbeiters sowie mittels der Informationen aus vorhandenen Schätzlisten. Das Kommunikationsmedium zwischen der Angebotserstellung und der Konstruktion ist ausschließlich das Papier.

Die Recherche innerhalb der **Konstruktion (2)** nach Ähnlich-Teilen wird zunächst im selbstentwickelten PPS – System vorgenommen. Mit der daraus resultierenden Zeichnungsnummer wird in dem Zeichnungsarchiv (**MEDINFO** oder Mikrofilmarchiv oder Papier-Zeichnungs-Archiv) die zugehörige Zeichnung gesucht. Wird der Zeichnungssatz gefunden, wird dieser Satz kopiert und mit einer neuen Sachnummer versehen und entsprechend den neuen Anforderungen einer Modifikation unterzogen. Die erfolgreiche Suche ist allerdings in erster Linie davon abhängig, ob der Konstrukteur sich an ähnliche Aufträge erinnern kann. Dies ist häufig nicht der Fall und deshalb wird in der Regel relativ schnell eine Neu-Konstruktion angefertigt. Das Ergebnis der Konstruktion mit Hilfe des 2D-CAD-Systems **MEDUSA**, ob Modifikation oder Neu-Konstruktion, liegt dann als Zeichnung in digitaler Form vor, die in einem Zeichnungsverwaltungssystem (ZVS) abgelegt werden. Des Weiteren gehören zu dem Zeichnungssatz noch Schaltpläne, Stücklisten, Verschleißteillisten u.ä..

Die Kommunikation zwischen der mechanischen und der elektrischen Konstruktion ist nicht speziell geregelt und besteht somit überwiegend auf der Basis persönlicher Kontakte.

Da weder rechnergestützte Berechnungs- noch Simulationswerkzeuge zur Verfügung stehen, ist hier bei Bedarf die Erstellung von Zeichnungen und Berechnungsergebnissen durch eine **externe Vergabe (12a)** vorgesehen.

Die Übergabe der Konstruktionsdokumente an die **Normung/FGZ (3)** (FGZ = Freigabezentrale) geschieht per Papier in Form von **MEDUSA** – Zeichnungen zuzüglich der manuell erstellten Stücklisten. Die Stücklisten werden anschließend in der FGZ ausgewertet und in das PPS-System eingegeben. Neben der Prüfung der Fertigungszeichnungen besteht die Hauptaufgabe der Normung / FGZ in der sehr aufwändigen Pflege der PPS – Daten .

Wenn die Zeichnungen nicht normgerecht sind, werden diese von der FGZ abgelehnt und der Zeichnungssatz wird mit einer entsprechenden Erläuterung des Ablehnungsgrundes an die Konstruktion zwecks Modifikation zurückgegeben.

Die **Pauserei (4)** stellt in diesem Unternehmen die zentrale Stelle für die Erstellung der gesamten Dokumente für die Produktion dar und sorgt für deren Verteilung an die jeweils betroffenen Unternehmensbereiche. Parallel zu dem eigentlichen Produktionsablauf werden die folgenden Maßnahmen getroffen.

Vorab erhält der Produktionsbereich **Montage (8)** einen kompletten Satz der Fertigungsunterlagen.

Im Bereich der **Dokumentation (11)** werden mit Hilfe der Systeme **PAGEMAKER / FRAMEMAKER** die Betriebsanleitungen und die Wartungsanleitungen erstellt und anschließend der **Serviceabteilung (10)** für ihre zukünftige Arbeit mit den Kunden zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus werden die Fertigungszeichnungen so überarbeitet, dass diese zur Erstellung von 3D-Visualisierungen geeignet sind. Letzteres geschieht auch hier wegen der fehlenden Software in Form einer **externen Vergabe (12b)**.

In der **Arbeitsvorbereitung (5)** wird zunächst die Fertigungsart geprüft. Entweder wird hier eine Fremdvergabe ausgelöst oder es erfolgt der interne Auftrag für die Erzeugung eines NC-Maschinenprogramms. Nach Vorlage der Arbeitspläne und weiterer Fertigungsunterlagen wird der Auftrag weitergeleitet.

Die **Fertigung (6)** hat keinen Zugriff auf die EDV-Systeme zur Informationserzeugung, wie zum Beispiel auf **MEDUSA**. Grundlage für die Fertigung sind ausschließlich die Zeichnungen aus der Arbeitsvorbereitung.

Die **Prüfung (7)** der gefertigten Teile erfolgt auf der Basis der von der Fertigung weitergereichten Fertigungsunterlagen.

Der **Montage (8)** liegen zur Montage der Anlage ebenfalls nur die von der Pauserei verteilten Zeichnungen vor, was die Verifizierung der auftretenden Konstruktionsprobleme nicht einfach macht.

Wird bei der Montage ein Konstruktionsfehler entdeckt, muss dieser an die **Konstruktion (2)** auf der Basis eines Änderungsauftrages weitergeleitet werden. Tatsächlich wird bei einfachen Fällen dieser Kommunikationsweg oft vernachlässigt und direkt während der Montage eine Korrektur vorgenommen. In der Regel werden dann die betroffenen Teile beziehungsweise deren Zeichnungen überarbeitet und neu gefertigt. Die Zusammenbauzeichnungen werden aber meistens nicht geändert. Dies führt im weiteren Lebenszyklus der Maschine bei Umbauten oder Reparaturen zu Problemen, da die im Werk vorliegenden Zeichnungen nicht mit der Maschine übereinstimmen, die der Techniker beim Kunden vor Ort vorfindet.

Hier erfolgt die **Auslieferung (9)** der gesamten Anlage an den Kunden einschließlich der kompletten Dokumentation mit den dazugehörigen Ersatzteillisten.

Der **Serviceabteilung (10)** steht die so genannte Lebensakte der Maschine beziehungsweise Anlage zur Verfügung. Die Lebensakte beinhaltet alle im Zusammenhang mit der Maschine angefallenen Dokumente. Ein Problem stellt dabei die nicht immer konsequent durchgeführte Aktualisierung der Akte dar. Speziell die Umbauten oder die während der Montage vorgenommenen Änderungen werden selten dokumentiert. Deshalb müssen in solchen Fällen fehlende oder nicht aktualisierte Zeichnungen aus der Pauserei angefordert werden. Eine weitere Aufgabe der Serviceabteilung ist die Weitergabe der konstruktionsbedingten Ausfälle.

2.2 *Eingesetzte Softwaresysteme*

Die Liste der in dem analysierten Unternehmen eingesetzten Software-Systeme zeigt recht deutlich, dass es sich um gewachsene, veraltete Strukturen handelt. Durch die jahrelange Praxis hat sich im Dokumentenbestand eine hohe Zahl von Angebots-, Einzelteil- und Baugruppenzeichnungen angesammelt, deren Archivierung zum heutigen Zeitpunkt niemand in dem Unternehmen so richtig nachvollziehen kann. Dies bedeutet, dass es davon abhängig ist, ob sich der einzelnen Mitarbeiter an frühere Kundenaufträge erinnert, um gegebenenfalls auf diese ehemaligen Aufträge zurückzugreifen. Wenn nicht, sind unnötige Kosten vorprogrammiert.

Die Konstruktionsabteilung als Know How – Träger setzt heute immer noch das 2D-CAD-System **MEDUSA** ein, welches aus den Anfängen der CAD-Anwendung in der deutschen Industrie stammt. In den letzten 20 Jahren hat dieses System sicherlich eine Vielzahl von Verbesserungen erfahren, aber da der Unterbau, - die Datenstruktur - , seit den ersten Jahren der CAD-Entwicklung nicht weiter gewachsen ist, so ist jede Erweiterung davon abhängig, was die veraltete Datenstruktur auch wirklich zulässt. Aus diesem Grunde ist eine Ablösung dieses CAD-Systems durch ein neues System nur eine Frage der Zeit.

Das CAD-System MEDUSA als reines 2D-System ist für derart komplexe Konstruktionsaufgaben, wie die Entwicklung von Verpackungsmaschinen, sicherlich nicht ausreichend. Des weiteren bestehen Verpackungsmaschinen aus mehr als 25.000 Einzelteilen und mehr als 800 Baugruppen, die teilweise in irgendeiner Form einander zuzuordnen sind. Dafür ist eine komfortable Dokumentenverwaltung erforderlich, die neben diesen Beziehungen auch die verschiedenen Versionen abspeichern kann. Die hier vorliegende Zeichnungsverwaltung **MEDINFO** ist ein von dem Entwickler des CAD-Systems MEDUSA mitgeliefertes Softwareprodukt, welches in den Anfängen von CAD sicherlich einen gewissen Eindruck vermitteln konnte, heute aber völlig unzureichend ist.

Wie bereits ausgeführt, besitzt das Unternehmen im Bereich der Berechnung kein eigenes Softwareprodukt und ist darum auf externe Dienstleister angewiesen. Dieses führt zu langen Wegen und birgt darüber hinaus die Gefahr, dass das Know How im Bereich der Entwicklung nach außen getragen wird. Konstruktive Änderungen an Bauteilen, für die jeweils eine gesicherte Festigkeitsberechnung notwendig ist, verzögern in erheblichem Maße den zeitlichen Ablauf der Produktentwicklung, wenn durch das Fehlen eines FEM-Systems eine unmittelbare Kontrolle der Konstruktionsänderung nicht erfolgen kann.

Das Bindeglied zwischen der Konstruktion und der Fertigung stellt in der Regel die Stückliste dar. In diesem Zusammenhang werden häufig in der Industrie zwei unterschiedliche Ansätze vertreten. Soll die Stückliste in einem CAD-System oder in einem PPS-System gespeichert werden. Dieses Thema war sicherlich früher ein Problem, als die Zugriffsmöglichkeiten aus dem momentan in Arbeit befindlichen System auf andere Systeme eine schwierige Herausforderung darstellte. Grundsätzlich sollte die Speicherung in dem PPS-System erfolgen, mit der Option eines kontrollierten Zugriffs aus dem CAD-System. Diese Vorgehensweise ist hier jedoch nicht umsetzbar, da es sich bei dem eingesetzten PPS-System um eine Eigenentwicklung handelt, in welcher die Stücklisten von Hand erzeugt werden und somit eine Kopplung mit dem CAD-System technisch nicht möglich ist.

Gleiches gilt für die Arbeitsvorbereitung, in welcher die Arbeitspläne und die Fertigungsunterlagen erstellt werden. Da keinerlei Zugriff auf die Daten der CAD-Zeichnungen vorliegt, muss ein Mitarbeiter der Arbeitsvorbereitung (AV) die NC-Programme für die äußerst moderne automatisierte Fertigung immer noch von Hand erstellen. Das hier ein erhebliches Potenzial für mögliche Fehlerquellen entsteht, ist leicht ersichtlich.

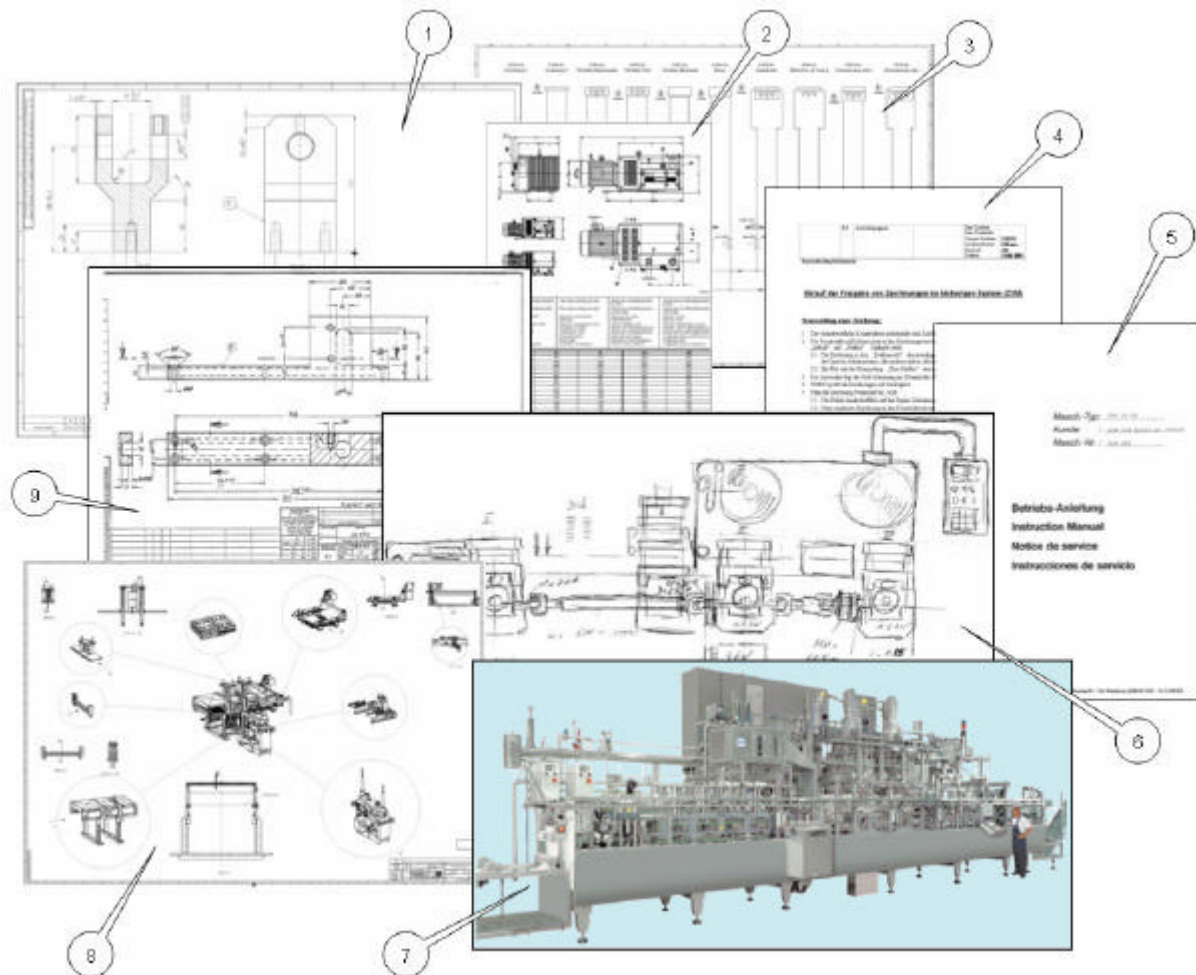
Für die Bearbeitung des elektrischen Anteils innerhalb der Konstruktion (Verkabelungen; Schaltkästen, Platinenlayout, etc.) wird das CAD-System **ELCAD** erfolgreich eingesetzt, allerdings ist dieses System nicht mit dem CAD-System MEDUSA in irgendeiner Form vernetzt, noch ist ein Zugriff auf die 2D-Daten realisiert. Dies bedeutet einerseits eine erhebliche redundante Datenhaltung und andererseits besteht die Gefahr, dass Änderungen in der „mechanischen“ Konstruktion nicht unbedingt zu der „elektrischen“ Konstruktion durchdringen.

Für die vielen Handbücher, Betriebsanleitungen, Dokumentationen, etc. wird das heute kaum noch eingesetzte System **PAGEMAKER** verwendet. Dieses System wird in den folgenden Betrachtungen jedoch nicht weiter berücksichtigt, da die heutigen Dokumentenverwaltungssysteme sehr viel flexibler sind und zu den gängigen Software-Systemen der anderen Produktionsbereiche in der Regel über Schnittstellen verfügen, die einen direkten Datenaustausch ermöglichen.

2.3 *Verwendete Dokumente und Zeichnungen*

Alle hier eingesetzten Softwareprodukte gemäß Kapitel 2.2 erzeugen Dokumente, die in verschiedenen Dateien in sehr unterschiedlichen Formaten abgelegt werden. Diese

Dokumente müssen in der Regel ausgedruckt werden und stehen anschließend in Papierform zur Weitergabe an die nachgeschalteten Abteilungen innerhalb der Prozesskette zur Verfügung. Die einzelnen Erzeuger legen diese Dateien mit Ausnahme der Dateien des 2D-Systems MEDUSA mehr oder weniger geordnet in privaten Verzeichnisstrukturen ab.



Nr.	Dokument-Typ	Nr.	Dokument-Typ
1	Native Daten des 2D-Systems	6	Angebotszeichnungen (Papier, MEDUSA)
2	Datenblätter (Papier)	7	Fotos der Maschine (Papier, TIFF)
3	Native ELCAD – Dateien	8	Montageanleitungen (DXF, Papier, TIFF)
4	Office-Dokumente (Word, Excel,..)	9	Altdaten – vor 2D-System (Papier, Mikrofilm)
5	Bedienungsanleitungen, Handbücher (Pagemaker)		Handschriftliche Notizen etc

Abbildung 2-2: Liste der anfallenden Dokumente

Diese Vorgehensweise bedeutet „Suchen nach Dateien“ und ist natürlich für ein optimales Arbeiten nicht förderlich. Im Rahmen der IST-Analyse sind eine Reihe von Dokumenten bezüglich der Weiterverarbeitungsmöglichkeiten ihres Inhaltes näher untersucht worden. Die wesentlichen Dokumenttypen sind in

Abbildung 2-2 dargestellt.

2.4 Kommunikation zwischen den Abteilungen

Eine rechnergestützte Kommunikation geschieht nur innerhalb der Konstruktionsabteilung über die Verzeichnisstruktur im Dateisystem, da nur die Konstruktion über einen Zugriff auf die digitalen Zeichnungen des 2D-CAD-Systems MEDUSA verfügt. Da allerdings auch hier keine eindeutige Zuordnung der einzelnen Dokumente zu den jeweiligen konstruierten Maschinen vorliegt, ist die Suche in dem Dateisystem äußerst aufwändig.

Die Kommunikation mit den anderen Abteilungen in dem Unternehmen geschieht entweder über das Medium Papier und zwar mittels der jeweils vorliegenden Zeichnungen oder anderer Arbeitspapiere (zum Beispiel **WORD**-Dokumente) oder durch mündliche Mitteilungen per Telefon. In wie weit insbesondere die zuletzt genannte Kommunikationsmöglichkeit auch aktenkundig wird, kann niemand mit Sicherheit sagen.

Eine Ausnahme bilden hier eventuell die mündlichen Vereinbarungen zwischen der Konstruktion und der AV, welche jeweils die Aktualisierung der Daten im PPS-System zum Inhalt haben, obwohl auch diese Vorgehensweise im Zeitalter der Datenverarbeitung nicht sinnvoll ist. Ebenso ist auch nicht hundertprozentig sichergestellt, dass eventuell auftretende Änderungen in der Fertigung auch tatsächlich in der Konstruktion ankommen.

2.5 Externe Kommunikation

Wegen des fehlenden durchgängigen Datenmodells sind auch die erzielten Ergebnisse mit Hilfe der externen Kommunikation unmittelbar von der Sorgfalt der jeweils beteiligten Personen abhängig. Telefonate und Schriftverkehr, auch wenn dieser per FAX geschieht, können die Aktualität einer geordneten, rechnergestützten Projektbearbeitung nicht ersetzen. Dies gilt um so mehr, wenn auf Grund von hoher Auslastung zum Beispiel vorübergehend externe Konstruktionsbüros mit einbezogen werden müssen. Hierbei gestaltet es sich äußerst schwierig, die einzelnen erzielten Ergebnisse verschiedener konstruierter Teil-

aufgaben zu einer Gesamtaufgabe zu verbinden. In jedem Fall leidet hier die Aktualität und ebenso sind zeitliche Verzögerungen nicht auszuschließen.

Bezüglich der Festigkeitsberechnungen ist der Weg der externen Vergabe zur Zeit die einzig machbare Lösung, da hier weder Softwarelösungen für die Finite Elemente Berechnungen noch Softwarelösungen für die Berechnung von Mehrkörper-Systemen in diesem Unternehmen vorliegen. Hier ist das Kommunikationsmittel ein Zeichnungssatz. Es ist leicht vorstellbar, dass - wenn wie vorher ausgeführt - die Aktualisierung der Zeichnungen nicht automatisch geschieht, dass dann auch in diesem Bereich mit Schwierigkeiten bei der Auftragsabwicklung zu rechnen ist.

Ähnliche Probleme treten bei der Fertigung auf, wenn für die Herstellung der Verpackungsmaschine teilweise auch der Formenbau benötigt wird, da ein derartiger Fertigungsbereich nicht vorhanden ist. Gleiches gilt auch in minderm Maße für den Werkzeugbau, wenn für recht komplizierte Werkzeuge das erforderliche Know How nicht vorliegt und somit eine externe Vergabe erforderlich ist. Insgesamt taucht bei einer externen Vergabe immer die Frage auf, ob die mitgelieferten Zeichnungen auch wirklich die aktuellen Zeichnungen sind.

2.6 Zusammenfassung der Defizite

Zunächst ist festzustellen, dass das hier analysierte Unternehmen mit einer relativ geringen Fehlerrate produziert, obwohl die Konstruktions- und Fertigungsunterlagen nicht optimal gehandhabt werden. Dies kann nur auf die enorm hohen Erfahrungen der Mitarbeiter zurückzuführen sein, die wahrscheinlich mit einem sehr guten Engagement ihre Aufgaben erledigen. Diese großen Anstrengungen können aber nicht darüber hinweg täuschen, dass dieser Erfolg mit einem relativ hohen Kostenaufwand erzielt wird. Allein jedes unnötig manuell eingepflegte Einzelteil in das PPS-System verursacht einen Verwaltungsaufwand von mehr als 1.000 Euro, des weiteren unnötige Konstruktionskosten plus eventuell zusätzlicher Kosten für eine Ersatzteilbevorratung.

Grundsätzlich lässt sich zusammenfassen, dass für eine optimierte Produktentwicklung sowohl im Bereich der Konstruktion und hier insbesondere bei den zu erstellenden Konstruktions- und Fertigungsunterlagen, als auch im Bereich der unternehmensweiten Informationsverarbeitung ein komplettes Redesign der Arbeitsweisen erfolgen muss. Auf Seiten der Konstruktion ist auf eine Weiterentwicklung des vorhandenen 2D-CAD-Systems

MEDUSA zu verzichten und unbedingt die Installation eines 3D-CAD-Systems der neuesten Generation als sogenanntes innovatives Konstruktionswerkzeug erforderlich.

Zusammengefasst liegen die folgenden Defizite vor. Für die Konstruktion:

- keine Konstruktionssicherheit aufgrund fehlender 3D-Konstruktion
- Variantenbildung nur mit sehr großem Aufwand möglich
- keine nachträglichen Analysemöglichkeiten vorhanden, zum Beispiel für Kollisionsprüfungen
- Wiederverwendung von Teilen ist nicht gewährleistet, da ähnliche Teile nicht gefunden werden
- Generierung komplexer Geometrien (Becherdesign) extrem schwierig, wegen der fehlenden 3D-CAD-Software und FEM-Software; deshalb Ermittlung physikalischer Eigenschaften nur durch Versuch (Füllvolumen) möglich
- Geometrie-Makros, Bibliotheken etc. nicht vorhanden
- Fertigungsprobleme werden zu spät erkannt

und für die unternehmensweite Informationsverarbeitung:

- Keine zentrale Datenbasis, sondern nur Insellösungen
- Konstruktionsdokumente stehen firmenweit nur in Papierform zur Verfügung
- es gibt keine Verknüpfung zwischen den Dokumenten und den Versionen
- Zwang zur redundanten Dateneingabe aufgrund fehlender Schnittstellen
- aufwändige Prozesssicherheit bei Änderungen beziehungsweise Auswirkung der Änderungen auf andere Dokumente und / oder Prozesse und
- schlechtes Image bei den Kunden wegen fehlender 3D-Bilder

Für die Konstruktion ist ein System zu installieren, welches als zentralen Kern ein komplettes Abbild eines eindeutigen 3D-Modells für alle Bauteile vorhält, aus welchem alle Zeichnungen abgeleitet werden können. Des weiteren garantiert ein derartiges System, dass jede durchgeführte konstruktive Änderung an einem Einzelteil automatisch auch in der Zusammenbauzeichnung ausgeführt wird, so dass jeder Zeit überall ein aktueller Zeichnungssatz vorliegt.

Für die Informationsverarbeitung ist ein System zu installieren, welches ein so genanntes **Produkt-Lifecycle-Management (PLM)** unternehmensweit garantiert und welches darüber

hinaus ein Dokumentenverwaltungssystem beinhaltet, damit zu jedem Zeitpunkt an jedem Ort die wirklich aktuellen Dokumente mit dem Bezug zu ihrer Herkunft verfügbar sind.

Bevor nun ein neues Konzept entwickelt wird, sollen zunächst auf der Basis der hier vorliegenden IST-Analyse die Anforderungen an ein neues Konzept formuliert werden, damit sichergestellt werden kann, dass die vorhandenen Defizite auch wirklich ausgeräumt werden.

3 Forderungen an ein Konzept für eine effiziente Produktentwicklung

Wie die IST– Analyse gezeigt hat, entsprechen in fast allen Produktionsbereichen die in diesem Unternehmen genutzten Möglichkeiten der Datenverarbeitung nicht mehr dem heutigen Stand der C-Technologien. Dies bedeutet, dass hier ein allumfassendes Konzept erarbeitet werden muss, welches neben der Berücksichtigung neuer Softwarekomponenten zur Erzielung noch besserer Verpackungsmaschinen hinsichtlich der Verpackungsleistung, der Ökonomie und der Ökologie auch konkrete Maßnahmen beinhalten muss, wie diese neuen Software-Technologien später eingeführt und optimal angewendet werden können. Die Defizite haben gezeigt, dass insbesondere die Konstruktion und die übergreifende Informationsverarbeitung die größten Probleme darstellen. Deshalb sollen zunächst für die einzelnen Produktionsbereiche die Anforderungen aufgestellt werden, um in einer abschließenden Bewertung die notwendigen Softwarekomponenten entsprechend ihrer Priorität definieren zu können.

3.1 Ausarbeitung von neuen Methoden für eine verbesserte Konstruktion

Die Forderung mit der absolut höchsten Priorität für die Zukunft muss lauten: In der Konstruktion müssen Fehler zu dem frühestmöglichen Zeitpunkt erkannt werden. Diese Aussage wird durch die Tatsache untermauert, dass das Verhältnis von Kostenfestlegung / Kostenverursachung 70% / 30% beträgt [6]. Die Forderung nach einem frühen Zeitpunkt kann aber nur mit einer jederzeitigen Analyse der hier vorliegenden komplexen Kollisions-szenarien erreicht werden. Das vorhandene 2D-System ist für derartige Aufgaben unzureichend. Der Konstrukteur ist nur mit einem 3D-CAD-Werkzeug während der gesamten Phase des Konstruktionsprozesses in der Lage, seine Konstruktion hinsichtlich der potentiellen Kollisionsbereiche zu untersuchen. Dies gilt nicht nur für statische Zustände, sondern auch für den Ablauf innerhalb eines bestimmten Bewegungsbereiches.

Durch die steigende Komplexität der Maschine, zum Beispiel durch die zunehmende Teileanzahl bei bleibender oder eventuell sogar geringerer Baugröße, wird es immer schwieriger den Überblick über die immer kompaktere Gesamtmaschine zu behalten. Durch eine bessere Visualisierung werden schon während des Konstruierens mögliche Kollisionspunkte beziehungsweise freie Bauräume erkannt. Des Weiteren ist auch eine

bessere Abschätzung der Montagemöglichkeiten gegeben und damit werden nachträgliche aufwändige Konstruktionsänderungen vermieden.

Ein weiterer erheblicher Nachteil des bisher eingesetzten 2D-System liegt darin begründet, dass die Auswirkungen von Konstruktionsänderungen auf vielen Zeichnungen redundant nachgehalten werden müssen. Bei einer Einzelteiländerung müssen nicht nur alle Ansichten der Teilezeichnung selbst aktualisiert werden, sondern auch alle weiteren Zeichnungen, in denen dieses Teil verwendet wird, zum Beispiel alle entsprechenden Baugruppen. Dieser Prozess ist sehr zeitaufwändig und fehleranfällig. Das neue CAD-System muss alle Zeichnungen und Baugruppen jederzeit automatisch aktualisieren, das heißt, der jeweilige Ort der Verwendung einer Komponente muss immer nachvollziehbar sein.

Die funktionelle Überprüfung verschiedener Konstruktionsalternativen ist beim jetzigen Konstruktionswerkzeug extrem arbeitsintensiv, da der aktuelle Konstruktionsstand nur rudimentär als Vorlage genutzt werden kann. Allein die Bildung einer maßabhängigen Variante ist nur sehr umständlich möglich. Alle abhängigen Konstruktionselemente und Komponenten müssen manuell neu positioniert werden. Ein noch höherer Aufwand entsteht bei der Positionsänderung von einzelnen Teilen oder einer ganzen Baugruppe. In Zukunft muss dieser Vorgang zum Beispiel nur durch die Änderung entsprechender Parameter möglich sein. Des weiteren muss die Bildung von Teilefamilien extrem vereinfacht werden.

Die ständig steigenden Taktraten, bedingt durch die Marktanforderungen nach höheren Ausstoßraten und die vom Kunden geforderte extrem hohe Standsicherheit, erhöhen die Anforderungen an die Konstruktionsauslegung enorm. Bauteile können heute nicht mehr einfach mit einem Sicherheitsfaktor überdimensioniert, sondern müssen entsprechend optimiert werden. Damit sind die herkömmlichen Auslegungsmethoden jetzt ungeeignet und die Optimierung kann bei dem vorhandenen Produktportfolio nicht mehr im Rahmen von aufwändigen Prototypen erfolgen. Die Standsicherheit und die Funktionalität von Komponenten darf allerdings auch nicht erst beim Probelauf der montierten Maschine zu Tage treten, da eine mögliche anschließende Überarbeitung sehr kosten- und zeitaufwändig wird.

Der iterative Prozess einer Komponentenoptimierung, bestehend aus einer kinematischen Funktionalitätsprüfung und einer nachgeschalteten Versagensbetrachtung muss bereits während der Konstruktionsphase rechnergestützt erfolgen. Zur Erfüllung dieser Forderung ist der Einsatz eines Merkkörperdynamiksystems sowie eines FEM - Werkzeuges unbedingt erforderlich. Die derzeit vorliegende 2D – Zeichnung ist allerdings als Datenbasis für den

Einsatz moderner Analysesoftware völlig ungeeignet. Die vorhandenen und die sich ändernden Produktinformationen müssen immer wieder erneut in die verschiedenen Systeme eingegeben und gepflegt werden, wodurch keine Basis für eine globale Prozessoptimierung gegeben ist.

Von der Forderung nach einer schnelleren „Time to market“ bleibt insbesondere der Bereich der Konstruktion nicht verschont. Auch hier muss daher die Parallelisierung von Prozessen angestrebt werden. Diese Aufgaben sind mit dem verwendeten CAD-System nicht zu lösen, da immer nur ein Konstrukteur an einer Baugruppe arbeiten kann. Das anschließende Aktualisieren der Baugruppenzeichnungen wegen der geänderten Unterbaugruppen von verschiedenen Konstrukteuren ist wiederum sehr aufwändig und manchmal sogar fehlerbehaftet. Auch das Abschätzen von Freiräumen ist nicht möglich, wenn mehrere Bearbeiter im Kontext einer Gesamtbaugruppe arbeiten. Deshalb muss das anzustrebende Konzept die Möglichkeit des gemeinsamen Arbeitens an einer übergeordneten Baugruppe gestatten.

Ein weiteres Potential zur Verbesserung des Konstruktionsprozesses bietet sich an in der Wiederverwendung bereits konstruierter Teile. Jede neu konstruierte Komponente verursacht Kosten auf mehreren Ebenen gleichzeitig. Zum einen fallen Kosten durch die Konstruktion selbst an, denn der Konstrukteur verwendet Arbeitszeit zur Erstellung von Komponenten, die bereits in ähnlicher Form im Archiv vorhanden sind und zum anderen ergeben sich zusätzliche Kosten durch den erhöhten Verwaltungsaufwand. Es wird jeweils eine neue Position im PPS - System angelegt und in der Arbeitsvorbereitung abgearbeitet, obwohl die entsprechenden Arbeitspapiere bereits vorhanden sind. Zur Ausschöpfung dieses Verbesserungspotentials ist die Implementierung eines Recherchertools erforderlich, welches dem Konstrukteur erlaubt, mittels verschiedener charakterisierender Eigenschaften schnell und gezielt eine Komponente in der Datenbasis zu finden.

3.2 Strategien für die Handhabung von Altdaten

Die aktuelle 2D-Datenbasis bildet stellvertretend das heutige Unternehmenskapital ab. Da der größte Teil der Aufträge auf bereits ausgelieferten Maschinen basiert, die zur Erfüllung der auftragsspezifischen Anforderungen umgearbeitet werden müssen, ist es unabdingbar, diese Altdaten in einer weiter zu verarbeitenden Form zur Verfügung zu stellen.

Bei den zu berücksichtigenden Altdaten handelt es sich im wesentlichen um Zeichnungen, welche allerdings in drei unterschiedlichen Formaten vorliegen. Zeichnungen des 2D-CAD

Systems sind strukturiert und in digitaler Form in einem Zeichnungsverwaltungssystem vorhanden. Das Verwaltungssystem speichert die dazugehörigen Metadaten. Außerdem gibt es noch einen großen Bestand von mikroverfilmten Zeichnungen und konventionellen Papierzeichnungen. Die Metadaten dieser Zeichnungen sind ausschließlich nur im Zeichnungskopf hinterlegt. Neben den Zeichnungen der Konstruktion sind weitere Datenbestände in verschiedenen Abteilungen gespeichert. Dies sind unter anderem:

- Allgemein: **Office** – Dokumente im Zusammenhang mit den Aufträgen
- Dokumentation **PAGEMAKER** - Dateien
- NC **NC** - Programme

Ziel des Konzeptes muss sein, alle im Unternehmen angefallenen und in Zukunft anfallenden Dokumente strukturiert in einem einzigen System abzulegen. Der Zusammenhang der verschiedenen Dokumente muss transparent erkennbar sein. Darüber hinaus muss ein paralleler Mischbetrieb aus alten und neuen Softwaremodulen, die diese Dokumente erzeugen, für einen gewissen Zeitraum noch gewährleistet sein. Das Ergebnis des Konzeptes muss einen so genannten Informationsmittelpunkt aller am Entwicklungsprozess beteiligten Abteilungen berücksichtigen. Des Weiteren muss die Konzeption so ausgelegt sein, dass sich noch nicht einplanbare Erweiterungen bezüglich der zu verwaltenden Dokumente problemlos hinzufügen lassen.

3.3 Einbindung für die Verwendung von Norm- und Kaufteilen

Ein besonderes Augenmerk bei der Konzeptentwicklung muss gerade im Maschinenbau auf die Norm- und Kaufteile gelegt werden. Norm- und Kaufteile bilden einen großen Anteil an der Gesamtkonstruktion und müssen daher von Beginn an zur Verfügung stehen. Betroffen sind hier Standard DIN – Teile sowie Komponenten aus Herstellerkatalogen.

Die Auswahl einer zu verwendenden Geometrie muss konstrukturgerecht erfolgen und darf nicht den Konstruktionsprozess behindern. Das Verwenden von Norm- und Kaufteilen muss zur alltäglichen Praxis werden, wie zum Beispiel das Einfügen einer Linie in einem CAD-System. Eine typische Klassifizierung der betreffenden Teile muss dem Konstrukteur als Auswahlkriterium zur Verfügung stehen.

Auch hier ist das Ziel, die Teilevielfalt zu reduzieren und das Entwerfen beliebiger neuer Teile zu verhindern. Dem Konstrukteur dürfen zunächst nur Teile angeboten werden, welche

bereits im PPS - System zur Verfügung stehen. Nicht im PPS - System vorhandene Teile dürfen in einer Konstruktion nur berücksichtigt werden, wenn diese Teile im PPS - System auch wirklich angelegt worden sind. Das Konzept muss insbesondere für den zweiten Teil eine Verfahrensweise vorgeben, damit das PPS - System jederzeit aktualisiert wird.

Ebenso ist bei der Verwendung von Halbzeugen zu verfahren. Das hier zu berücksichtigende Teil muss bereits beim Einbringen in eine Baugruppe die entsprechenden Metadaten erhalten. Die Anlage im Dokumentenverwaltungssystem muss ohne großes Zutun des Konstrukteurs automatisiert im Hintergrund erfolgen.

3.4 Bereitstellung von Standardgeometrien

Mit dem vorhandenen CAD-System **MEDUSA** gibt es zwar eine Bibliothek, die eine gewisse Anzahl von Normteilen beinhaltet, allerdings fehlen - dem heutigen Standard der CAD-Anwendungen entsprechend - solche Bibliotheken, welche die aufwendigen Standardgeometrien bereitstellen. Dies sind zum Beispiel geometrische Lösungen von Freistichen, Bohrbildern, Feature, etc., welche durch Variablen definiert sind, deren Inhalte zur Ausführungszeit mit Werten belegt werden können zur Erzielung des tatsächlich benötigten Einzelteiles.

3.5 Forderungen zur online-Anbindung der Fertigung

Derzeit ist es in der Fertigung nicht möglich, eigenständig auf die freigegebenen Daten der Konstruktion zuzugreifen. Ein Zeichnungssatz kann immer nur über die Pauserei abgerufen werden. Dies führt zu unnötigen Verzögerungen. Das neue Konzept muss hier eine Möglichkeit für die Fertigung schaffen, die aktuellen, freigegebenen Dokumente möglichst einfach abzurufen. Außerdem ist der Bestand an 2D–Altdaten bei der Erstellung des Konzeptes zu berücksichtigen. Dies bedeutet, die Komponenten der neuen Lösung können auch die 2D – Daten verarbeiten, ohne dass diese als 3D Geometrien nachgebildet werden müssen.

Bei der am häufigsten auftretenden Bearbeitungsform der Teile einer Verpackungsmaschine handelt es sich um 2,5D-Bearbeitungen, zum Beispiel Taschen, schräge Taschen, Bohrungen etc.; deshalb sind diese Elemente bei der Auswahl der geeigneten Komponenten

als Hauptkriterium bezüglich der Fertigung anzusehen. Die Möglichkeit, einmal erstellte Bearbeitungsschritte abzulegen und bei Bedarf wieder zu verwenden, ist wegen der Teileähnlichkeit als oberste Priorität zu bewerten.

Auch wenn eine NC-seitige 3-Achsbearbeitung nur selten gefordert ist, so müssen die ins Auge gefassten Software-Systeme in der Lage sein, auch diese nur gelegentlich auftretenden Aufgaben zu lösen. In Zukunft wird durch die immer aufwendigeren Verpackungsformen der Anteil in diesem Bearbeitungsbereich voraussichtlich immer mehr zunehmen. Ebenso ist die Assoziativität zwischen den NC-Feature's und dem CAD-Modell genauso zu gewährleisten, wie die Abhängigkeit zwischen dem Modell und einer Zeichnung. Dies bedeutet, dass eine Änderung am CAD-Modell ohne großen Aufwand auf das NC-Programm übertragen werden kann.[7]

3.6 Berücksichtigung von verteilten Standorten und Mehrsprachigkeit

Aufgrund der heute üblichen internationalen Geschäftstätigkeiten muss das zu erarbeitende Konzept einer mehrsprachigen Umgebung standhalten können. Das betrifft zunächst alle zum Einsatz kommenden Softwarekomponenten, die möglichst in allen relevanten Sprachen vorhanden sein sollten. Da zur Zeit Konstruktionsteams im Ausland nicht tätig sind, ist die Relevanz dieser Frage nicht so problematisch. Allerdings ist diese Möglichkeit für die Zukunft einzuplanen.

Zwingend notwendig allerdings ist die Mehrsprachigkeit des Schriftfeldes einer Zeichnung, damit alle Kunden im Ausland eine für sie vollständig lesbare Zeichnung vorfinden. Als Basis für die Beschriftung des Zeichnungskopfes dienen hier die Benennungslisten des PPS – Systems. Damit die eventuell redundant vorliegenden Daten auch konsistent gehalten werden können, ist ein entsprechendes Verfahren vorzusehen. Es ist darauf zu achten, dass die Verwendung von Umlauten unterbunden wird.

Darüber hinaus ist bei der Auswahl der Softwarekomponenten darauf zu achten, dass ein Arbeiten an unterschiedlichen Standorten unter Verwendung des gleichen Datenbestandes möglich ist. Dies betrifft heute zwar nur einzelne, externe Konstruktionsbüros, aber für die Zukunft ist eine Verlagerung von großen Teilen der Konstruktionstätigkeiten sicherlich nicht auszuschließen.

3.7 Eingliederung der neuen Softwaresysteme in den laufenden Prozess

Die Änderungen bestehender Prozessabläufe sowie der Austausch der am Prozess beteiligten Software-Werkzeuge haben zunächst zwangsläufig einen Abwärtsknick der Produktivität zur Folge. Des Weiteren müssen Mitarbeiter in dem neuen System geschult werden und die üblichen Anfangsschwierigkeiten bei der Einführung neuer Software sind ebenfalls zu berücksichtigen. Dies führt in der Anfangsphase eher zu mehr Personal als zu Einsparungen. Erst nach einer gewissen Einarbeitungsphase in Verbindung mit firmenspezifischen Anpassungen und Erweiterungen der Softwarekomponenten werden sich die gewünschten Rationalisierungseffekte einstellen (vgl. **Abbildung 3-1**).

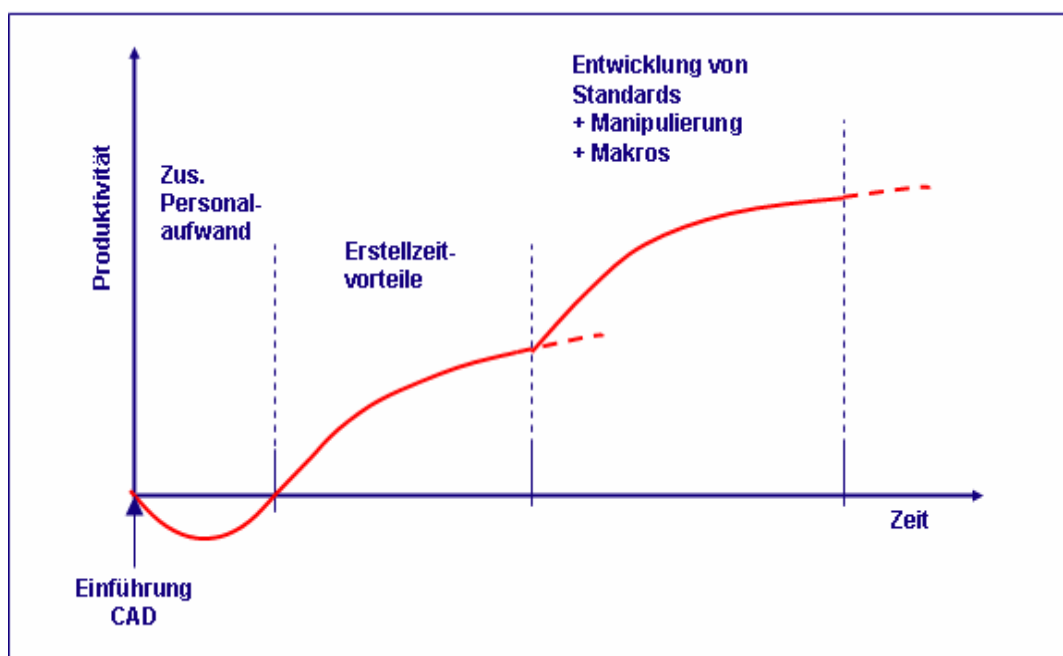


Abbildung 3-1: Entwicklung der Produktivität

Die hier gezeigten Effekte stellen gleichzeitig eine der wichtigsten Forderungen an das Konzept dar. Das Ziel sollte sein, den Produktivitätseinbruch so gering und so kurz wie möglich zu gestalten. Die zukünftig einzusetzenden Softwarekomponenten dürfen keine langen Einarbeitungszeiten für die Mitarbeiter erfordern und die üblichen Anfangsfehler müssen problemlos behoben werden können. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass allein aus zeitlichen Gründen nicht alle Maßnahmen der Umstrukturierung gleichzeitig implementiert werden können. Hier ist ein Einführungskonzept zu entwickeln, welches eine schrittweise Systemeinführung vorsieht. Alte Prozesse werden sukzessiv gegen neue

Prozesse ausgetauscht, wobei teilweise auch eine Koexistenz erforderlich ist. Diese Forderungen sind auch insbesondere bei der Definition der Schnittstellen zu berücksichtigen.

3.8 Entwicklung von Strategien für spätere Updates und Hardwaretausch

Besondere Anforderungen an die Administration des Gesamtsystems verursachen die wesentlich kürzeren Lebenszyklen heutiger Softwareprodukte. Besonders bei einem modularen Zusammenwirken von verschiedenen Softwarekomponenten ist insbesondere bei Updates oder Releasewechseln zunächst zu prüfen, inwieweit die einzelnen Module, welche als Standardprodukte und Eigenentwicklungen vorliegen, zukünftig weiterhin störungsfrei miteinander operieren können. Dafür sind Testszenarien und eine Laborumgebung zu entwickeln und für einen Versagensfall sind Methoden aufzuzeigen, wie der vorhergehende Zustand wieder hergestellt werden kann.

In der Regel sind Client-Serveranwendungen nur von der gleichen Softwareversion miteinander kompatibel. Das hat zur Folge, dass nach der Freigabe einer neuen Version eines Softwaremoduls zeitgleich alle Server und Clients aktualisiert werden müssen. Bei kleineren Arbeitsgruppen, zum Beispiel nur eine Abteilung, stellt dies kein Problem dar. Allerdings ist bei einer großen unternehmensweiten Installation eine manuelle Aktualisierung schon aus zeitlichen Gründen nicht mehr realisierbar. Für diesen Fall sind entsprechende Ansätze aufzuzeigen, die einen gewissen Automatismus ermöglichen.

Ein weiterer negativer Aspekt taucht im Zusammenhang mit der Neuinstallation defekter oder neu angeschaffter Hard- beziehungsweise Software auf. Für den Administrator müssen Möglichkeiten entwickelt werden, die einzelnen Arbeitsplätze schnell und fehlerfrei mit der notwendigen Software zu versehen.

3.9 Zusammenfassung der Forderungen

Alle hier angeführten Forderungen bestätigen die Erkenntnis der IST-Analyse, dass das im Einsatz befindliche CAD-Werkzeug die Bedürfnisse der Konstruktion nicht erfüllen kann. Außerdem weist das CAD-System auch bezüglich des Umfangs der Funktionalitäten erhebliche Defizite gegenüber modernen Werkzeugen auf. Gleiches gilt für alle nachgeschalteten Prozesse, da kein zentrales Datenmodell vorliegt. Des Weiteren ist an

mehreren Stellen die Notwendigkeit einer zentralen Informationsplattform zu erkennen, in der alle Daten, sowie deren Strukturen, Verknüpfungen und Abhängigkeiten transparent für alle am Entwicklungsprozess teilnehmenden Personen nachvollziehbar sind [8].

Im Zuge der Erneuerung der unternehmensweiten IT-Landschaft benötigt die Konstruktion ein **3D-CAD-System**, welches eine möglichst exakte Erfassung aller geometrischen Daten gewährleistet und zwar in einer Form, die alle nachfolgenden Produktionsbereiche auch verstehen und nachvollziehen können. Da aber im Gegensatz zu einer zweidimensionalen Geometriebeschreibung bei der Generierung eines 3D-Modells das gewünschte Resultat auf die unterschiedlichste Art und Weise erzeugt werden kann, muss der Weg zur Erzielung des Konstruktionsergebnisses vorgegeben werden. Nur durch eine einheitliche Vorgabe ist es möglich, dass auch verschiedene Mitarbeiter gleichzeitig an dem gleichen Gesamtprodukt arbeiten können. Darüber hinaus ist dadurch auch gewährleistet, dass nachträgliche Korrekturen beziehungsweise Änderungen des Konstruktionsergebnisses auch wirklich durchführbar sind. Ebenso kann sowohl die Fertigungs- als auch die Berechnungsabteilung auf der Grundlage von vorgegebenen Konstruktionsregeln problemlos auf die Modell-Daten der geometrischen Beschreibung der einzelnen 3D-Modelle zurückgreifen und ihren Beitrag zu der Gesamtentwicklung einer Verpackungsmaschine beitragen.

Die Lösung der exakten Erfassung aller Geometriedaten reicht allein nicht aus. Darüber hinaus müssen auch noch so genannte Anwenderrichtlinien dafür Sorge tragen, dass die jeweils erzielten Zwischenergebnisse in einer Form abgespeichert werden, die es jedem Anwender in einem Unternehmen ermöglichen, die Daten dieser Ergebnisse auch zu finden. Dies bedeutet, hier ist eine Umgebung zu schaffen, die den jederzeitigen gezielten Zugriff auf alle gewünschten Informationen sicherstellt. Gleichzeitig muss dieses System aber auch die Garantie übernehmen, dass alle Daten jeweils aktualisiert werden und dass nur diejenige Person auf diese Daten zugreifen kann, die auch die dafür notwendige Berechtigung besitzt. Für diese Aufgaben ist der Einsatz eines **PDM-System** unbedingt erforderlich, weil diese Systeme die notwendigen Funktionalitäten für die Lösung dieser Aufgaben aufweisen.

Da die beiden hier genannten Softwarekomponenten CAD und PDM jede für sich einen Schwerpunkt bilden, kann nicht gesagt werden, welches der Systeme die Führung übernimmt. Deshalb sollen beide Systeme gleichberechtigt nebeneinander stehen und im Rahmen des Konzeptes wird dann ein so genanntes Integrationsmodul entwickelt, welches diese beiden Systeme systemintern miteinander kommunizieren lässt. Darüber hinaus ist neben der Konzipierung der oben genannten Konstruktions- und Anwenderrichtlinien auch

noch eine gemeinsame **Benutzeroberfläche** zu generieren, damit alle Anwender die gleichen Zugangsmöglichkeiten zu dem Gesamtsystem besitzen.

Neben diesen Hauptaufgaben sind auch noch Möglichkeiten der unternehmensweiten **Ausgabe aller Dokumente** wie Zeichnungen, Elektropläne, etc. so zu organisieren, dass jederzeit gewährleistet ist, dass nur aktualisierte Dokumente ausgegeben werden. Ebenso ist ein Zugriff auf das Gesamtsystem über einen **Web-Server** zu realisieren, damit auch andere Unternehmen, welche zu dem Konzern gehören, auf die Daten entsprechend ihrer Berechtigung zugreifen können.

Die Forderung nach der Offenheit eines Systems spricht für einen modularen Lösungsansatz, damit eventuelle zukünftige Änderungen und heute noch nicht planbare Erweiterungen hinzugefügt werden können. Außerdem erfordert hier auch die Komplexität der Einzelanforderungen, dass dies nicht mit nur einem einzigen Softwaremodul zu realisieren ist. Dennoch sollten überwiegend Standardsoftwarekomponenten zum Einsatz kommen, welche jeweils durch geeignete Schnittstellenmodule miteinander kommunizieren können und somit die Möglichkeit der kundenspezifischen Anpassung durch Einbettung eigener Routinen gegeben ist. Im Zuge der unternehmensweiten Vereinheitlichung der IT-Umgebung muss angestrebt werden, das neue System auf der Basis von Windows als Betriebssystem zu installieren.

Im Folgenden gilt es nun, die vorhandenen Softwarekomponenten dahingehend zu untersuchen, welche der Komponenten die aufgestellten Forderungen erfüllen und sich zu einem Gesamtkonzept integrieren lassen.

4 Auswahl geeigneter Software-Komponenten

Bei der Diskussion verschiedener Lösungsansätze stehen immer wieder zwei grundsätzliche Ansprüche einander gegenüber. Einerseits die Befriedigung der spezifischen Forderungen aller am Prozess beteiligten Menschen und andererseits die erforderliche Zeit und die Kosten für die Realisierung eines neuen Konzeptes. Die 100% tige Erfüllung der funktionalen Anforderungen könnte auf jeden Fall mit einer vollständig individuellen Programmierung erreicht werden. Allerdings ist dies nur mit einem unverhältnismäßig hohen Aufwand realisierbar und somit können die Forderungen nach einem entsprechenden Kosten- und Zeitrahmen nicht gleichzeitig erfüllt werden.

Demgegenüber können durch den ausschließlichen Einsatz von Standardsoftwarepaketen sowohl die Investitionskosten als auch der Zeitaufwand für die Implementierung erheblich reduziert werden. Allerdings wird diese Lösung nicht alle funktionalen Bedürfnisse befriedigen, da die vorhandenen Standardsoftwarelösungen in der Regel nicht allen gewünschten Forderungen an eine Prozessoptimierung genügen. Deshalb ist es hier sinnvoll, einen Mittelweg zu gehen, indem einzelne Standardkomponenten ausgewählt werden, die einen erheblichen Teil der Forderungen abdecken und die dann mittels einer individuellen Software-Anpassung und Schnittstellen-Programmierung miteinander verknüpft werden.

Bei der Auswahl der Komponenten ist sicherlich die Gewährleistung der funktionalen Anforderung an eine neue Software ein äußerst wichtiges Kriterium. Da aber auch die Optimierung einer bereichsübergreifenden, funktionierenden Prozesskette gefordert wird, muss ebenso der Integrationsfähigkeit der beteiligten Softwareprodukte ein besonderes Augenmerk gewidmet werden. Ähnlich wie bei den **Office**-Anwendungen ist hier eine Lösung anzustreben, die es gestattet, alle beteiligten Komponenten unter einer gemeinsamen Benutzeroberfläche anzuwenden.

Bezüglich der Auswahl sind zwei zentrale Forderungen von Bedeutung. Zum einen sind dies die weitreichenden Möglichkeiten der Geometrieverarbeitung (CAD-System) und zum anderen sind es die benutzerfreundliche Speicherung und Verwaltung aller am Produktionsprozess beteiligten Dokumente (PDM-System). Alle anderen im Produktionsprozess eingesetzten Software-Systeme sind in irgendeiner Form von diesen beiden Systemen abhängig beziehungsweise müssen mit diesen beiden problemlos kommunizieren können. Da in der Konstruktion auch heute noch die meisten Kosten

festgelegt werden, soll für das hier zu schaffende Konzept das CAD-System den zentralen Mittelpunkt bilden, auf das alle anderen beteiligten Softwareprodukte abzustimmen sind. Darüber hinaus wird auch das PDM-System den nötigen Stellenwert erhalten, da alle im CAD-System erzeugten Dokumente von dem PDM-System gespeichert und verwaltet werden und somit diese Dokumente allen anderen beteiligten Softwarekomponenten wiederum zur Verfügung stellt. Im folgenden werden die Standardkomponenten und deren Bedeutung für das Konzept vorgestellt.

4.1 3D-CAD-System

Eines der gerade im Maschinenbau erfolgreichsten 3D-CAD Systeme ist derzeit das Produkt **SolidWorks** aus dem Hause Dassault Systems. Solid Works ist ein parametrisches, featurebasierendes Volumenmodelliersystem der neuesten Generation [9]. Der Funktionsumfang umfasst neben den Standard-Modellierfunktionen auch spezielle Handhabungsmethoden, die das Erstellen komplexer Einzelteile und Formenbaumodelle sowie den Umgang mit großen Baugruppen sehr gut unterstützen. Ebenso gehört die Erstellung von Blechteilen und deren Abwicklungen zum Leistungsumfang dieses Standardproduktes. Darüber hinaus gibt es weitere Softwarekomponenten für die Bereiche Fertigung (vgl. Kap. 4.2) und Berechnung (vgl. Kap. 4.3 und 4.4), die unter der Benutzeroberfläche von SolidWorks eingesetzt werden können. Diese zertifizierte **Windows**-Applikation zeichnet sich auch noch durch die sehr gute intuitive Erlern- und Bedienbarkeit aus.

Die Zeichnungsableitung sowie deren Aktualisierung erfolgt immer automatisiert von dem 3D-Modell. Sowohl bei der Baugruppenerstellung als auch bei der Zeichnungserstellung werden keine redundanten Daten erzeugt, da lediglich die Pfade zu den verknüpften Modellen gespeichert werden, zeigt eine geöffnete Zeichnung oder Baugruppe immer automatisch den aktuellen Zustand der verknüpften Komponenten an. Darüber hinaus kann ein Entwicklungsteam durch die hier integrierte Funktionalität gleichzeitig und auch parallel an der Entstehung einer Gesamtbaugruppe mitwirken.

SolidWorks basiert auf dem bereits seit langem auf dem Markt erprobten Parasolid – Rechenkern. Die integrierten Standardschnittstellen wie zum Beispiel **STEP**, **IGES**, **ACIS**, **STL** etc. [10] bieten die Möglichkeit des Datenaustausches mit allen auf dem Markt

angebotenen CAD – Systemen sowie die direkte Übergabe der Modelldaten an Rapid-Prototyping-Systeme¹.

Durch so genannte Partner – Applikationen lässt sich die Software für alle Bereiche des Unternehmens einsetzen, wie zum Beispiel Photorealistische Darstellung, CAM, FEM, Rohrleitungsbau etc.. Bei diesen Applikationen handelt es sich um vom Hersteller zertifizierte Zusatzapplikationen, welche mit Hilfe des kostenfreien Bestandteils der Standardsoftware, der mitgelieferten API, implementiert werden. Zu den Programmiersprachen Visual Basic und Visual C++ verfügt SolidWorks über geeignete Schnittstellen.

4.2 CAM-System

SolidCAM bietet eine nahtlose Integration in SolidWorks und eine volle Assoziativität zur CAD-Geometrie von SolidWorks. SolidCAM arbeitet sowohl im Bauteil- als auch im Baugruppen-Modus von SolidWorks und erlaubt den Einsatz von SolidWorks-Konfigurationen (vgl. Kap. 6.2.5). Dabei können Konfigurationen einzelne Instanzen- oder Fertigungsschritte eines Werkstücks darstellen. [11]

Wenn die Geometrie zur Definition einer NC-Bearbeitung innerhalb der SolidWorks Konstruktion verändert wird, können alle NC-Bearbeitungen (Werkzeugwege) automatisch mit der geänderten Geometrie synchronisiert werden. Durch die volle Assoziativität zum Konstruktionsmodell von SolidWorks wird einerseits der Aktualisierungsprozess der bereits gefertigten Modelle und Bauteile unterstützt und andererseits werden mögliche Fertigungsfehler vermieden, da veraltete Konstruktionsdaten keine Verwendung finden können.

Die wissensbasierten „Maschinenprozesse“ von SolidCAM eignen sich besonders für die Bearbeitung von ähnlichen Teilen (Teilevarianten), wie sie gehäuft in der Linie von Verpackungsmaschinen vorkommen. Der Anwender kann bereits einmal eingegebene Bearbeitungsmethoden und Fertigungstechniken sichern und schnell wieder verwenden. Die NC-Programmierung lässt sich so automatisieren und alle Programmierer profitieren vom Know-How und der Erfahrung des Anwenders, welcher die Maschinenprozesse anlegt und verwaltet.

¹ Automatische Erstellung von physikalischen Prototypen, ausgehend von CAD-Modellen

Die bei Verpackungsmaschinen üblicherweise auftretenden Geometrien, wie Taschen, Schrägen, Profile und Bohrungen, werden von SolidCAM mit dem 2,5D – Modul abgedeckt. Werkzeugwege lassen sich interaktiv und schnell erzeugen. An prismatischen Werkstücken erkennt SolidCAM automatisch Taschen, Profile und ebene Bereiche, die dann mit einer so genannten Konstant-Z-Strategie bearbeitet werden. NC-Jobs lassen sich einfach verschieben, drehen, spiegeln oder in der Reihenfolge ändern. Das Modul hat sich in der täglichen Praxis bei unzähligen Fertignern und Dienstleistern bewährt.

Ein wichtiger Punkt ist die Möglichkeit der Weiterverarbeitung des vorhandenen 2D-Datenbestandes. Diese Daten können im DXF- oder DWG- Format in SolidWorks eingelesen werden. SolidCAM kann dann die entsprechenden Werkzeugwege direkt aus der 2D-Kontur generieren ohne dass explizit die Zeichnung als 3D-Modell erzeugt werden muss.

Die 3D Bearbeitung spielt bei einer Verpackungsmaschine eine eher untergeordnete Rolle, da diese Funktionalität in der Regel nur bei Teilen gefordert ist, die mit der komplexen Form des Produktes selbst in Berührung kommen. Dennoch müssen auch diese Fälle abgedeckt sein. Das 3D-Modul von SolidCAM erfüllt auch diese Bedingung und eignet sich hervorragend für diese komplexen Teile. Für die Herstellung von komplexen Formen und Prototypen mit Freiformflächen bietet SolidCAM moderne HSC²-Strategien und eine integrierte Restmaterial-Bearbeitung. Dem Anwender stehen vielfältige Anfahr- und Schruppstrategien und hervorragende 3D-Schlichtbearbeitungen für optimale Resultate im Formen- und Werkzeugbau zur Verfügung.

Jeder NC-Postprozessor kann an die individuellen Bedürfnisse der Maschine und des Anwenders angepasst werden. Dabei ist der Anwender nicht auf Dritte angewiesen. Durch die offene Architektur von SolidCAM ist es sehr einfach möglich, die Modifikationen selbst vorzunehmen. SolidCAM unterstützt sämtliche Bohr-Zyklen und Optionen aller gängigen Steuerungen und liefert NC-Programme, die ohne manuelles Editieren an die Maschine übertragen werden können.

4.3 FEM-System

COSMOS/Works ist eine leistungsstarke, bedienerfreundliche Analyse- und Optimierungssoftware, die vollständig in SolidWorks eingebettet ist. COSMOS/Works bietet robuste

² High Speed Cutting

Analysefunktionen, einschließlich Spannung, Frequenz, Verschiebung, Knickung, stationäre und instationäre thermische Analysen, Baugruppenanalyse mit Kontaktstellen, nichtlineare Spannung, Formoptimierung, dynamische Reaktion, Elektromagnetik und Ermüdungsanalyse. COSMOS/Works ist in Solid Works nahtlos integriert und kombiniert hochwertige Analysewerkzeuge mit einer intuitiven, einfachen Benutzeroberfläche. Alle FEM – tangierenden Parameter werden innerhalb der CAD Oberfläche direkt an der Modellgeometrie definiert und in der CAD – Datei abgespeichert. Es werden keine zusätzlichen Parameterdateien angelegt. Eine Änderung der Modell – Geometrie bewirkt automatisch die Anpassung der assoziativen FEM – Parameter. Falls eine Neuberechnung des Systems erforderlich ist, wird der User automatisch darauf hingewiesen. Die Visualisierung der Berechnungsergebnisse erfolgt ebenfalls in der CAD – Oberfläche, sie können aber auch separat in verschiedenen Ausgabeformaten abgespeichert werden. [12]

4.4 Mehrkörperdynamik - System

COSMOS/Motion ist ein komplett in SolidWorks eingebettetes, leistungsstarkes Mehrkörperdynamik – Paket, dessen Systembedienung in der vertrauten CAD – Umgebung abläuft. Basierend auf der ADAMS - Technologie kann der Konstrukteur mit COSMOS/Motion Motoren und Antriebe dimensionieren, Layouts von Koppelungen erstellen, Nocken entwickeln, Zahnradantriebe besser verstehen, Federn/Stoßdämpfer dimensionieren, die Geometrie von Kurvenscheiben entwickeln, das Verhalten sich berührender Bauteile bestimmen und Betriebslasten erstellen. Mit COSMOS/Motion kann die Konstruktion auf Störungen zwischen den Bauteilen überprüft werden, während sich die Mechanismen durch den tatsächlichen Betriebsbereich bewegen.

Die Definition der Gelenkfreiheitsgrade wird automatisch durch die Auswertung der im CAD-System angelegten Bauteilverknüpfungen bestimmt. Der Konstrukteur muss lediglich noch spezifische Parameter wie zum Beispiel Dämpfer-, Federeigenschaften, Reibkoeffizienten etc. definieren, die darüber hinaus auch in dem CAD – Modell gespeichert werden. COSMOS/Motion unterstützt sowohl 3D-Festkörperkontakte als auch 2D-kurvenbasierte Kontakte.

Für die Beurteilung einer detaillierten Bewegungsanalyse sind eine visuelle Animation sowie XY-Diagramme der Berechnungsergebnisse simultan verfügbar. Mögliche Probleme können dadurch bereits frühzeitig erkannt werden. Die Animationen eignen sich hervorragend zur

Visualisierung der physischen Bewegung der Mechanismen und können als AVI³- oder VRML⁴-Datei gespeichert werden. Die Berechnungsergebnisse sind dann unmittelbar in anderen Anwendungen der COSMOS – Familie weiterverwendbar. So lassen sich zum Beispiel die Ergebnisse aus COSMOS/Motion sofort als Rand- und Lastbedingungen inklusive der Trägheitskräfte für eine FEM – Analyse mit COSMOS/Works nutzen.

4.5 Normteil Bibliothek

Zur Erfüllung der Anforderungen bezüglich der Norm- und Kaufteile sowie der Standardgeometrien wird das Softwarepaket **VarBox** gewählt, welches der Verfasser dieser Arbeit maßgeblich mitgestaltet hat. Die VarBox ist direkt in der Oberfläche des CAD Systems SolidWorks implementiert und bietet dem Anwender über eine Baumstruktur die in der VarBox vorhandenen Geometrien an. Die Struktur sowie die Bezeichnungen der Strukturknoten sind frei definier beziehungsweise änderbar. Die im Standardumfang ausgelieferten Kataloge decken bereits einen großen Anteil der benötigten Teile ab. Da sich die VarBox um eigene Kataloge erweitern lässt, ist es für den Administrator kein Problem, spezifische Teile in die Oberfläche zu implementieren. [13]

Eine besondere Stärke der VarBox ist die Anpassbarkeit an unternehmensspezifische Anforderungen. Für jeden Katalogknoten lassen sich Abmessungsvarianten als Vorzugsobjekte kennzeichnen. Der Administrator kann konfigurieren, ob die potentiell vorhandenen Teile vom Anwender angelegt werden sollen oder nicht. Des weiteren können zu jeder Teilefamilie beliebig viele zusätzliche Attribute angelegt werden, welche wiederum als Dateieigenschaft im Teil selbst, als Attribut in einem PDM-System oder nur als Hinweis in der Oberfläche in Erscheinung treten können. So lassen sich zum Beispiel Sachnummern aus einem PPS-System über **Excel**-Listen importieren.

4.6 Plotverteilung

Das Plotten beziehungsweise die Ausgabe von Dokumenten ist eine der Schlüsselfunktionen innerhalb des Produktentwicklungsprozesses. Das Programmpaket **Uniplot** der Fa. Advanced Software ermöglicht die unternehmensweite Plotausgabe aller benötigten

³ Audio Video Interleave

⁴ Virtual Reality Markup Language

Grafikformate. Bei der Ausgabe besteht die Möglichkeit, angeforderte Dokumente zu skalieren, zu rotieren, deren Strichstärke oder Auflösung zu ändern, sowie mit Zusatzinformationen wie zum Beispiel Texten oder Stempeln zu versehen. Darüber hinaus hat der Administrator die Möglichkeit, Verknüpfungen zwischen Plottern, Formaten und Benutzergruppen herzustellen. Die Hardwaremerkmale aller gängigen Druckertypen werden unterstützt. Das Management der Plotaufträge, wie zum Beispiel anhalten, freigeben, sperren, umleiten, wiederholen, vorziehen etc., geschieht in einer separaten Überwachungsapplikation. Die Abrechnung der Plotkosten erfolgt nach Anwendern, Abteilung oder Kostenstelle. [14]

Neben den eigentlichen Plotfunktionalitäten zeichnet sich Uniplot durch seine Integrationsfähigkeit aus. Der modular aufgebaute Formatkonverter bietet die Möglichkeit, eine Vielzahl der am Markt befindlichen Grafikformate in ein Rasterformat umzuwandeln. Der Uniplot-interne Integrationsbaustein stellt die Verbindung zu verschiedenen EDM-, PPS- oder ERP-Systemen her. Dadurch kann auch die Kopplung zu Systemen, für die keine direkte Integration vom Hersteller zur Verfügung steht, mittels Generierung überschaubarer Eigenentwicklungen hergestellt werden. Für das Gesamtkonzept stellt Uniplot einen Werkzeugkasten bereit, der bei der Vernetzung der einzelnen Softwarekomponenten sowie der Bereitstellung der zur Verbesserung der Kommunikation notwendigen Vereinheitlichung der Dokumente behilflich ist.

4.7 PDM-System

Neben dem CAD-System steht auch ein PDM – System an einer zentralen Stelle des Gesamtkonzeptes. Als PDM – System wird das System **SmarTeam** aus dem Hause Dassault Systems gewählt, weil SmarTeam ein so genanntes Kernmodul einer umfangreichen Produktfamilie rund um das Thema Produktdatenmanagement darstellt. SmarTeam gestattet das Verwalten aller möglichen Daten und deren Strukturen und Versionen. Dokumentzusammenhänge können einfach hergestellt und transparent abgebildet werden. SmarTeam bietet auch die notwendigen Integrationen zu mehreren CAD – Systemen sowie zu den klassischen Office – Applikationen. Besonders die tiefgreifende Integration zu SolidWorks stellt sicher, dass alle Besonderheiten des CAD-Systems, wie zum Beispiel Konfigurationen, Dokumentabhängigkeiten etc. unterstützt werden. SmarTeam zeichnet sich im Besonderen durch Anpassungsfähigkeit aus. Angefangen von der Erstellung und Änderbarkeit des Datenmodells über die Gestaltung der Menüoberfläche und der

Datenmasken bis hin zur Integration eigener Routinen mittels der umfangreichen Programmierschnittstelle, lässt das SmarTeam diesbezüglich keine Fragen offen. [15]

4.8 Programmiersprache für die Schnittstellen

Die Auswahl der Programmiersprache orientiert sich an den Anforderungen an das zu erstellende Softwareprodukt. Diese Aufgaben sind hier im Wesentlichen die Integration der beiden primären Softwarekomponenten CAD und PDM, sowie die Erstellung der Schnittstellen zu den anderen beteiligten Softwarekomponenten. Deshalb gilt es nun, die zur Verfügung stehenden Programmiersprachen dahingehend zu untersuchen, in wie weit sie dafür geeignet sind. Prinzipiell können alle momentan verfügbaren objektorientierten Programmiersprachen für diese Aufgaben eingesetzt werden. Da in dem vorliegenden Fall der Schwerpunkt der Softwareentwicklung die Integration der beiden Systeme SolidWorks (CAD) und SmarTeam (PDM) beinhaltet, muss die Programmiersprache eingesetzt werden, für die beide Systeme die entsprechenden Schnittstellen aufweisen. Die beiden Systeme verfügen unter anderem über API-Schnittstellen für die Programmiersprachen C++ und Visual Basic. Für die Softwareentwicklung bietet sich **C++** als Weiterentwicklung der Programmiersprache C an, mit welcher auch sehr umfangreiche Softwareprojekte sehr gut gestaltet werden können. Darüber hinaus werden jedoch an bestimmten Stellen Anpassungen an der Standardsoftware erforderlich werden, die auf Grund technischer Randbedingungen nur in einer Skriptsprache möglich sind. Für diesen Rahmen wird die Programmiersprache **Visual Basic** eingesetzt. Obwohl zwei verschiedene Programmiersprachen hier berücksichtigt werden, wird das Konzept so angelegt, dass die Durchgängigkeit der einzelnen Softwaremodule gewährleistet ist. [16]

4.9 Fazit

Nachdem die einzelnen Softwarekomponenten ausgewählt sind, wird nun für die beteiligten Komponenten eine Struktur definiert, welche den Systemen eine Kommunikation ermöglicht, ohne dass ein Datenverlust entsteht. Im Gegensatz zu der Prozesskette des IST-Zustandes (vgl. **Abbildung 2-1**), die durch einen strengen linearen Ablauf geprägt ist, wird hier eine zentralistische Form der Informationsverarbeitung gemäß **Abbildung 4-1** gewählt. Durch diese Ringstruktur können alle beteiligten Produktionsbereiche möglichst früh auf die für sie notwendigen Daten zugreifen und zwar immer auf die jeweils aktualisierten Daten. Diese

parallele Arbeitsweise entspricht dem so genannten Concurrent Engineering und trägt erheblich zu einer Verkürzung der Produktentwicklung bei.

Der Zugriff auf die beteiligten Softwarekomponenten wird entsprechend den Forderungen gemäß Kap. 3 durch eine einheitliche **Benutzeroberfläche** realisiert [17], welche sich vorrangig an der Benutzeroberfläche von SolidWorks orientiert. Darüber hinaus übernimmt das **Integrationsmodul** den Austausch aller Daten der so genannten geometrieerzeugenden Systeme **SolidWorks**, SolidCam und COSMOSWorks mit dem PDM-System **SmarTeam**, welches überwiegend für die Speicherung und die Verwaltung der vorhandenen Daten zuständig ist.

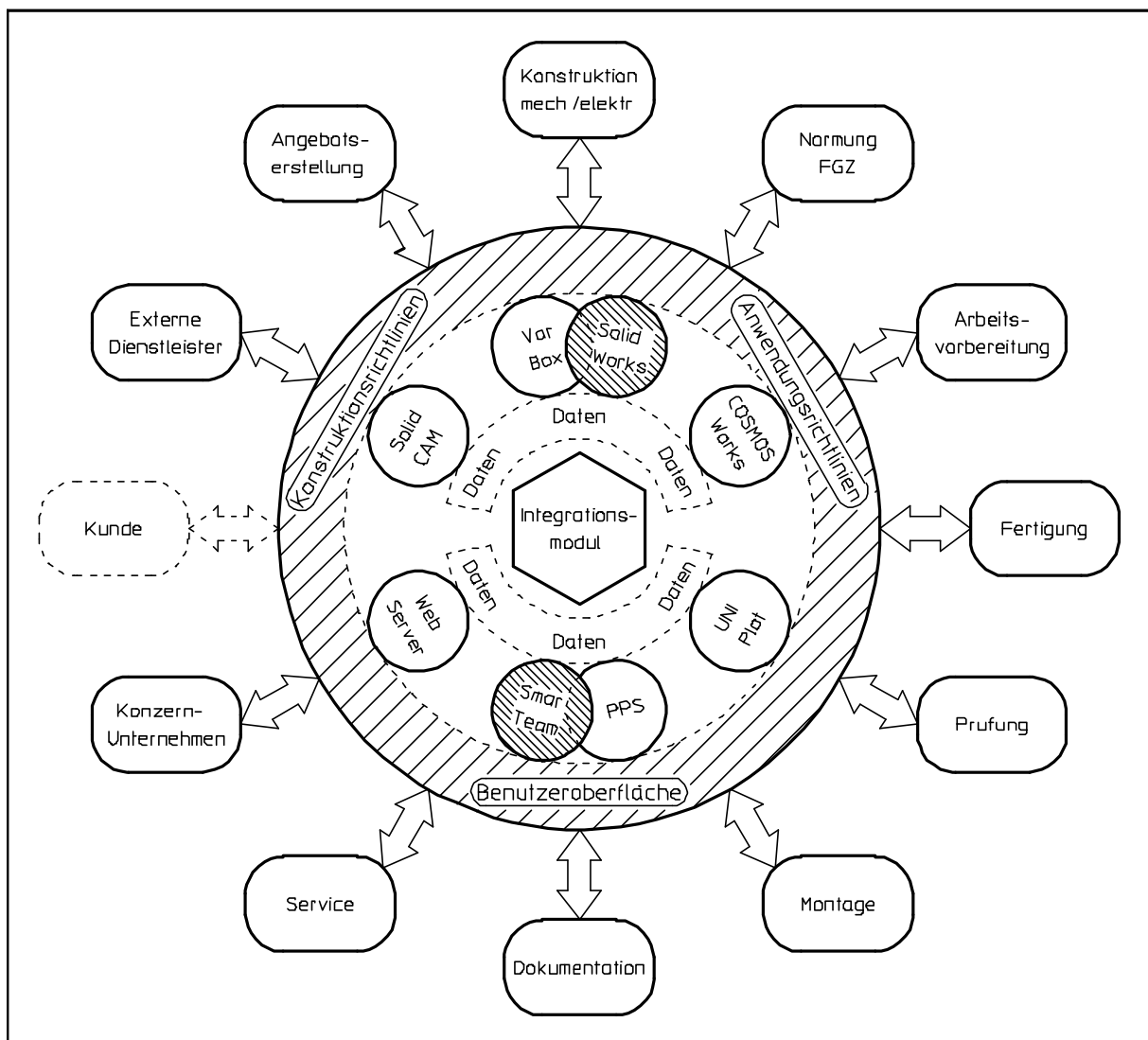


Abbildung 4-1: Prozesskette (Soll-Zustand)

Da aber im Gegensatz zu einer 2D-Konstruktion das Arbeiten mit einem 3D-CAD-System im Ergebnis für die Produktentwicklung zwar sehr viel besser, aber dafür in der Handhabung erheblich komplizierter ist, macht es sehr viel Sinn, für eine optimale Geometrieerzeugung und auch deren Weiterverarbeitung unternehmensweit so genannte **Konstruktions-** und **Anwendungsrichtlinien** zu definieren und deren Einhaltung so weit wie möglich durch das Integrationsmodul überwachen zu lassen.

In der Abbildung 4-1 sind alle Produktionsbereiche gemäß der Abbildung 2-1 enthalten. Darüber hinaus wird der Forderung gemäß Kap. 3.6 Rechnung getragen, dass auch alle „Tochterunternehmen des Konzerns“ zum Beispiel über einen Webserver auf die Daten der Verpackungsmaschinen zugreifen können. In wie weit später auch der „Kunde“ auf diese Daten, zum Beispiel in der Phase der Kontaktaufnahme, der Angebotserstellung, des Service, etc. zugreifen darf, kann zu dem jetzigen Zeitpunkt noch nicht eindeutig definiert werden. Dies wird der spätere praktische Einsatz zeigen, aber der Vollständigkeit halber wird dieser Bereich zumindest mit angeführt. Mit der Realisierung dieser einzelnen Komponenten dürfte einem unternehmensweiten Datenmanagement nichts mehr im Wege stehen [18].

Damit sind alle Grundlagen festgelegt, welche die Ausarbeitung eines rechnergestützten Konzeptes für eine unternehmensweite Optimierung des Produktentwicklungsprozesses von Verpackungsmaschinen ermöglichen. Da aber die neuesten Entwicklungen im Bereich der 3D-CAD-Technik nicht allen Beteiligten bekannt sind, werden zunächst die wichtigsten Begriffe und Definitionen der jeweils möglichen CAD-Elemente vorgestellt, mit denen sehr komplexe Bauteile dreidimensional beschrieben werden und darüber hinaus in einer noch komplexeren Baugruppe mit vertretbarem zeitlichen Aufwand auch dargestellt werden können. Die meisten der in dem folgenden Kapitel definierten Begriffe tauchen in dem anschließend formulierten Konzept ohne eine weitere Erklärung wieder auf. Die Funktionen, die es später gestatten, diese äußerst komplexen Baugruppen noch zu speichern und zu laden, werden im Konzept detailliert vorgestellt.

5 Grundlagen der 3D-CAD-Technik

Die CAD-Daten repräsentieren die geometrische Darstellung eines Produktes, welches den Vorstellungen eines Konstrukteurs entspricht. Da eventuell der Konstrukteur, bedingt durch das Anfertigen von 2D-Zeichnungen, jahrelang gewohnt war, zweidimensional zu denken, ist ein Übergang zu einer Vorgehensweise, der eine dreidimensionale Modellierung von Bauteilen zu Grunde liegt, für ihn nicht so einfach zu bewerkstelligen. Zumal er sich jetzt von der ebenen Darstellung lösen und nunmehr räumlich denken muss. Für die Generierung von Einzelteilen ist dies nicht ganz so schwierig, da er diese teilweise nach wie vor zunächst mit Hilfe von Querschnittsskizzen beschreiben kann, welche anschließend durch Translation oder Rotation automatisch in Volumenmodelle überführt werden. [19]

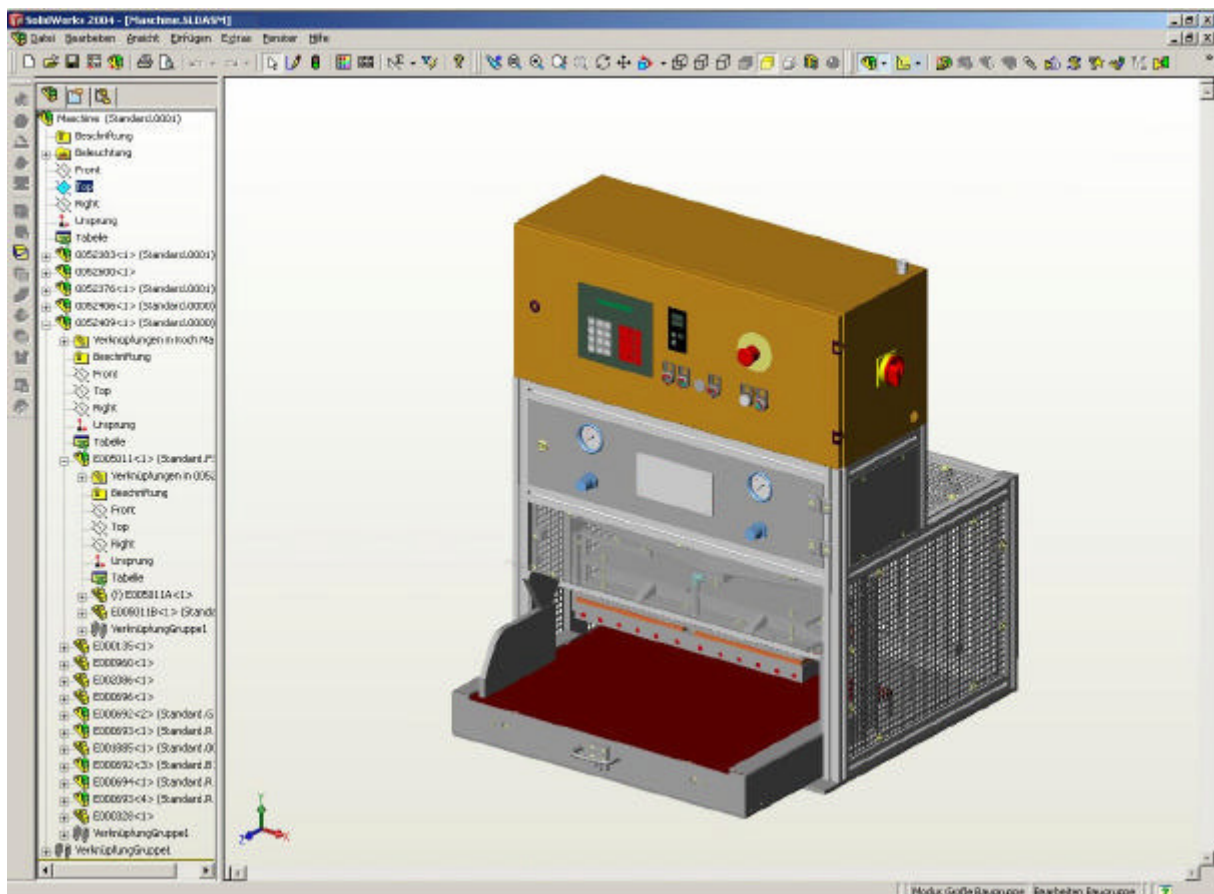


Abbildung 5-1: Darstellung einer komplexen Maschine in SolidWorks

Die neue räumliche Vorstellung gilt insbesondere für die Erstellung von Baugruppen (vgl. **Abbildung 5-1**), wo der Konstrukteur jetzt die einzelnen Bauteile im Raum positionieren

muss. Allerdings sind die heutigen 3D-CAD-Systeme so weit entwickelt, dass das System die nötigen Hilfestellungen leisten kann. So lässt sich mit Hilfe definierter Hilfsebenen im Raum, welche entsprechend in dem gemeinsamen Ursprungs-Koordinatensystem angeordnet sind, die Positionierung der einzelnen Bauteile erheblich erleichtern. Darüber hinaus kann durch eine Vereinfachung einzelner Baugruppen durch Abstraktion erreicht werden, dass die Übersichtlichkeit auch bei komplexen Baugruppen noch gegeben ist. [20]

Die Handhabung dieser Funktionalitäten müssen durch eine gezielte Einarbeitung von den beteiligten Konstrukteuren erlernt werden, damit diese jeder Zeit in der Lage sind, die geforderte komplexe Baugruppe auch zu definieren. Deshalb bedarf es hier bezüglich des Zusammenwirkens der einzelnen Funktionen, mit denen das jeweils geforderte Ergebnis erreicht werden soll, einer intensiven Erläuterung [21].

Die Abbildung 5-1 zeigt die komplette Ausgabemaske einer SolidWorks-Anwendung. Im rechten Teil ist eine Baugruppe zu sehen, während im linken Teil der zugehörige Feature-Baum dargestellt ist, welcher entsprechend einer Baumstruktur alle in der Baugruppe verwendeten Elemente beziehungsweise Einzelteile enthält. Der Begriff Elemente wird hier deshalb benutzt, da zum Beispiel auch die schon genannten Hilfsebene dort enthalten sind.

Zum besseren Verständnis aller zum Einsatz kommenden „*Elemente*“ und Funktionalitäten zeigt die **Abbildung 5-2** eine schematische, einfache Baugruppenstruktur. Die hier gewählte Form der Darstellung entspricht weitgehend der Darstellung in einem 3D-CAD-System SolidWorks gemäß der Abbildung 5-1. Allerdings wird hier die Abbildung des Feature-Baumes etwas erweitert beziehungsweise verändert und stimmt somit nicht hundertprozentig mit SolidWorks überein. Mit Hilfe dieser Form lassen sich allerdings die einzelnen Elemente und Funktionen und ihre Zusammenhänge einfacher erläutern. Eine hier vorgenommene Änderung ist zum Beispiel die Tatsache, dass die einzelnen konfigurationsspezifischen Eigenschaften in SolidWorks nicht angezeigt werden. Im Folgenden werden die Inhalte der CAD-Elemente kurz erläutert als Begriffe [22]; und zwar in der Reihenfolge, wie diese vorkommen, ohne dass dies eine Priorität bedeutet.

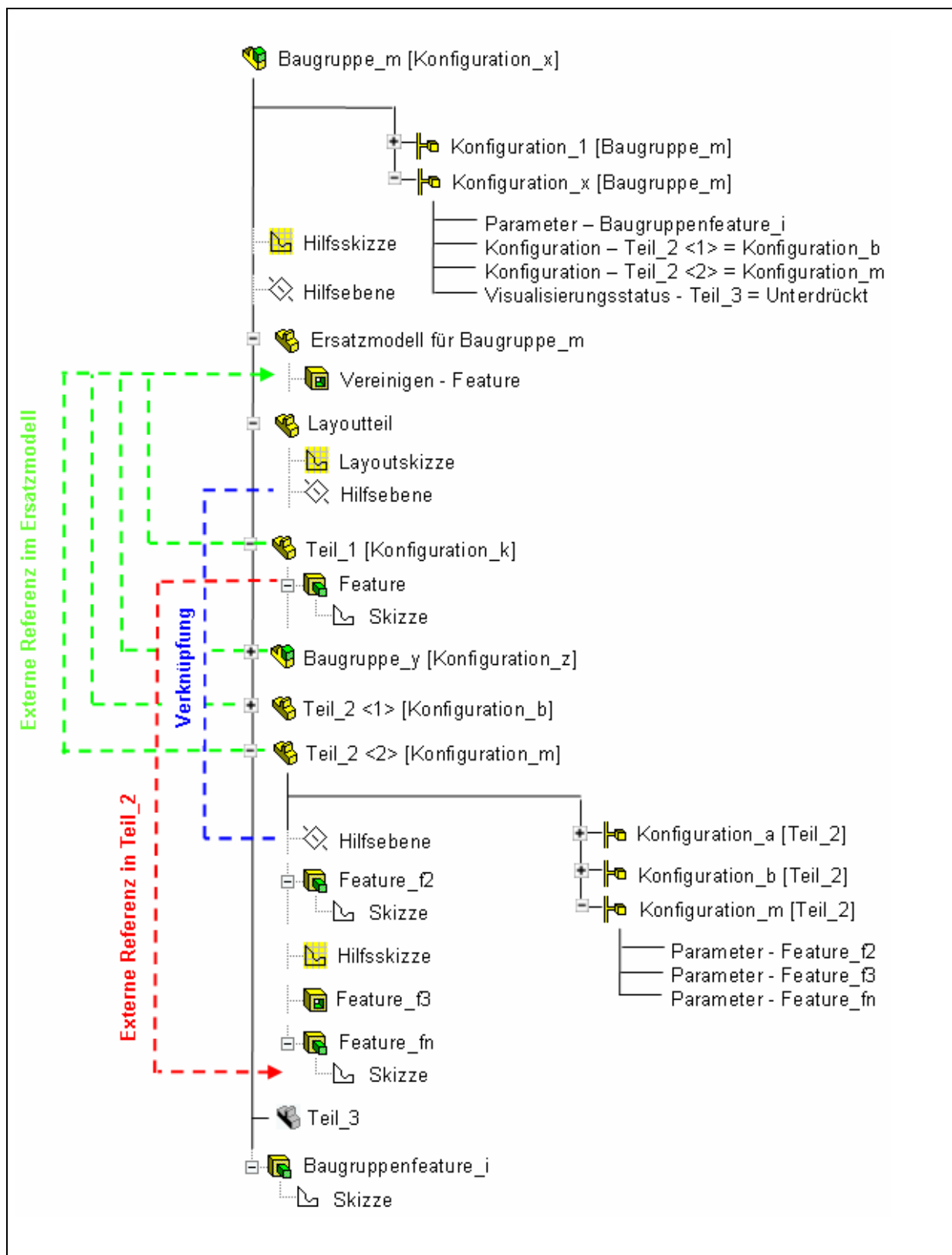


Abbildung 5-2: Übersicht über die CAD-Elemente eines 3D-Systems

Baugruppe

Eine Baugruppe besteht im Wesentlichen aus Einzelteilen und / oder aus Baugruppen, aus welchen so genannte Konfigurationen abgeleitet werden können. Die Komponenten einer Baugruppe (Einzelteile oder Baugruppen) werden in der Regel durch Verknüpfungen zwischen den Komponenten oder zu Referenzgeometrien im Raum positioniert. Auf dem Bildschirm würde für die in der Abbildung 5-2 dargestellte Struktur die Baugruppe mit dem Namen Baugruppe_m in der Konfiguration mit Namen Konfiguration_x angezeigt.

Konfiguration (allgemein)

Konfigurationen dienen zur Erstellung von Geometrievarianten eines Modells innerhalb einer Datei und können in Baugruppen und in Teilen angelegt werden. Der Verwendungszweck ist vielfältig, aber der primäre Verwendungszweck liegt in der Bildung von Teilefamilien. Dies bedeutet, innerhalb einer Datei können Teile abgebildet werden, die zwar baugleich sind, aber sich durch eine oder mehrere Abmessungen unterscheiden. Dies ist in ähnlicher Form auch bei Baugruppen möglich. Des Weiteren kann die Funktionalität zur Erstellung von Detaillierungsvarianten herangezogen werden. In diesem Falle werden Geometrie-Elemente, welche im Kontext der Gesamtanlage nicht wesentlich sind (zum Beispiel Verrundungen, Fasen oder ähnliches), in einer Konfiguration unterdrückt. Durch diese Reduktion der Detaillierung wird bei konsequenter Anwendung beim Bearbeiten der komplexen Gesamtanlage eine Entlastung des Rechnersystems erreicht. Für beide Anwendungsfälle ist zu erwähnen, dass sich durch diese Arbeitsweise ein weiterer Vorteil ergibt, indem Änderungen oder Überarbeitungen nur einmal für alle Konfigurationen durchgeführt werden müssen.

Konfiguration (einer Baugruppe)

In einer so genannten Baugruppenkonfiguration werden zum einen die Parameter der Objekte (Feature, Ebenen, Skizzen etc.) gespeichert, welche die Baugruppe enthält, und zum anderen werden die zu verwendenden Konfigurationen der einzelnen Baugruppenkomponenten sowie deren Visualisierungsgrad gespeichert. Damit kann zum Beispiel in der Konfiguration_1 der Baugruppe_m das Teil_2 mit der Instanz <1> in der Konfiguration_b und in der Konfiguration_x der Baugruppe_m das Teil_2 mit der Instanz <2> in der Konfiguration_m verwendet werden.

Parameter

Mit dem Begriff Parameter werden hier die Definitionen von geometrischen Werten wie Bemaßungswerte, Austragungstiefe, Blechdicke usw. bezeichnet, mit denen Feature, Skizzen, etc. beschrieben werden.

Instanz

Wenn ein Bauteil mehr als einmal in einer Baugruppe eingesetzt wird, müssen diese Bauteile irgendwie unterschieden werden können. Dies geschieht durch Anhängen einer fortlaufenden Nummer in spitzen Klammern an den Komponentennamen. Im obigen Beispiel ist das Teil_2 zweimal in der Baugruppe verbaut. Die Instanz <1> von Teil_2 wird in der Ausprägung [Konfiguration_b] dargestellt, während die Instanz <2> des Teil_2 die [Konfiguration_m] zeigt.

Visualisierungsstatus

Der Visualisierungsstatus einer Baugruppenkomponente kann konfigurationsspezifisch gespeichert werden. Dies bedeutet, dass pro Baugruppenkonfiguration hinterlegt werden kann, ob eine bestimmte Komponente dargestellt werden soll oder nicht. Dabei wird unterschieden zwischen dem einfachen Ausblenden oder dem so genannten Unterdrücken. Wird eine Komponente ausgeblendet, so ist diese zwar im Speicher noch vorhanden, aber nicht mehr zu sehen. Falls Referenzen zu diesem Bauteil existieren, so bleiben diese weiterhin bestehen. Die Komponente ist quasi nur unsichtbar. Wird eine Komponente jedoch unterdrückt, so kommt dieses einem temporären Löschen gleich. Dies bedeutet, diese Komponente wird komplett aus dem Hauptspeicher entfernt und Referenzen können dann nicht mehr berechnet werden. Eine unterdrückte Komponente wird im Featuremanager grau dargestellt (vgl. Teil_3). Gleiches gilt auf der Teileebene im Zusammenhang mit dem Visualisierungsstatus eines Feature.

Hilfsskizze

Als Hilfsskizze wird eine Skizze bezeichnet, welche nur Referenzgeometrien enthält. Eine derartige Skizze kann nicht unmittelbar zur Erstellung eines Feature herangezogen werden. Eine solche Skizze kann zum Beispiel die schematische Darstellung eines zu konstruierenden Mechanismus enthalten, von dem die Grobabmessungen der zu erstellenden Einzelteile abgeleitet werden. Ein weiterer Anwendungsfall ist zum Beispiel die schematische Darstellung einer Gesamtanlage, in der die Positionen der Einzelstationen abgebildet sind. (vgl. Layoutskizze)

Hilfsebene

Eine Hilfsebene ist eine zusätzliche, beliebig im Raum liegende Ebene. Mit einer solchen Ebene können zum Beispiel Bauteile oder Baugruppen im Raum positioniert und fixiert werden. Außerdem lassen sich Skizzen auf Ebenen anlegen.

Ersatzmodell

Unter einem Ersatzmodell wird ein Teil verstanden, welches eine Baugruppe visualisiert. In diesem Fall wird die gesamte Baugruppe durch ein Teil ersetzt, welches geometrisch gleich beziehungsweise ähnlich ist. Ein Ersatzmodell kann auf unterschiedliche Art und Weise erzeugt werden:

- Wenn der Detaillierungsgrad von Baugruppe und Ersatzmodell gleich sein soll, so bietet es sich an, das Ersatzmodell durch Vereinigen aller Teile zu erzeugen. Dadurch bleiben alle Einzelkomponenten der Baugruppe erhalten und es wird ein neues Teil angelegt, indem im Kontext der Baugruppe ein Vereinigen - Feature eingebracht wird.
- Wenn der Detaillierungsgrad reduziert werden soll, so muss ein neues Teil von Hand erstellt werden. Dabei kann im Kontext der Baugruppe gearbeitet werden und so auf charakteristische Geometrielemente der Baugruppe referenziert werden.

Das Ersatzmodell bietet sich insbesondere für den Aufbau einer kompletten Anlage an, da auf Grund der Abstrahierung der Speicherbedarf erheblich geringer ist und dadurch erheblich geringere Lade- beziehungsweise Rechenzeiten erreicht werden.

Vereinigen-Feature

Die Funktionalität des Vereinigen - Feature entspricht einer Addition von Körpern aus verschiedenen Teilen, die auch in unterschiedlichen Dateien gespeichert sein können. Die ursprünglichen Körper bleiben dabei unverändert und es entsteht eine neue Datei mit einem Gesamtkörper, welcher Verweise auf die einzelnen Ursprungskomponenten beinhaltet.

Layoutteil

Das Layoutteil beinhaltet im Wesentlichen eine Layoutskizze oder weitere Referenzgeometrien zum Positionieren der Anlagenkomponenten. Der Vorteil eines Layoutteils besteht darin, dass es nicht nur zum Aufbau der Gesamtanlage genutzt werden kann (wie zum Beispiel die Layoutskizze, die nur auf der Ebene der Gesamtanlage vorkommen kann),

sondern auch für den Aufbau von temporären Baugruppen, in denen nur Teilbereiche der Gesamtanlage eingesetzt werden. Die Änderung der Positionen erfolgt dann immer zentral an einer Stelle (nämlich im Layoutteil) und alle anderen Baugruppen werden automatisch aktualisiert.

Layoutskizze (Maschinenskelett)

Eine Layoutskizze kann in einer Baugruppe oder in einem separaten (Layout-) Teil angelegt werden. In beiden Fällen wird die Skizze als Referenzgeometrie genutzt. In einer solchen Skizze kann zum Beispiel die Position der einzelnen Stationen (Unterbaugruppen) einer Gesamtanlage (das Layout) durch Linienelemente gekennzeichnet sein. Mit Hilfe dieser Linien werden später die einzelnen Unterbaugruppen positioniert und können dann durch Modifizieren dieser Skizze verschoben werden.

Einzelteil (Teil_1)

Ein Einzelteil (Teil) besteht aus einem zusammenhängenden Volumenkörper, welcher aus einzelnen Feature gebildet wird, deren Abmessungen durch die Parameter in der jeweiligen Konfiguration gesteuert werden. Jedes Einzelteil entspricht softwareintern einer Datei.

Feature (für Teile)

Ein Feature ist ein einzelner Konstruktionsschritt in einem Teil; dies kann zum Beispiel ein Aufsatz oder eine Bohrung sein. In der Regel basiert ein Feature auf einer 2D-Skizze, aus der dann durch Rotieren oder lineares Austragen ein positives (Aufsatz) oder negatives (Schnitt) Volumen erzeugt wird. Ausnahmen stellen Features dar, wie zum Beispiel 3D-Verrundungen, Fasen, Formschrägen etc.. Diese Feature basieren nicht auf Skizzen.

Skizze

Skizzen dienen in der Regel als Basis für ein Feature. Allerdings können Skizzen auch als reine Hilfsgeometrie erzeugt werden. In diesem Fall werden diese Skizzen nicht als Basis für ein Feature herangezogen, sondern dienen zum Beispiel anderen Objekten als Referenz.

Konfigurationen (für Teile)

In einem Teil gibt es zunächst eine Konfiguration. In einer Konfiguration werden die Parameter, die in diesem Teil befindlichen Feature, Skizzen, Attribute etc. gespeichert. Durch Anlegen zusätzlicher Konfigurationen in einem Teil können unterschiedliche Varianten des Teils in einer Datei hinterlegt werden.

Feature (für Baugruppen)

Baugruppenfeatures sind den Teilefeatures ähnlich. Sie basieren bis auf wenige Ausnahmen ebenfalls auf Skizzen. Der wesentliche Unterschied ist dadurch gekennzeichnet, dass durch Baugruppenfeature kein Volumen erzeugt, sondern nur abgezogen werden kann. Baugruppenfeatures sind nur im Kontext der Baugruppe sichtbar. Dies bedeutet, eine Bohrung, welche in der Baugruppe durch mehrere Einzelteile führt, ist im Einzelteil selbst nicht vorhanden. Das Feature ist vergleichbar mit einer Bohrung, welche in der Realität nach dem Zusammenschweißen eines Rahmens hergestellt wird. (- nach Montage gebohrt -)

Verknüpfungen

Verknüpfungen dienen zur Definition einer Komponente in einer Baugruppe bezüglich seiner Lage im Raum. Es gibt verschiedene Arten von Verknüpfungen, zum Beispiel deckungsgleich, konzentrisch, tangential, Abstand etc.. Je nach Art der zu erstellenden Verknüpfung sind unterschiedliche Geometrielemente zur Definition der Verknüpfung zu selektieren. Bei den Geometrieelementen kann es sich um Hilfsgeometrie oder um die Geometrie eines Bauteils handeln. Soll zum Beispiel ein Bolzen in eine Bohrung in einer Platte positioniert werden, so bietet es sich an, die innere, zylindrische Fläche der Bohrung, sowie die zylindrische Fläche des Bolzens zu selektieren und mittels dieser beiden Elemente eine konzentrische Verknüpfung zu erzeugen. Damit kann der Bolzen nur noch entlang der Bohrungsachse verschoben werden und ist nicht mehr frei im Raum drehbar.

Externe Referenzen

Externe Referenzen sind Referenzen auf Geometrien, welche nicht aus dem Teil selbst stammen, sondern auf Teile aus einer anderen Datei verweisen. Es gibt externe Referenzen für:

- a) Ersatzmodell: Hier werden Referenzen zum Beispiel beim Vereinigen-Feature erzeugt, da dieses Feature ebenfalls auf andere Dateien verweist.
- b) Teil_2: Im Beispiel ist angedeutet, dass externe Referenzen nicht nur auf Teileebene definiert werden können, sondern auch auf Featureebene. Damit ist gemeint, dass ein Feature von Teil_2 (Feature_fn) Geometrieinformationen aus einer anderen Datei (Teil_1 - Feature) beziehen kann. Ein Beispiel dafür sind zwei Platten, die in einer Baugruppe deckungsgleich aufeinander positioniert sind. Beide Platten sollen mit einem gleichen Ausbruch versehen werden. In diesem Fall würde zunächst der Ausbruch in der einen Platte erzeugt und anschließend die entstandene Geometrie in eine Skizze der anderen Platte übernommen werden. Diese Skizze besitzt dann eine externe Referenz auf die Geometrielemente des Feature in der anderen Datei.

Eine Änderung des ersten Ausbruchs wirkt sich auch sofort auf den zweiten Ausbruch aus.

Eine Änderung der Herkunftsgeometrie bewirkt automatisch die Änderung der abgeleiteten Geometrie. Diese Abhängigkeit kann temporär durch die Funktion „Externe Referenzen sperren“ abgeschaltet werden.

Neben den in der Abbildung 5-2 gezeigten CAD-Elementen, gibt es noch eine Reihe weiterer Elemente. Die wichtigsten sind hier ebenfalls kurz angeführt:

Verbundteil

Ein Verbundteil ist ein Begriff aus dem PPS-System. Aus der Sicht des CAD handelt es sich dabei um eine gewöhnliche Baugruppe, deren Einzelkomponenten nicht in der Stückliste aufgeführt werden.

Blechteil

Bei einem Blechteil handelt es sich aus CAD-Sicht um ein gewöhnliches Teil, in das spezielle Feature eingebracht werden, welche den Prozess des Biegens nachempfinden sollen. In einem Blechteil gibt es daher keine scharfen Ecken, sondern diese werden vom System automatisch durch Biegeradien ersetzt. Des weiteren kann ein Blechteil abgewickelt werden. Parameter, wie zum Beispiel Biegezugabe oder Biegeradien, können manuell vergeben oder in Tabellen hinterlegt werden.

Normteil

Als Normteil wird ein CAD-Teil bezeichnet, welches die Geometrie von Teilen beinhaltet, die zum Beispiel in der DIN hinterlegt sind. Typische Normteile sind zum Beispiel Schrauben, Scheiben und Muttern.

Die Abbildung 5-2 zeigt die Komplexität der Datenstruktur eines 3D-CAD-Modells in aller Deutlichkeit, wobei die Ableitungen in die späteren 2D-Zeichnungen noch nicht enthalten sind. Diese beispielhafte Struktur gilt nur für eine recht einfache Baugruppe. Es ist leicht zu erkennen, dass beim Vorhandensein von mehr als 50 Unter-Baugruppen, die Struktur des gesamten Modells und damit das jeweils erzielte interne Ergebnis erheblich unterschiedlich sein kann. Dies wiederum bedeutet, dass die nachfolgenden Bearbeiter des einzelnen Modells ohne entsprechende Anleitung nicht in der Lage sind, eine gezielte Bearbeitung durchzuführen.

Diese Tatsache unterstreicht noch einmal die Forderung nach einer eindeutigen Beschreibung der Vorgehensweise bei der Modellierung von 3D-Bauteilen. Die üblichen vom Hersteller mitgelieferten Benutzerhandbücher haben lediglich die einzelnen Funktionen mit den dafür notwendigen Aufrufen und Parameter zum Inhalt und richten somit ihren Fokus in erster Linie auf die Geometrieerzeugung und weniger auf das zu erzielende Konstruktionsergebnis.

Am Beispiel des CAD-Elementes Layoutskizze wird der Nachteil der so genannten „geometriebeschreibenden Handbücher“ der Hersteller gegenüber dem hier noch zu generierenden „Konstruktionshandbuch“ schnell deutlich:

1. In dem „Herstellerhandbuch“ wird lediglich exakt dargestellt, in welcher Form, mit welchen Parametern und an welchem Ort eine Layoutskizze definiert werden darf.
2. In dem „Konstruktionshandbuch“ werden dazu weitergehende Aspekte berücksichtigt, auf die der Anwender durch eine entsprechende Vorgabe hingewiesen wird:
 - a) Eine Layoutskizze wird direkt in der Baugruppe der gesamten Anlage erstellt. Dann kann diese Skizze aber auch nur in dieser Baugruppe genutzt werden. Es lässt sich zwar eine Kopie erzeugen und diese Kopie lässt sich auch in eine andere Baugruppe einfügen, aber es bleibt immer nur eine Kopie und sie hat somit keinerlei Verbindung zu ihrer Herkunft. Dies bedeutet, wenn eine Änderung an dem Layout vorgenommen wird, so muss diese Änderung auch in jeder Baugruppe separat durchgeführt werden, in welcher eine Layoutskizze eingefügt worden ist.
 - b) Wird eine Skizze in ein Teil eingefügt, welches nichts anderes enthält, als diese Skizze, so kann dieses Teil auch in jede Baugruppe eingefügt werden, in welcher diese Layoutskizze benötigt wird. Jetzt kann jederzeit ein Zugriff auf diese Skizze über das Teil erfolgen, mit dem Vorteil, dass jede Änderung an der Skizze sich automatisch überall dorthin überträgt, wo dieses Teil eingebaut ist.

Eine hinreichende Vorgehensweise, wie die 3D-Funktionalitäten für eine Konstruktion und damit für eine optimale Produktgestaltung genutzt werden kann, findet sich in keinem dieser Handbücher. Aus diesem Grunde ist der Ruf der 3D-Anwender nach einer Vorlage, die eine derartige Vorgehensweise beinhaltet, sowohl für den Anwender als auch für das Unternehmen von äußerster Wichtigkeit.

Im Folgenden wird nun ein Lösungs-Konzept entwickelt, das genau diese Forderungen berücksichtigt und somit ein optimales Zusammenwirken von Konstrukteur und Softwarekomponenten zur Erzielung von komplexen Produkten gestattet.

6 Konzept für eine unternehmensweite Handhabung eines 3D-CAD-Systems

Die aufgestellten Anforderungen machen deutlich, dass für ein Konzept zur Optimierung der Produktentwicklung von Verpackungsmaschinen eine Vielzahl von CAE-Anwendungen erforderlich sind. Die ausgewählten Komponenten für die verschiedenen Bereiche, wie **CAD**, **FEM** oder **NC**, können auf Grund der standardisierten Schnittstellen mit relativ geringem Aufwand kombiniert werden. Die hier zu lösende Aufgabenstellung erfordert jedoch letztendlich ein konsistentes Gesamtsystem, welches in der Lage ist, die komplexen Produktstrukturen von Verpackungsmaschinen derart zu verwalten, dass damit eine optimale Abdeckung aller Anforderungen gegeben ist. Das zu entwickelnde Konzept muss also sowohl eine Integration aller für die Entwicklung benötigten Engineering-Systeme in ein übergeordnetes Verwaltungs- und Steuerungssystem enthalten, als auch die Definition von einheitlichen Arbeitsvorschriften, da ohne diese eine abteilungsübergreifende, reibungslose Zusammenarbeit nicht möglich ist. Deshalb wird zunächst der allgemeine Aufbau des Konzepts beschrieben, bevor in den folgenden Kapiteln die einzelnen Aspekte der Lösung vorgestellt werden. Das neue Konzept wird dabei in einer generellen - für Unternehmen der Verpackungsindustrie gültigen - Form entwickelt. Dieses Konzept kann dann für diese speziellen Unternehmen angewendet werden, wobei gegebenenfalls einzelne Aspekte nicht berücksichtigt werden müssen, sofern sie für den konkreten Anwendungsfall keine hohe Relevanz haben.

6.1 Allgemeiner Aufbau des Konzepts

Das zu entwickelnde Konzept besteht aus einer Kombination von Standard-Softwaresystemen, wie einem **CAD**- oder einem **PDM**-System. Damit alle diese Komponenten reibungslos zusammen arbeiten, ist im Rahmen des Konzepts jeweils die Schnittstelle zwischen diesen Komponenten zu implementieren. Auch wenn die hier ausgewählten Programme bereits über Standardschnittstellen verfügen, so sind für eine optimierte Produktentwicklung im vorliegenden Fall tiefer gehende Funktionalitäten erforderlich. Diese werden schwerpunktmäßig an der Schnittstelle zwischen CAD und PDM eingesetzt, da in einem CAD-System die primäre Erstellung von Entwicklungsdaten erfolgt, und in einem PDM-System die gesamte bereichsübergreifende Verwaltung dieser Daten organisiert wird [23]. Die **Abbildung 6-1** zeigt schematisch die einzelnen Komponenten und deren Beziehungen untereinander.

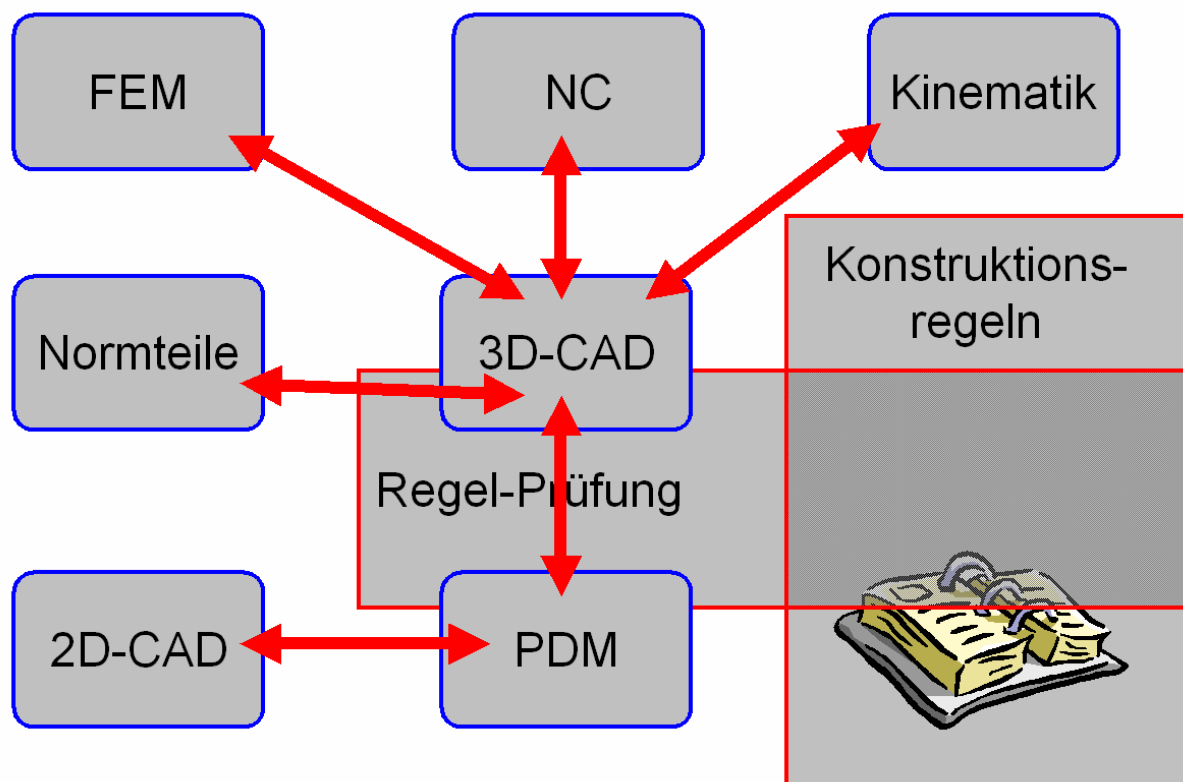


Abbildung 6-1: Allgemeine Struktur des Konzepts

Die zentrale Position nimmt ein 3D-CAD-System ein. Die gewählten Komponenten für die Normteillbibliothek und die CAE-Systeme für FEM, NC-Programmierung etc. stellen keine eigenständigen Programme dar, sondern sind als so genannte Plug-In's in die Benutzeroberfläche des CAD-Systems integriert. Dies hat neben den bereits erwähnten Vorteilen in diesem Zusammenhang vor allem den Vorteil, dass zur Verwaltung der jeweils erzeugten Daten im wesentlichen die Schnittstelle des CAD-Systems zu dem PDM-System genutzt werden kann.

Da die Verfügbarkeit der mit dem 2D-CAD-System erstellten Zeichnungen gewährleistet sein muss, findet ebenfalls eine Anbindung dieses Systems an das PDM-System statt. Die Informationen des bisher verwendeten Zeichnungsverwaltungssystems werden dabei in das PDM-System importiert, so dass die Metadaten der Altzeichnungen in der einheitlichen Umgebung des PDM-Systems integriert sind.

Da das ausgewählte PDM-System SmarTeam bereits in der Standardkonfiguration über die Möglichkeit zur Verwaltung von Grafikdateien verfügt, ist für die Übernahme der Altzeichnungen, die in Papierform beziehungsweise in mikroverfilmter Form vorliegen, innerhalb des PDM-Systems die Erstellung einer neuen Schnittstelle nicht notwendig. Diese

Zeichnungen werden im Rahmen einer Altdateiübernahme in das neutrale TIFF⁵-Format konvertiert und in den Datenbestand des PDM-Systems aufgenommen. Problematisch bei dieser Art der Datenübernahme ist die Behandlung der Metadaten, da diese in der Regel lediglich im Schriftfeld der Zeichnung selbst vorhanden sind, und manuell in das PDM-System eingegeben werden müssen. Da dieser hohe manuelle Aufwand naturgemäß sowohl mit einem hohen finanziellen Aufwand als auch mit einer relevanten Fehlerquote verbunden ist, wird für das allgemeine Konzept festgelegt, dass zu den Altzeichnungen, die in Papierform vorliegen, lediglich die Zeichnungsnummer als Meta-Information in das PDM-System eingetragen wird.

Neben den bisher aufgeführten Software-Komponenten, welche im Rahmen des Konzeptes eingesetzt werden, haben die **Konstruktionsregeln** eine zentrale Bedeutung. Sie enthalten genaue Vorgaben für alle organisatorischen Aspekte des CAD- und PDM-Einsatzes, deren Einhaltung die Erstellung qualitativ hochwertiger Entwicklungsdaten garantiert. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass an den Schnittstellen der Konstruktion zu nachgelagerten Bereichen die Daten in einer verwendungsfähigen Form vorliegen [24]. Da die Einhaltung dieser Richtlinien für den Aufbau und die effektive Nutzung eines umfassenden Produktmodells unerlässlich ist, werden im Rahmen dieses Konzeptes, über die Definition der Richtlinien hinaus, auch Mechanismen zu deren Einhaltung und Überwachung entwickelt.

Dementsprechend besteht das Konzept aus den in **Abbildung 6-2** aufgeführten Komponenten. Das inhaltliche Kernstück bilden die Konstruktionsrichtlinien. Ein Auszug aus den Konstruktionsrichtlinien ist im Anhang wiedergegeben. Als Auszug deshalb, da ein komplettes Handbuch je nach Anwendungsfall bis zu 250 DIN-A4-Seiten stark ist. Ihre Definition ist nicht an ein eigenes System gebunden. Sie enthalten die Vorgaben für die Tätigkeiten im Rahmen von Konstruktion und Entwicklung, hier speziell für Verpackungsmaschinen, unter der Berücksichtigung der besonderen Anforderungen, die durch den Einsatz eines modernen 3D-CAD-Systems entstehen. Zur Unterstützung dieser Konstruktionsrichtlinien, und damit zur Umsetzung der Mechanismen des Konzeptes, werden außerdem Softwarekomponenten entwickelt, welche in die beteiligten EDV-Systeme integriert werden, wobei der Schwerpunkt im vorliegenden Fall auf den Bereichen CAD und PDM liegt. Diese Komponenten sind zentrale Bausteine der Schnittstellen zwischen den verschiedenen Systemen.

⁵ TIFF: Tagged Image File Format

Da die hier entwickelten Konstruktionsrichtlinien auch den Bereich des Aufbaus von CAD-Modellen und CAD-Zeichnungen betreffen, können daraus auch Vorgaben für allgemeingültige Eigenschaften abgeleitet werden. Um sicherzustellen, dass diese Vorgaben in jedem Fall eingehalten werden, beinhaltet dieses Konzept auch bereits die Definition von geeigneten Vorlagen oder Templates⁶, welche für alle prinzipiell möglichen CAD-Dokumente, wie Baugruppen, Teile und Zeichnungen erstellt werden. Diese Vorlagen enthalten darüber hinaus auch sinnvolle Modelleigenschaften und Parameterwerte, welche eine einheitliche und zu dem Konzept konforme Arbeitsweise unterstützen. Durch die Funktionen der Integrationssoftware werden dem Konstrukteur bei der Erstellung neuer CAD-Dokumente automatisch die richtigen Vorlagen angeboten, so dass zusätzlich zu diesen positiven Effekten für den Konstrukteur auch eine Arbeitserleichterung erreicht wird.

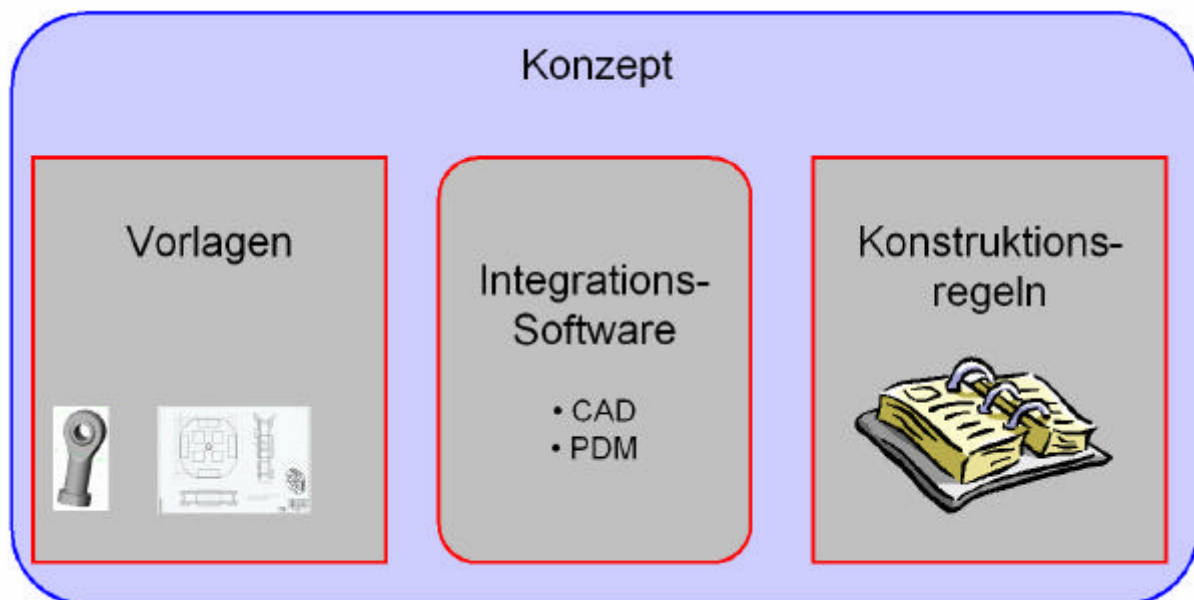


Abbildung 6-2: Komponenten des Konzepts

Da die Konstruktionsregeln die Basis für die Gestaltung der Softwarekomponenten und der Dokumentvorlagen darstellen, folgt nun zunächst die inhaltliche Beschreibung, bevor in den folgenden Kapiteln die Implementierung der einzelnen Komponenten dargestellt wird.

⁶ Schablonen

6.2 Formale Richtlinien für die Produktentwicklung

Das Ziel aller im folgenden beschriebenen Konstruktions-Richtlinien liegt in der Erzeugung wiederverwendbarer CAD-Daten, wobei der Begriff der Wiederverwendung in diesem Zusammenhang über die reine erneute Verwendung eines CAD-Modells in einem anderen Produkt hinausgeht. Die Wiederverwendbarkeit bezieht sich sowohl auf die wiederholte Nutzung eines CAD-Teils für die Erstellung einer Variante, als auch auf die Verwendung innerhalb anderer Unternehmensbereiche. So ist bereits der Aufbau eines Einzelteils im CAD-System entscheidend dafür, ob und in welcher Qualität ein CAD-Modell einer kompletten Verpackungsmaschine aufgebaut und dargestellt werden kann. Da speziell bei der hier vorliegenden komplexen Produktstruktur schnell die Grenzen der heutigen 3D-CAD-Systeme erreicht werden, ist es von enormer Bedeutung, dass bereits die ersten erstellten 3D-Modelle unter den richtigen Randbedingungen konstruiert werden. Genauso sind die Bereiche der FEM, der NC-Programmerstellung und der Kinematik auf korrekte und handhabbare CAD-Daten angewiesen. [25]

Die hier entwickelten Konstruktionsregeln decken daher einen weiten Bereich der Entwicklungstätigkeit ab. Neben genauen Vorgaben für die Durchführung von konkreten Arbeitsabläufen der Konstruktion, wie beispielsweise das korrekte Abspeichern von CAD-Modellen, werden auch die prozessbezogenen Aspekte berücksichtigt, wie beispielsweise die Freigabe von Konstruktionsdaten. Da aus Platzgründen hier nicht sämtliche Regeln wiedergegeben werden können, werden aus jedem Bereich die wesentlichen Vorgaben beschrieben, so dass die Zielrichtung deutlich wird. Im Rahmen der praktischen Anwendung des Konzepts werden jedoch sämtliche Regeln in Form eines Konstruktions-Handbuches für die Benutzer zur Verfügung gestellt (vgl. Kap. 11).

Da die konsequente Einhaltung der hier aufgestellten Richtlinien für die erfolgreiche Umsetzung des Konzepts in der Praxis unabdingbar ist, werden im Rahmen des Konzeptes, soweit dies möglich ist, Mechanismen berücksichtigt, die eine zu den Konstruktionsregeln konforme Arbeitsweise sicherstellen. So werden beispielsweise Regeln für die Vergabe von Teilenummern formuliert. Die Einhaltung dieser Regeln kann durch das PDM-System überprüft werden, so dass eine korrekte Vergabe der Teilenummern gewährleistet ist. Generell lassen sich jedoch nicht alle Regeln durch ein EDV-System überwachen, wie das folgende Beispiel verdeutlicht. Durch eine Konstruktionsregel wird festgelegt, dass eventuell benötigte zusätzliche Arbeitsebenen innerhalb des CAD-Systems sinnvoll so benannt werden, dass der Name Aufschluss über den Zweck der Hilfsebene gibt, wie beispielsweise

„Mittlebene“. Die Einhaltung dieser Regel kann nicht durch das System überwacht werden, sondern muss durch den Konstrukteur selbst, beziehungsweise durch den Projektleiter erfolgen. Es wird jedoch festgelegt, dass im Rahmen des hier entwickelten Konzepts der größtmögliche Anteil der formalen Richtlinien auch durch geeignete Funktionen überwacht wird. In den folgenden Kapiteln werden zunächst die festgelegten Richtlinien vorgestellt, bevor im Rahmen der Systembeschreibung die Mechanismen zur Sicherstellung dieser Regeln dargelegt werden.

Zunächst werden allgemeine Richtlinien für den Konstrukteur vorgestellt, die den Umgang mit dem CAD- und dem PDM-System beinhalten. An erster Stelle sind hier die Speicher-Verfahren zu erwähnen.

6.2.1 Speichern der CAD-Dateien

Per Definition wird festgelegt, dass generell alle CAD-Informationen ausschließlich innerhalb des PDM-Systems gespeichert werden. Auf Grund des hohen Risikos inkonsistenter Datenbestände ist höchster Wert auf die Einhaltung dieser Vorschrift zu legen. Dies bezieht sich ausdrücklich auf alle mit Hilfe des CAD-Systems erstellten Dateien und schließt auch alle „Entwürfe“ und „Sicherheitskopien“ der Konstrukteure mit ein. Sicherheitskopien von Daten werden durch die zentrale Datensicherung des PDM-Datenbestandes sowie der Benutzerbereiche durch die IT-Abteilung durchgeführt und gehören nicht zu den Aufgaben der Konstrukteure. Entwürfe, von denen der Konstrukteur nicht sicher ist, ob sie wirklich in dieser Form in das Produkt einfließen werden, können mit Hilfe der Funktionen des PDM-Systems ebenfalls in einem dafür eingerichteten Bereich innerhalb des zentralen Datenbestandes erzeugt werden.

Die konsequente Einhaltung dieses Prinzips ist insbesondere während der Einführungsphase des neuen Systems als absolut vorrangig zu bewerten, da ansonsten die Gefahr besteht, dass an dem System „vorbei“ entwickelt wird und die Daten erst zum Zeitpunkt der Fertigstellung in das PDM-System übergeben werden. Dies kann auf Grund der intensiv vorhandenen Verknüpfungen zwischen einzelnen Dateien, wie sie von den modernen CAD-Systemen verwendet werden, zu unabsehbaren Fehlerquellen führen. Diese Problematik muss vor allem durch die Anwenderschulungen bei der System Einführung adressiert werden, da erfahrungsgemäß ansonsten von den Benutzern aus Unkenntnis hier falsch gearbeitet wird. Die ausschließliche Speicherung innerhalb des PDM-Systems gewährleistet außerdem, dass zu jedem CAD-Objekt die zugehörigen Metadaten vorhanden sind, da bei der ersten

Speicherung die sogenannte Profilkarte angezeigt wird, in welcher die Attribute zu jedem Datensatz enthalten sind.

Damit jedes Teil oder jede Baugruppe, die mit dem CAD-System erstellt wird, auch in beliebigen anderen Baugruppen verwendet werden kann, ist es notwendig, dass eine eindeutige Vergabe von Dateinamen durchgeführt wird. Dateinamen müssen also in jedem Falle unternehmensweit eindeutig sein. Da stets nur mit Hilfe des PDM-Systems auf die CAD-Daten zugegriffen wird, ist es nicht erforderlich, einen Dateinamen zu verwenden, der für den Benutzer aussagekräftig ist und von ihm verwendet wird. Die Identifizierung eines CAD-Dokuments durch den Benutzer geschieht ausschließlich über die PDM-Attribute, nicht jedoch über den Dateinamen. Für den Dateinamen können also von dem System generierte Namen automatisch vergeben werden, so dass die Eindeutigkeit sichergestellt ist.

Innerhalb des CAD-Systems muss vor jedem Speichervorgang gewährleistet sein, dass ein einheitlicher Zustand hergestellt ist. 3D-Modelle werden generell in bildschirmfüllender Isometrieansicht gespeichert. Bei 2D-Zeichnungen ist ebenfalls darauf zu achten, dass die Zeichnung komplett in das Arbeitsbereichsfenster gezoomt wird. Darüber hinaus werden temporäre Achsen und Ebenen sowie sonstige Hilfsgeometrien ausgeblendet, so dass die CAD-Daten immer in einer möglichst übersichtlichen Form im PDM-System abgelegt werden. Diese Vorgehensweise bietet den Vorteil, dass die Suche nach geeigneten Wiederholteilen, welche mit zunehmendem Einsatz des PDM-Systems intensiv von den Konstrukteuren genutzt werden wird, neben den Metadaten auch immer eine einheitliche und übersichtliche Vorschau der CAD-Daten beinhaltet.

Da das CAD-System SolidWorks selbstständig in bestimmten Intervallen Sicherungskopien im Hintergrund anlegt, ist der Speicherort für diese Sicherungskopien ebenfalls einheitlich über die Systemoptionen des CAD-Systems einzustellen. Als Standardvorgabe wird hier das Verzeichnis „d:\sw_temp“ vorgegeben.

6.2.2 Erstellung von Einzelteilen

Ziel des hier entwickelten Konzeptes ist es unter anderem, dass ein handhabbares Produktmodell einer kompletten Verpackungsmaschine erstellt und verwaltet werden kann. Aus der Komplexität der Produkte, die oftmals aus mehr als 25.000 Einzelteilen bestehen, ergeben sich leicht derart komplexe CAD-Strukturen, die nicht mehr mit einer vertretbaren Performance bearbeitet werden können. Aus diesem Grund werden nun Vorgaben für die

Erstellung auf der Teileebene entwickelt, welche geeignete Entwurfsmethoden sowie die Organisation innerhalb der PDM-Datenbasis betreffen.

Das CAD-System SolidWorks bietet die Möglichkeit, neue Teile durch Spiegelung bereits vorhandener Teile zu erstellen. Solche gespiegelten Teile verfügen jedoch stets über eine Referenz zu dem Ursprungsteil in Form einer so genannten „*Eltern-Kind*“- Abhängigkeit. Aus diesem Grunde wird im Rahmen dieses Konzepts grundsätzlich die Festlegung getroffen, dass Teile nicht mit Hilfe der Funktion „*Teil spiegeln*“ erzeugt werden. Als Alternative wird folgende Vorgehensweise vereinbart. Entspricht ein neues Teil der Spiegelung eines bereits vorhandenen Teils, so wird das neue Teil auf folgende Art als reguläres Teil definiert. Mit Hilfe der „*Speichern Als*“-Funktion von SolidWorks wird eine Kopie des Teils erstellt. Die nun vorhandene Teiledatei verfügt über keine Abhängigkeit zu der ursprünglichen Datei. Die Spiegel-Funktion wird als Feature⁷ an das neue Teil angefügt und das Teil wird in das PDM-System gespeichert. Bei der Spiegelung von Gewindefeatures ist darauf zu achten, dass diese nicht korrekt gespiegelt werden und aus diesem Grunde manuell eingefügt werden müssen.

Da die Teiledefinition innerhalb des CAD-Systems maßgeblich durch die Erstellung von 2D-Skizzen geprägt ist, die im Anschluss durch Ausführen einer der Funktionen „*Extrudieren*“ oder „*Rotieren*“ in einen Volumenkörper überführt werden, gelten für die Verwendung von Skizzen ebenfalls allgemeingültige Regeln. Wann immer möglich, sollen Skizzen voll definiert sein. Dies bedeutet, dass alle enthaltenen Parameter entweder durch Maße oder Beziehungen eindeutig festgelegt sind. In der SolidWorks-Skizze sind per Definition alle Linien in der Farbe „*schwarz*“ dargestellt und im Gegensatz dazu erhalten die unterdefinierten Elemente die Linienfarbe „*blau*“. Da es nicht immer möglich beziehungsweise sinnvoll ist, vollständig definierte Skizzen zu erzeugen, muss bei solchen Skizzen zumindest ein logischer Bezug zum Ursprung des Koordinatensystems hergestellt werden. Die Austragung der 3D-Modelle erfolgt in solchen Fällen mittig.

Generell ist die Ausrichtung dieser Konstruktionsregeln so gewählt, dass die erstellten CAD-Daten die geringste mögliche Komplexität aufweisen, die nötig ist, um das gewünschte Modell abzubilden. Die Komplexität der einzelnen Teile-Modelle erlangt im Zusammenhang der Baugruppendarstellung auf Grund der hohen Zahl der Komponenten eine Schlüsselrolle im Hinblick auf die Performance und die generelle Handhabbarkeit der CAD-Daten. Aus diesem Grunde wird festgelegt, dass auch die Skizzen so einfach wie möglich aufgebaut werden. Dies bedeutet beispielsweise, dass Elemente wie Kantenverrundungen oder Fasen

⁷ Konstruktionselement

nicht innerhalb der Skizzen als bemaßte Elemente eingebracht werden dürfen., sondern dass solche Konstruktionselemente im Anschluss an die Skizzenbearbeitung mit Hilfe des entsprechenden SolidWorks-Features eingebracht werden. Dieser Sachverhalt wird an dem folgenden vereinfachten Beispiel erläutert. Konstruiert werden soll der in **Abbildung 6-3** abgebildete Block. Dabei handelt es sich um einen gleichseitigen Quader mit der Kantenlänge 100, wobei eine Kante mit einem Radius von 10 abgerundet ist.

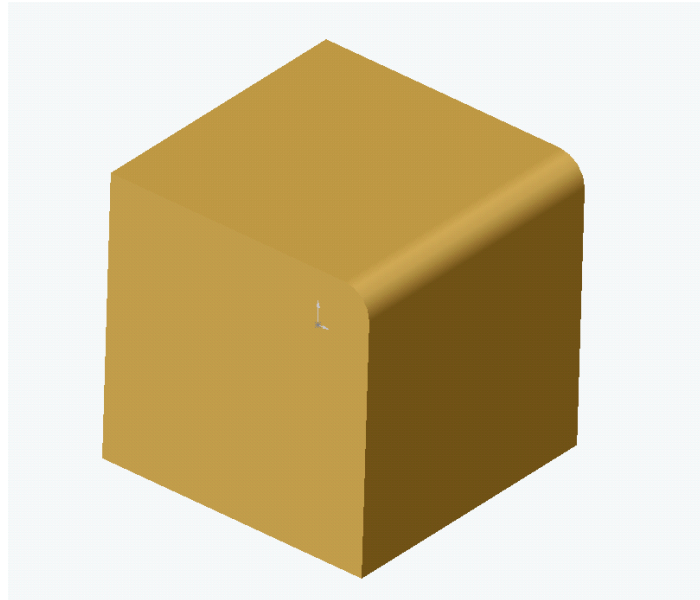


Abbildung 6-3: Block mit abgerundeter Kante

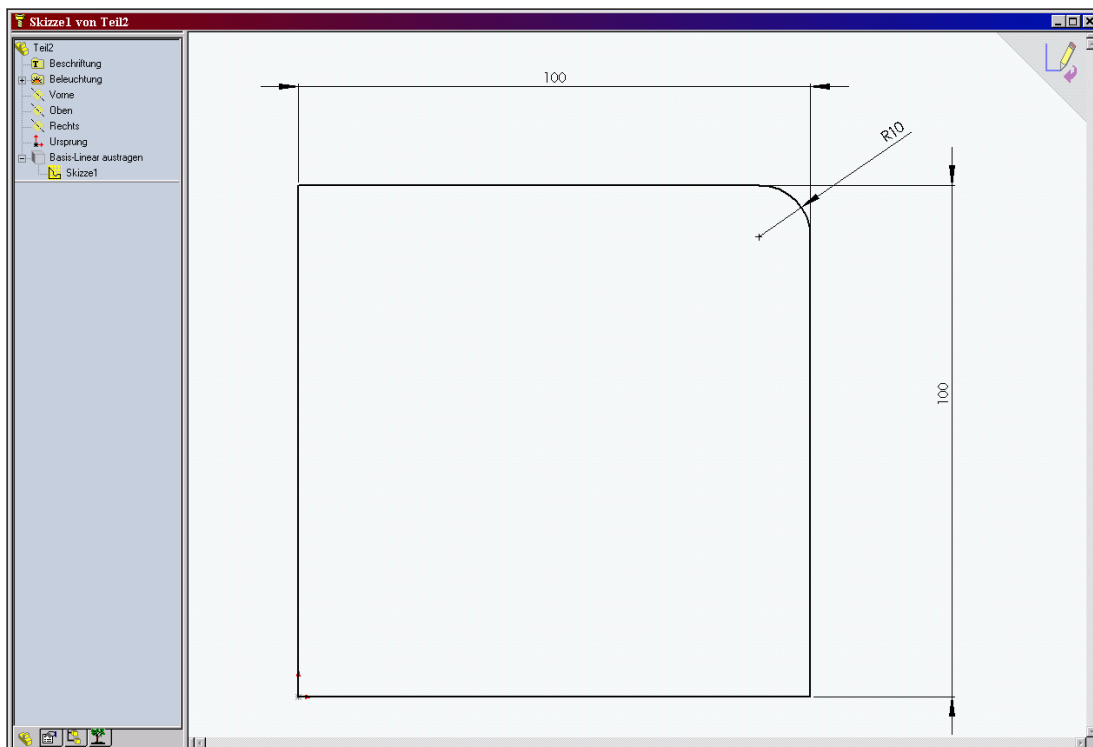


Abbildung 6-4: Skizze mit Verrundung

Wie in SolidWorks üblich, wird zunächst in einer Skizze ein Profil definiert. Für die Erstellung des Modells gibt es allerdings unterschiedliche Möglichkeiten. Zunächst wird die Modelldefinition so durchgeführt, dass möglichst viele Informationen bereits in der Skizze vorgegeben werden. Dementsprechend wird gemäß **Abbildung 6-4** das Profil der Skizze mit der Verrundung erstellt. Dazu wird ein Kreisbogen eingefügt, welcher über tangentielle Beziehungen zu den angrenzenden Linien und die Bemaßung des Radius vollständig definiert ist.

Die so erstellte Skizze wird mit Hilfe der SolidWorks Funktion „Aufsatz linear austragen“ extrudiert. Als Ergebnis dieser Operation entsteht der Körper, wie in **Abbildung 6-5** dargestellt. In dem Featuremanager in dem linken Fensterbereich ist zu sehen, dass lediglich ein Feature mit Namen „Basis linear austragen“ vorhanden ist, welches die erstellte Skizze verwendet.

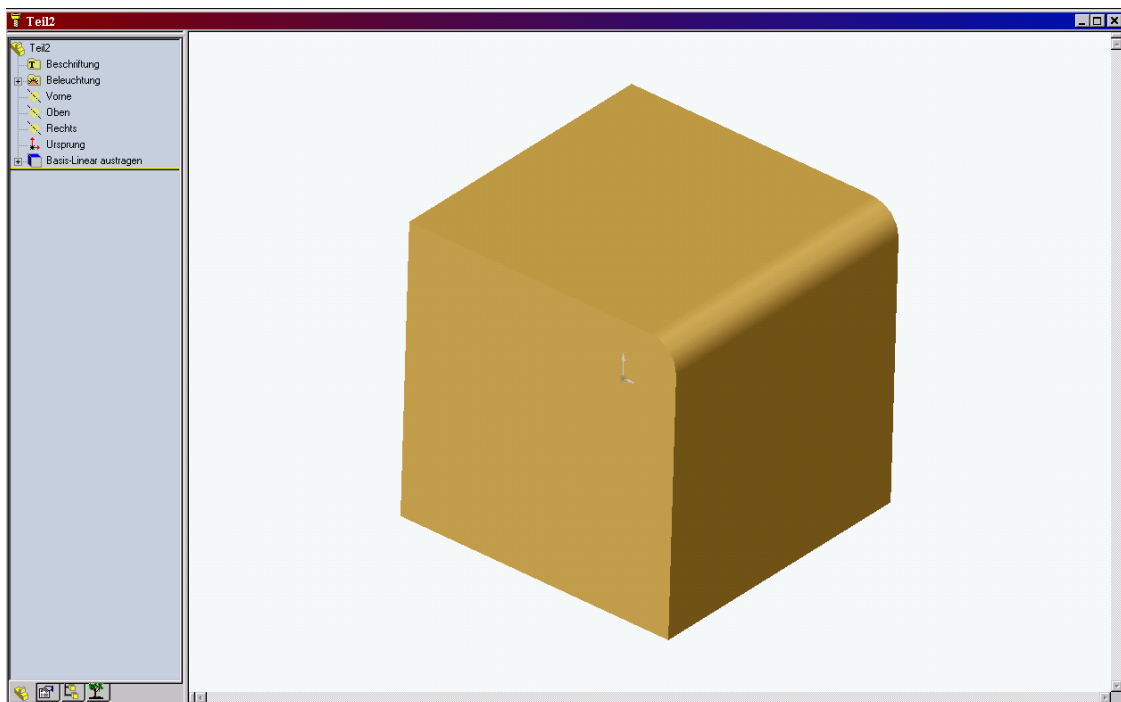


Abbildung 6-5: Ergebnis der Austragen-Funktion

Demgegenüber kann als Alternative die Skizze nur aus einem Rechteck bestehen, **Abbildung 6-6**. Im Anschluss an die Skizzenerstellung wird nun wiederum mit Hilfe der Austragen-Funktion ein Körper in Form eines Blocks erstellt. Dieser Körper verfügt nicht über eine Rundung. Die Rundung wird nun durch Auswählen des SolidWorks-Features „Rundung“

an den Körper angefügt. Dazu wird, wie in **Abbildung 6-7** zu sehen, die zu verrundende Kante ausgewählt.

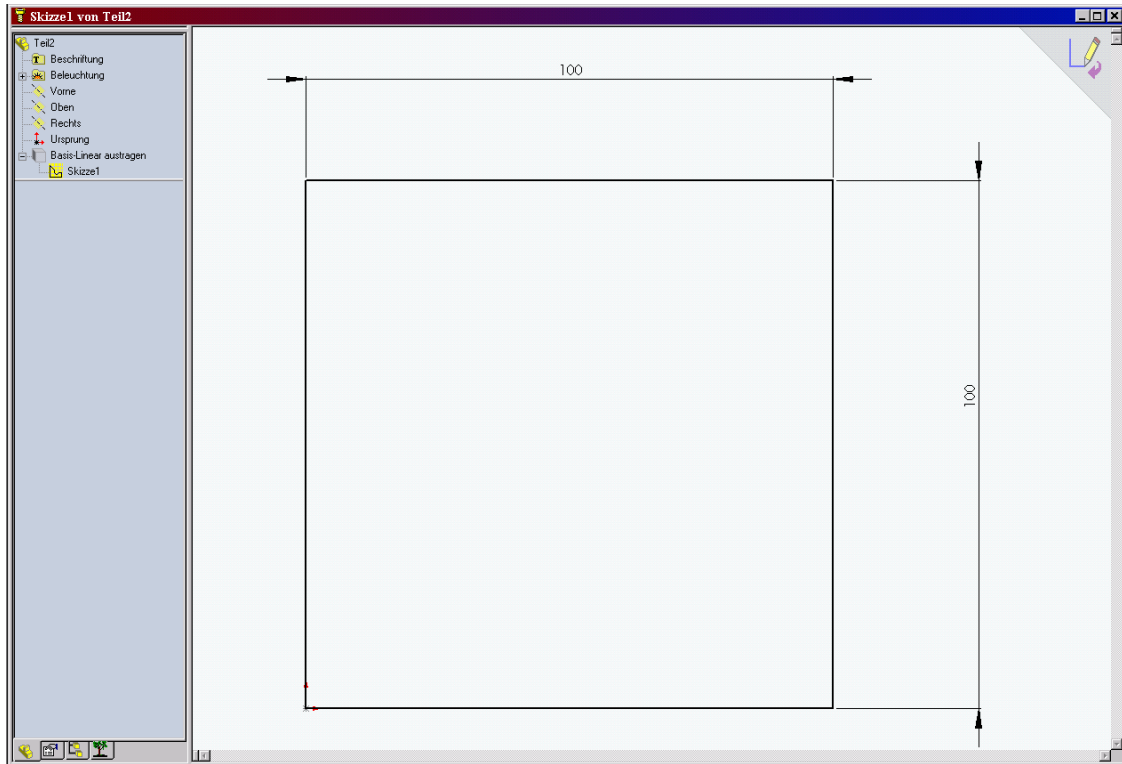


Abbildung 6-6: Skizze ohne Verrundung

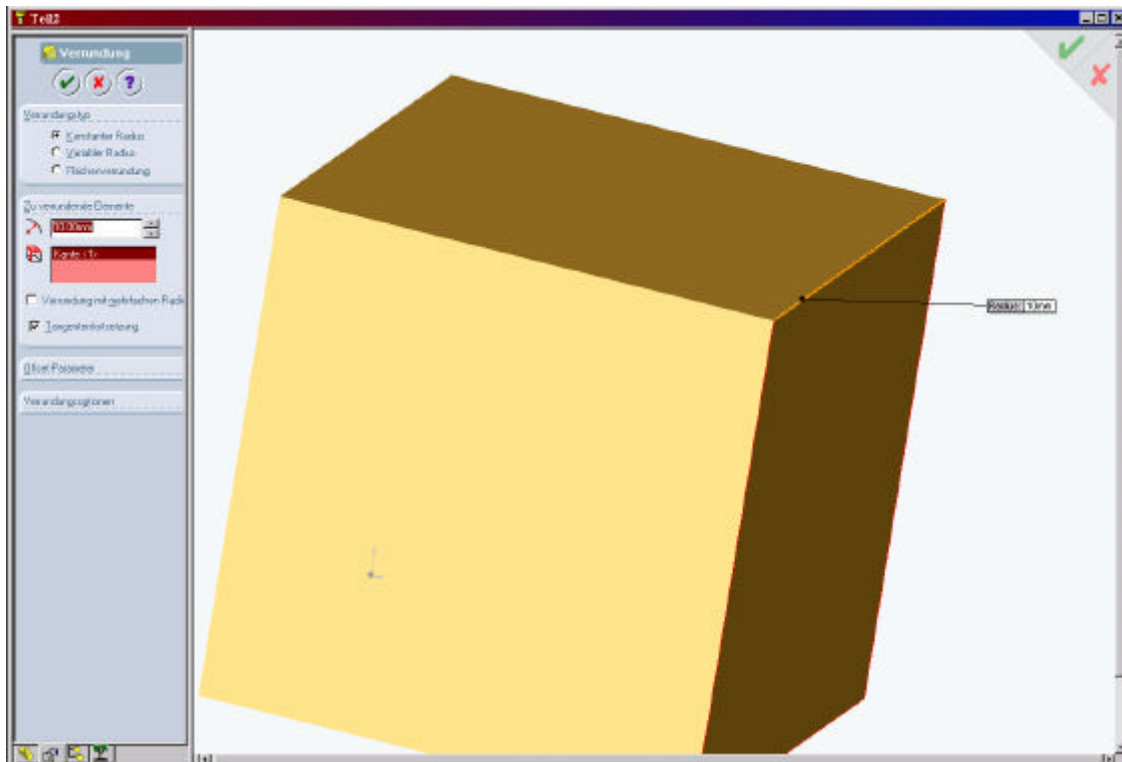


Abbildung 6-7: Anbringen der Rundung an eine Körperkante

Nach der Eingabe des Radius erstellt das CAD-System die Rundung. Obwohl die Geometrie des resultierenden Körpers nun genau der des Körpers aus dem ersten Beispiel entspricht, liegt jetzt ein grundlegend anderes Modell vor (vgl. **Abbildung 6-8**). Zu erkennen ist dies bereits im Featuremanager, wo neben dem Basis-Feature nun ein weiteres Feature mit dem Namen „*Verrundung 1*“ vorhanden ist.

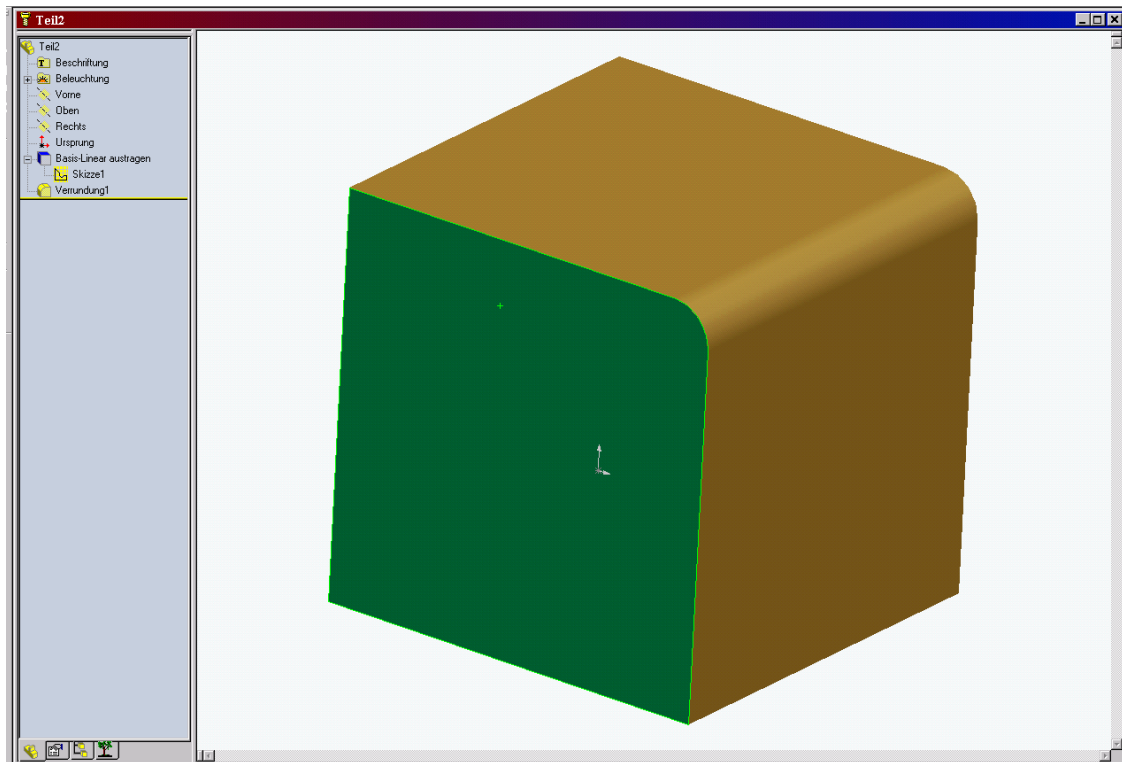


Abbildung 6-8: Modell nach Hinzufügen der Rundung

Auf den ersten Blick mag der Eindruck entstehen, dass - angesichts des gleichen Resultats - die Methode, wie das Modell erstellt wurde, irrelevant ist. Da jedoch in der Praxis durchaus Modelle erstellt werden, deren Komplexität deutlich höher ist als in diesem einfachen Beispiel, hat die generelle Vorgehensweise bei der Modelldefinition immer eine große Bedeutung. So ist es zum einen im Sinne der nachträglichen Bearbeitung von CAD-Modellen erforderlich, die dem Modell zugrunde liegenden Skizzen so einfach und übersichtlich wie möglich zu gestalten, wobei neben der Anzahl der verwendeten Parameter auch die Anzahl der impliziten Beziehungen eine Rolle spielt. Zum anderen entspricht die Abbildung der Verrundung in Form eines eigenständigen Features auch eher der Konstruktionsabsicht, die hinter dem Modell steht, da die Verrundung bereits innerhalb des CAD-Teils als Eigenschaft des Körpers auftritt.

Die hier beschriebene Vorgabe bezieht sich nicht ausschließlich auf Verrundungen, sondern gilt sinngemäß je nach konkreter Anwendungssituation für alle Features, wie auch Fasen oder Bohrungen etc., wie das nachfolgende Beispiel zeigt, **Abbildung 6-9**. Das Bauteil lässt sich prinzipiell auf verschiedene Art und Weise erzeugen, aber zur Verdeutlichung des Vorhergesagten, sollen hier nur zwei Möglichkeiten aufgezeigt werden:

1. Erzeugen einer komplexen Skizze.

Hier wird die Symmetrie ausgenutzt und deshalb nur eine Hälfte des Wellenquerschnittes gezeichnet und um die senkrechte Symmetrieachse gespiegelt. Anschließend wird der Basiskörper durch eine Rotation des gesamten Querschnittes um die Mittelachse erzeugt. Das 3D-Modell der gesamten Welle (Abbildung 6-9) ist somit durch eine einzige Skizze und eine Austragungsfunktion bestimmt. Durch das Ausnutzen der Symmetrie ist ein nachträgliches Ändern der Abmessungen sehr schnell durchzuführen; die Funktionalität ist sofort ersichtlich und kann ohne Schwierigkeiten in den nachfolgenden Schritten benutzt werden. Dagegen kann der visuelle Detaillierungsgrad nicht eingestellt werden, der Aufbau entspricht nicht der späteren Vorgehensweise in der Fertigung.

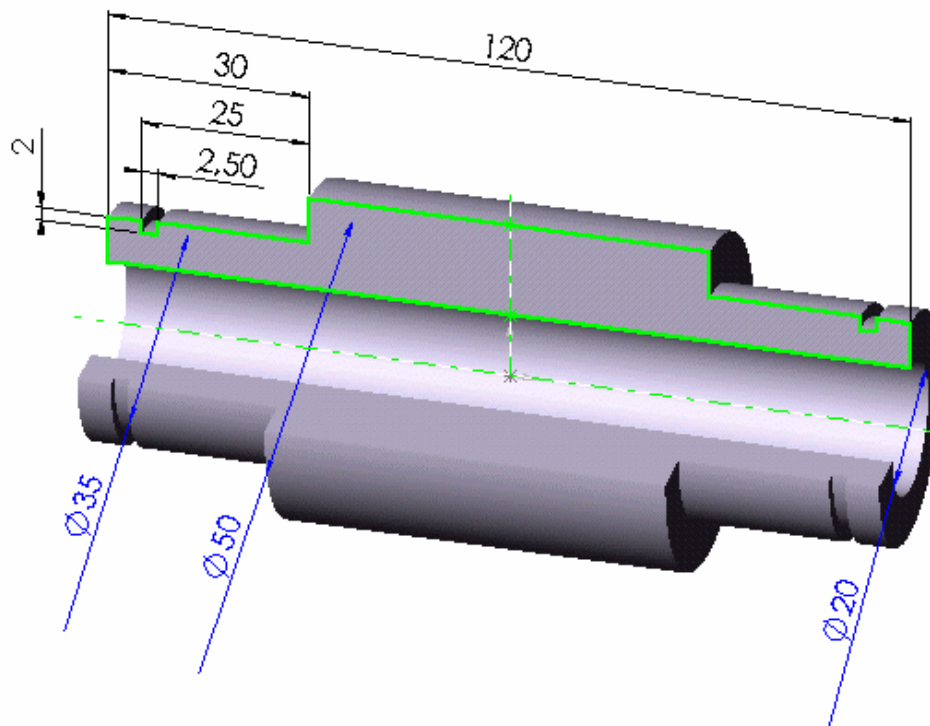


Abbildung 6-9: Erzeugung eines 3D-Bauteils mit Hilfe von Skizzen

2. Aufgesetzte Grundkörper

Im Gegensatz zu der Vorgehensweise nach 1., kann derselbe Körper auch durch aufeinander aufgesetzte Grundkörper erzeugt werden. Diese Form der Definition ist von der Überlegung her zunächst einfacher, da das gesamte Modell aus einzelnen Grundkörpern

aufgebaut ist. Ein Grundkörper (Feature, vgl. Kap. 11.4.2) wird hier jeweils mit einer einfachen Kreis-Geometrie beschrieben und anschließend linear ausgetragen (vgl. **Abbildung 6-10**). Die Erarbeitung dieses 3D-Modells ist schwieriger und undurchsichtiger als im vorherigen Beispiel. Nachträgliche Änderungen der geometrischen Gegebenheiten erfordern hier einen erhöhten Aufwand. Dafür können aber für eine spätere Darstellung innerhalb eines Zusammenbaues, die Nuten und die Rundungen ausgeblendet werden. Des weiteren ist die Verarbeitung in dem Bereich Fertigung einfacher, da hier durch die Art der Geometriebeschreibung der Fertigungsvorgang nachempfunden ist.

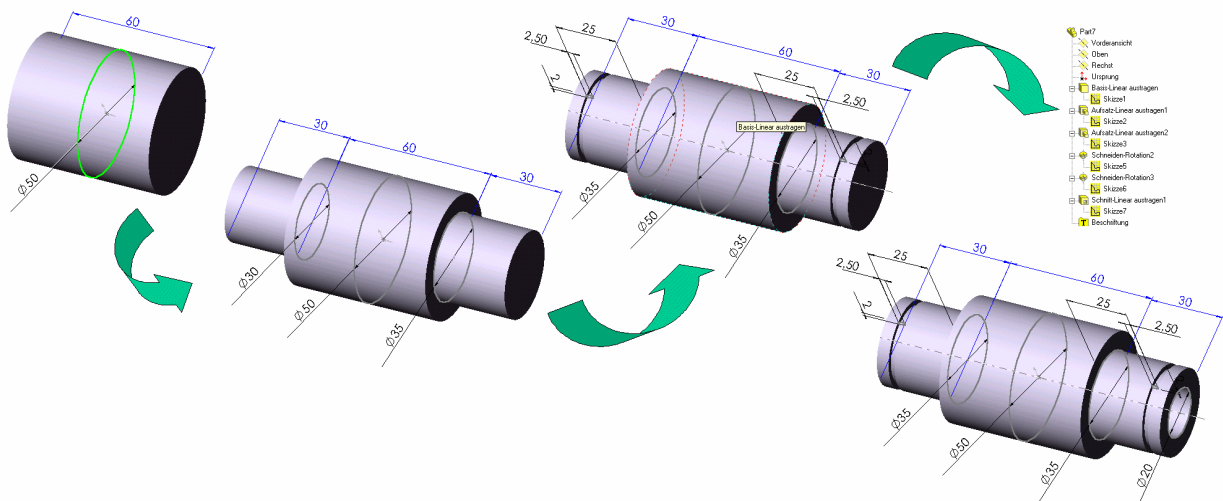


Abbildung 6-10: Erzeugung eines 3D-Bauteils mit Hilfe von Grundkörpern

Da bei Verpackungsmaschinen überwiegend komplexe Baugruppen zu beschreiben sind, ist für die Erstellung des 3D-Modells dieses Bauteils eine Kombination aus beiden Geometriebeschreibungen zu berücksichtigen. Im ersten Schritt wird eine Skizze gemäß Abbildung 6-9 erstellt, aber ohne Nuten und Bohrung. Nach dem Rotationsvorgang werden die Nuten und die Bohrung als Feature hinzugefügt. Damit bleibt unter Ausnutzung der Symmetrieeigenschaften die leichte Änderbarkeit erhalten und es verbleibt eine ausreichende Flexibilität bezüglich der vereinfachten Darstellung des Bauteiles in einer Baugruppe. Dies führt somit auch zu der Erkenntnis, dass

Fasen, Rundungen und Formschrägen außerhalb einer Skizze zu erzeugen sind,
wie dies auch in den Konstruktionsrichtlinien gemäß Kap. 11.4.1.2 eindeutig formuliert ist.

Bezüglich der Bemaßung in Skizzen existieren keine besonderen Vorgaben für den Anwender. Im Hinblick auf die Verwendung von Gleichungen zur Steuerung von Skizzenparametern wird jedoch festgelegt, dass nach Möglichkeit auf deren Einsatz verzichtet wird.

Statt dessen werden, soweit dies möglich ist, geometrische Beziehungen benutzt. Dies ist deshalb von Bedeutung, da die Verwendung von Gleichungen im Zusammenhang mit unterschiedlichen Konfigurationen eines Teils, welche im Rahmen dieses Konzepts in starkem Maße genutzt werden, zu Problemen führen können. Da jedoch nicht komplett auf Gleichungen verzichtet werden kann, wird folgende Regel formuliert. Vor der Verwendung einer Gleichung muss dies der bearbeitende Konstrukteur mit dem CAD-Verantwortlichen abklären. Dieser prüft zunächst, ob statt der Gleichung auch geometrische Beziehungen möglich sind. Sollte dies nicht der Fall sein, so muss der CAD-Verantwortliche den Einsatz der Gleichung auf mögliche Seiteneffekte in anderen Konfigurationen prüfen. Durch diese Vorgabe wird sichergestellt, dass alle erstellten Modelle den in der Folge beschriebenen Konfigurationsregeln genügen.

6.2.3 Bohrungen

Die Übersichtlichkeit der erstellten Modelle wird weiterhin durch eine sinnfällige Benennung der verwendeten Features unterstützt. Da SolidWorks standardmäßig Featurenamen vergibt, die aus der Bezeichnung der Featureart und einer fortlaufenden Nummer bestehen, erfolgt diese Benennung durch die Funktion „Umbenennen“, welche auf die bereits erstellten Features angewendet wird. Es ist an dieser Stelle nicht möglich für jeden denkbaren Einzelfall eine sinnvolle Vorgabe für den Featurenamen zu formulieren, da dieser in starkem Maße von der jeweiligen Funktion des Bauteils abhängt. Einen großen Anteil an den zahlreichen Einzelteilen einer Verpackungsmaschine haben jedoch Bleche mit verschiedenen Bohrungen, so dass für diesen speziellen Fall hier Vorgaben möglich sind. Generell soll zur Erzeugung von Bohrungen das SolidWorks Hilfsprogramm „Bohrungsassistent“ verwendet werden. Dabei erstellt der Bohrungsassistent jeweils zwei Skizzen. In der beispielhaften Darstellung in **Abbildung 6-11** sind dies die Skizzen sieben und acht. Dabei enthält eine Skizze das Punktemuster, welches die Position der einzelnen Bohrungen festlegt, während die zweite Skizze die Geometrie der Bohrungen enthält. Der Bohrungsassistent erstellt also im Sinne von SolidWorks ein so genanntes skizzengesteuertes Muster. Handelt es sich um Bohrungen mit einem Gewinde, so fügt der Bohrungsassistent auch automatisch eine Gewindedarstellung ein. Für jeden unterschiedlichen Bohrungsdurchmesser wird ein eigenes Feature definiert, welches im Featuremanager aufgeführt wird.

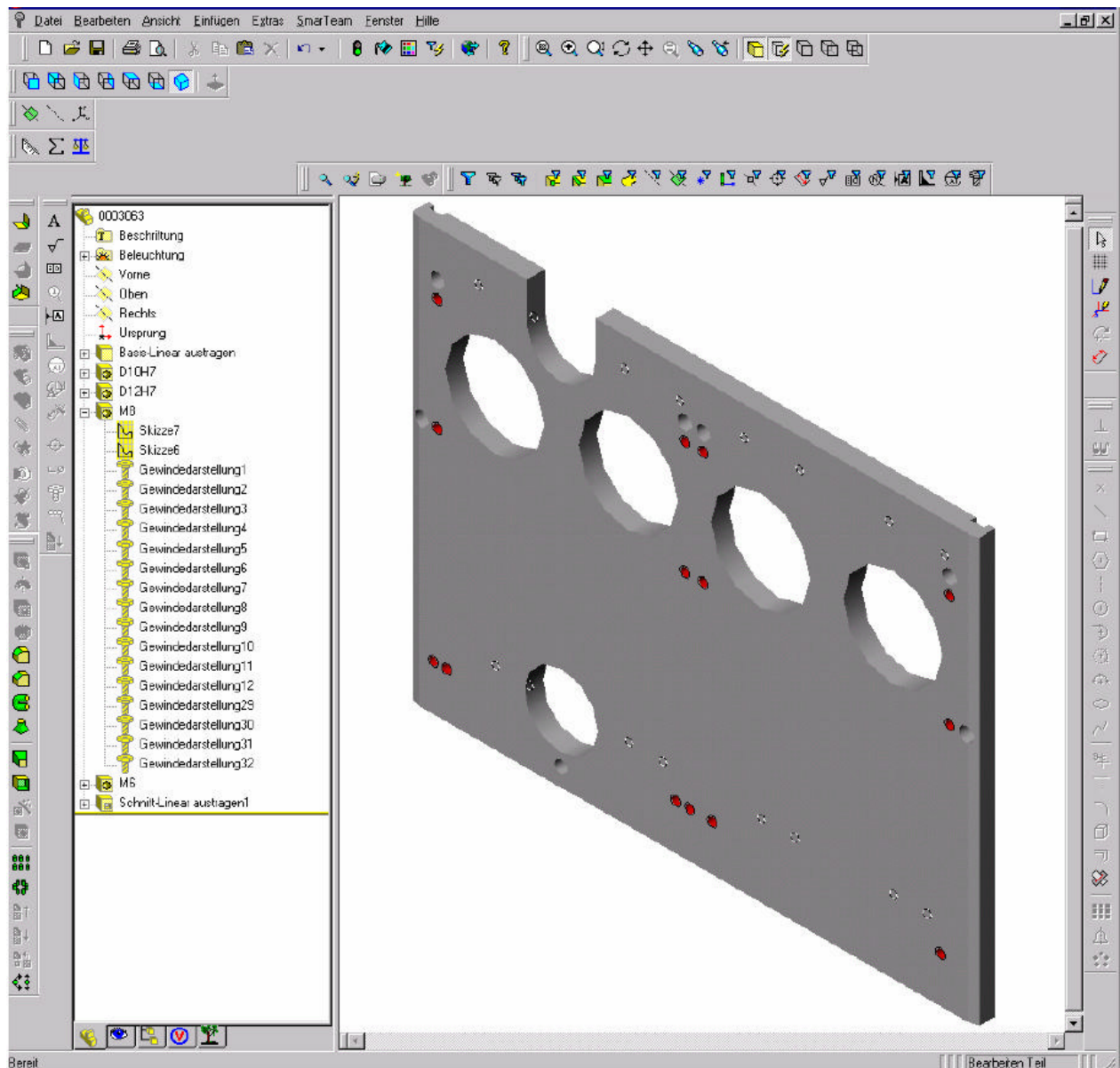


Abbildung 6-11: Definition von Bohrungen

Die Benennungen der Bohrungen läuft hierbei in Abhängigkeit von dem Durchmesser nach folgendem Schema ab, wobei Gewindebohrungen darüber hinaus durch eine Darstellung in roter Farbe hervorgehoben werden, damit diese leichter erkannt werden:

- **M8** für Gewindebohrung 8mm
- **D10H7** für Passbohrung 10mm mit Passung H7
- **D6,5** für Bohrung 6,5mm
- **SM5** für Stirnlochbohrung nach DIN 912
- **FM3** für Formsenkbohrung nach DIN 963

Diese Vorgehensweise hat mehrere Vorteile. Die Typen der eingebrachten Bohrungen können durch ihre Benennung direkt im Featuremanager erkannt werden. Durch die

Anordnung der Bohrungsfeatures in direktem Zusammenhang mit den sie definierenden Skizzen, kann außerdem die Position einer Bohrung direkt ermittelt werden, indem die Bohrung identifiziert wird. Anschließend gelangt der Anwender über die übergeordnete Skizze unmittelbar zu den Positionierungsparametern. Da alle Bohrungen eines Typs in dem selben Feature enthalten sind, wird außerdem der Featurebaum insgesamt übersichtlicher.

6.2.4 Farbvergabe

Die Darstellungsfarbe der unterschiedlichen Elemente eines CAD-Modells kann generell für die Erstellung übersichtlicher Modelle eingesetzt werden, sofern ein einheitliches Farbschema verwendet wird. Daher wird für die SolidWorks-Anwender die folgende verbindliche Regel für die Farbzuzuweisung (vgl. **Abbildung 6-12**) definiert:

Kategorie / Element	Farbtabelle [Zeile,Spalte]	Farbe	RGB-Code
Einzel- und Verbundteile	6, 6	Grau	192, 192,192
Passungen	2, 2	Gelb	255, 255, 0
Gewinde	2, 1	Rot	255, 0, 0
Kaufteile	2, 5	Blau	0, 0, 255
Normteile	2, 8	Magenta	255, 0, 255
Bearbeitete Flächen in komplexen Teilen	3, 7	Burgunder Rot	128, 0, 64

Abbildung 6-12: Konvention: Farbzuzuordnung

6.2.5 Konfigurationen auf Teileebene

Unter dem Begriff Konfiguration wird die Fähigkeit eines CAD-Systems verstanden, gleichzeitig mehrere definierte Zustände eines 3D-Modells oder einer Zeichnung verwalten zu können. Dabei liegen die CAD-Daten systemintern stets mit dem gleichen Informationsgehalt vor. Es können jedoch im Rahmen einer Konfiguration bestimmte einzelne Elemente aktiviert, beziehungsweise deaktiviert werden. Generell verfügt jedes Modell immer mindestens über eine Konfiguration, wobei von dem Anwender beliebig viele

neue Konfigurationen erstellt werden können. Die Darstellung des Modells oder der Zeichnung geschieht immer in der gerade aktiven Konfiguration. In SolidWorks können Konfigurationen auf Teile- und Baugruppenebene genutzt werden. Im Rahmen dieses Konzepts werden die Möglichkeiten zur Modellvereinfachung durch Konfigurationen intensiv genutzt.

Es wurde bereits erwähnt, dass auf Grund der großen Anzahl von Komponenten einer Verpackungsmaschine beim Arbeiten im Zusammenhang mit Baugruppen schnell die Grenzen eines CAD-Systems erreicht werden, so dass oftmals die Darstellung einer kompletten Maschine nicht mehr möglich ist. Durch die Verwendung von vereinfachten Konfigurationen, bei denen beispielsweise alle Fasen und Kantenrundungen ausgeblendet werden, kann daher eine signifikante Erhöhung der Performance erreicht werden. Um diese Vorteile ausnutzen zu können, ist allerdings eine einheitliche Festlegung der Verwendung von Konfigurationen erforderlich. Daher werden für die Teilekonstruktion die folgenden Regeln festgelegt.

SolidWorks bietet die Möglichkeit, unterschiedliche Varianten eines Teils in Form von Konfigurationen innerhalb einer einzigen Teiledatei zu erstellen. Dabei können in unterschiedlichen Konfigurationen zum einen verschiedene Parameterwerte enthalten sein. Zum anderen ist es möglich, beliebige Features in Konfigurationen zu unterdrücken. Auf die unterschiedlichen Konfigurationen eines Teils kann auch über den Baugruppenkontext zugegriffen werden.

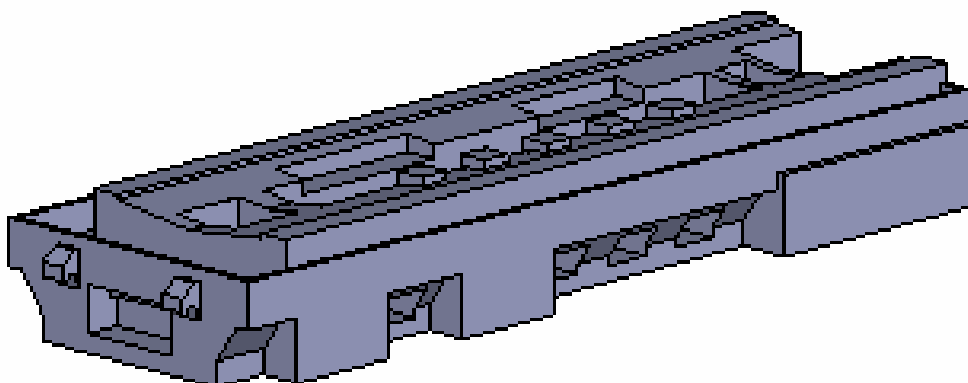


Abbildung 6-13: Vereinfachte Darstellung eines Teils in der Konfiguration "Standard"

Für die Vergabe von Konfigurationen wird vereinbart, dass die primäre Konfiguration mit dem Namen „**Standard**“ stets die vereinfachte Darstellung enthält, welche für eine Darstellung

des Einzelteils im Kontext einer Baugruppe optimiert ist (vgl. **Abbildung 6-13**). In dieser Konfiguration sind demnach alle Features von Fasen, und Verrundungen etc. ausgeblendet.

Durch diese Möglichkeit steht ein äußerst wirkungsvolles Hilfsmittel zur Leistungssteigerung zur Verfügung. Diese Vorgehensweise setzt allerdings voraus, dass, wie in Kapitel 6.2.2 festgelegt, diese Elemente nicht innerhalb einer Skizze, sondern durch eigenständige Features definiert werden. Alle weiteren verwendeten Konfigurationen verfügen über einen Namen, der nach dem folgenden Schema aufgebaut ist. Der erste Teil des Namens besteht aus dem Wort „*Standard*“, dem - in runden Klammern eingeschlossen - eine dreistellige Kurzbezeichnung in der Form „*Standard (xxx)*“ folgt. Die Bedeutung dieser Kurzbezeichnung wird zentral festgelegt, so dass eine einheitliche Verwendung gewährleistet ist.

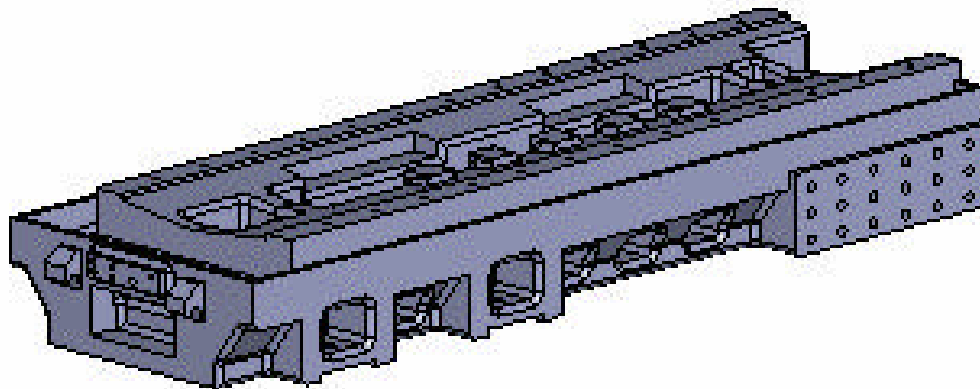


Abbildung 6-14: Komplette Darstellung eines Einzelteils in der Konfiguration "Standard (vol)"

Die vollständige Darstellung eines Einzelteils mit allen Details wird immer durch die Konfiguration „*Standard (vol)*“ (vgl. **Abbildung 6-14**) beschrieben. Hierbei ist zu beachten, dass die Ableitung von 2D-Zeichnungen eines Teils immer von dieser Konfiguration vorgenommen wird.

Per Definition sind die folgenden Standardkonfigurationen festgelegt, die auch in den zur Verfügung gestellten Dokumentenvorlagen enthalten sind:

- „**Standard**“ → vereinfachte Darstellung für Verwendung in Baugruppen
- „**Standard (abw)**“ → Blechabwicklung
- „**Standard (gus)**“ → Gusstdarstellung
- „**Standard (sch)**“ → Schnittdarstellung
- „**Standard (vol)**“ → Vollständig detaillierte Darstellung

6.2.6 Externe Referenzen

SolidWorks erlaubt die Verwendung von externen Referenzen. Dies bedeutet, dass einzelne Parameter oder auch Features von Werten aus anderen Teilen und damit von Teilen aus anderen Dateien abhängig sind. Solche externen Referenzen können auch durch das CAD-System selbstständig eingefügt werden, wenn beispielsweise ein neues Teil als Ableitung von einem bereits bestehenden Teil erzeugt wird. Auch wenn dies für den Benutzer auf den ersten Blick nicht offensichtlich ist, so besteht in einem solchen Fall eine Referenz zu dem verwendeten Ursprungsteil. Dies hat den positiven Effekt der Assoziativität, da jede Änderung an dem Ursprungsteil auch automatisch in dem neuen abgeleiteten Teil aktualisiert wird. Negativ ist jedoch, neben der Möglichkeit der ungewollten Aktualisierung, dass jedes Mal bei Öffnen eines Teils, welches über externe Referenzen verfügt, von dem System im Hintergrund auch das ursprüngliche Teil geöffnet wird, damit ein Zugriff auf dessen Parameterwerte möglich ist. Besteht eine Baugruppe nun aus mehreren Teilen, die über externe Referenzen zu anderen Teilen verfügen, so ergeben sich hier sehr schnell Zustände, in denen das CAD-System intensiv mit dem Laden von Teiledateien und der Aktualisierung von Parametern beschäftigt ist. Diese Situation wird bei der Verwendung eines PDM-Systems noch verschärft, da die Ladevorgänge hier nicht im Dateisystem sondern durch PDM-Funktionen ausgeführt werden müssen.

Aus diesem Grund müssen externe Referenzen als besonders kritische Faktoren für die Performance angesehen werden. Im Rahmen dieser Richtlinien wird daher die Festlegung getroffen, dass die Verwendung von externen Referenzen in Skizzen und in Features gleichermaßen nicht zulässig ist. Eventuelle Ausnahmen von dieser Regel können bestehen, wenn ein Teil ausschließlich in einer Baugruppe verwendet wird und nur über Referenzen zu einem anderen Teil verfügt, welches ebenfalls als Komponente in dieser Baugruppe enthalten ist. Solche Ausnahmen sind jedoch stets durch den CAD-verantwortlichen Projektleiter zu genehmigen.

6.2.7 Blechteile

Jede Verpackungsmaschine enthält eine Vielzahl von Blechteilen, welche sowohl Bestandteile des Gehäuses oder auch Verbindungselemente sein können. Das ausgewählte CAD-System SolidWorks verfügt über Funktionen, welche speziell für die Konstruktion von Blechteilen ausgelegt sind. Diese Funktionen gestatten die automatisierte Erstellung von Biegungen mit Hilfe von hinterlegten Biegetabellen, sowie eine automatische Erstellung einer

Abwicklung und weitere Zusatzfunktionen. Da der Funktionsumfang des CAD-Systems für die Erstellung und Bearbeitung von Blechteilen sehr umfangreich ist, wird in der Folge eine für den hier relevanten Anwendungsfall geeignete Arbeitsweise vorgestellt. Diese Vorgehensweise ist so ausgerichtet, dass die spätere Ableitung der 2D-Zeichnung möglichst einfach realisiert werden kann.

Grundsätzlich kann in SolidWorks ein Blechteil auf zwei Arten erstellt werden. Bei der ersten Variante wird das resultierende Blechteil als 3D-Modell entworfen und anschließend werden Blech-Features zur Ermittlung der spezifischen Parameter, wie beispielsweise Biegezugabe und Biegeradius in das Modell eingefügt. Dabei kann zu jeder Zeit eine Darstellung des abgewickelten Zustands aktiviert werden. Bei der zweiten Variante entwirft der Konstrukteur die Abwicklung. In diese Abwicklung werden dann Biegelinien eingezeichnet und das resultierende Blechteil wird automatisch vom System erstellt.

In dem vorliegenden Konzept wird die erste Variante bevorzugt und damit ist der Ausgangspunkt für die Blechteilentwicklung ein Volumenmodell. Vor dem ersten Entwurf ist gegebenenfalls mit der Fertigung zu klären, ob das entsprechende Bauteil aus einem Zuschnitt hergestellt werden kann, oder ob sich der Aufbau als Verbundteil aus mehreren einzelnen Teilen anbietet. Im ersten Fall erfolgt der grundlegende Aufbau mit Hilfe der SolidWorks-Methode „*Wandung*“; bei der Definition von Verbundteilen, die über einen komplizierteren Aufbau verfügen, wird hingegen die Methode „*Dünnes Feature*“ empfohlen.

Eine Abwicklung wird dann stets mit Hilfe der SolidWorks Funktionen automatisch erstellt und keineswegs manuell als losgelöste Zeichnung. Die grundlegende Vorgehensweise lässt sich an dem folgenden Beispiel verdeutlichen:

Zunächst muss man das Blechteil als einfaches 3D-Modell erstellen. **Abbildung 6-15** zeigt ein einfaches Modell, welches durch „*lineares Austragen*“ einer Skizze und die anschließende Anwendung des „*Wandungs*“-Features bearbeitet wurde.

Dieses Modell verfügt über die groben Eigenschaften des zu realisierenden Blechteils und dient nun als Ausgangspunkt für die weitere Bearbeitung. Dazu wird durch das Einfügen eines Blech-Features das Modell in ein Blechteil im Sinne des CAD-Systems überführt. Das Einfügen des „*Blech*“-Features lässt sich mit Hilfe eines Assistenten durchführen. Dieser Assistent ermittelt an Hand von Benutzereingaben die erforderlichen Biegeparameter. Die **Abbildung 6-16** zeigt das Modell nach dem Einfügen des Blech-Features.

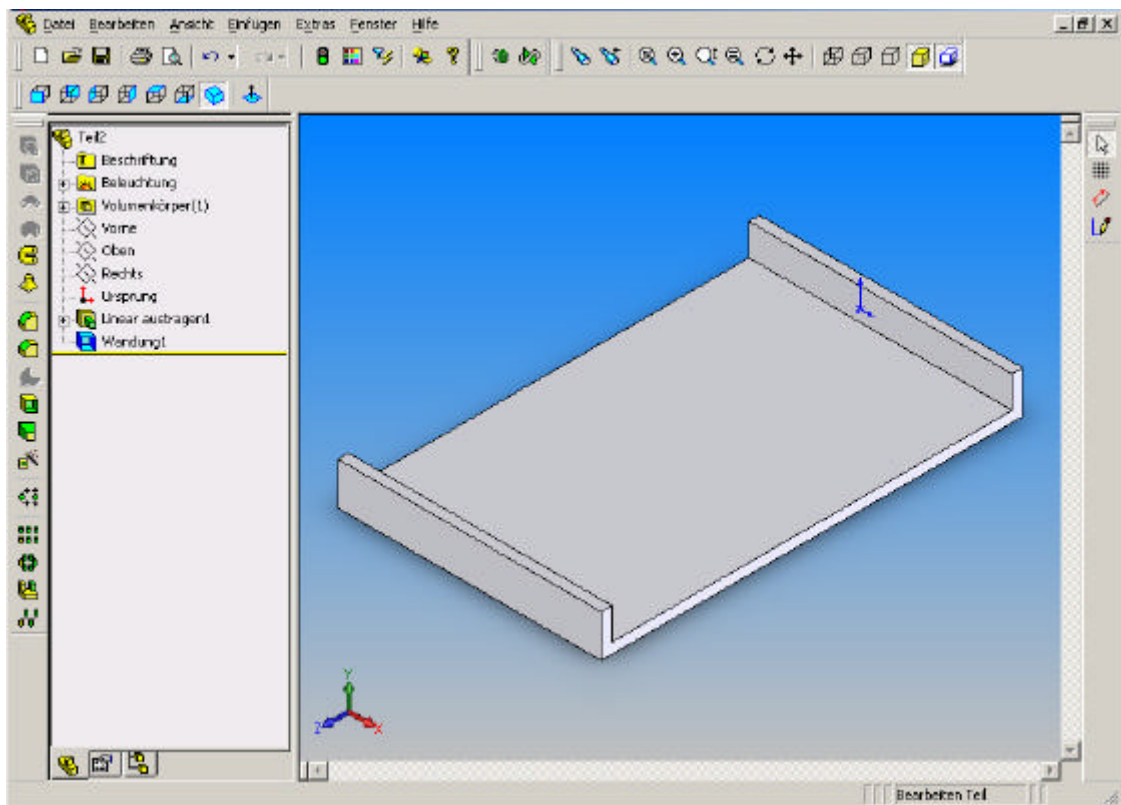


Abbildung 6-15: 3D-Modell des Blechteils

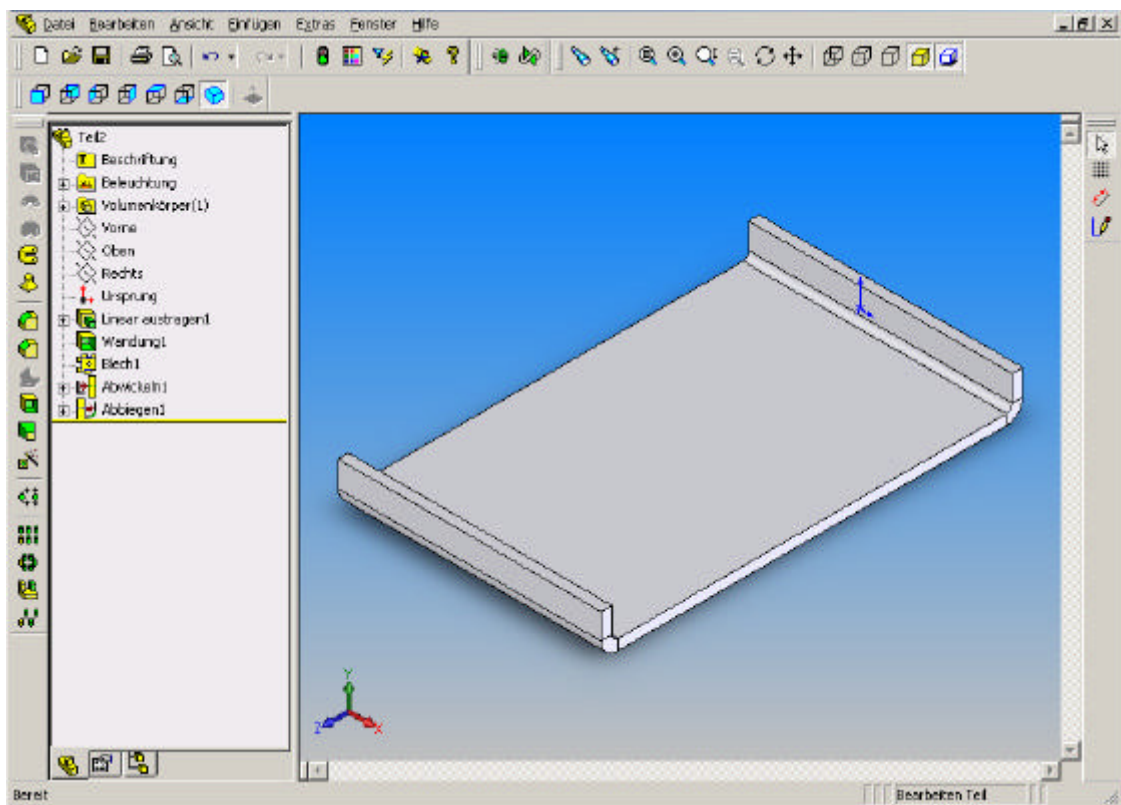


Abbildung 6-16: Modell nach Einfügen des "Blech"-Features

In der Modelldarstellung ist zu erkennen, dass die Kanten des ursprünglichen Modells nun durch Biegungen ersetzt wurden. Dazu hat das CAD-System die erforderlichen Biegezugaben automatisch an Hand der hinterlegten Biegetabelle ermittelt.

Der Feature-Manager zeigt an, dass neben dem Feature „*Blech1*“ zwei weitere Features „*Abwickeln1*“ und „*Abbiegen1*“ vorhanden sind. Dabei entspricht das Feature „*Abwickeln1*“ der Abwicklung des Blechteils und das Feature „*Abbiegen1*“ dem Blechteil nach dem Biegevorgang.

Die Anordnung der Features entspricht also im Wesentlichen dem wirklichen Fertigungsprozess des Biegens. Von Vorteil ist ebenso, dass durch diese Arbeitsweise nun die Abwicklung des Blechteils auch in Form eines 3D-Modells vorhanden ist. Da innerhalb des Feature-Managers eine Darstellung des Modells zu jedem Zeitpunkt der Entstehung möglich ist, kann auf einfache Weise zu der abgewickelten Darstellung gewechselt werden. Dazu wird lediglich die sogenannte Einfügeleiste an die Stelle vor dem Feature „*Abbiegen1*“ bewegt. Die **Abbildung 6-17** zeigt das Blechteil in der Abwicklung.

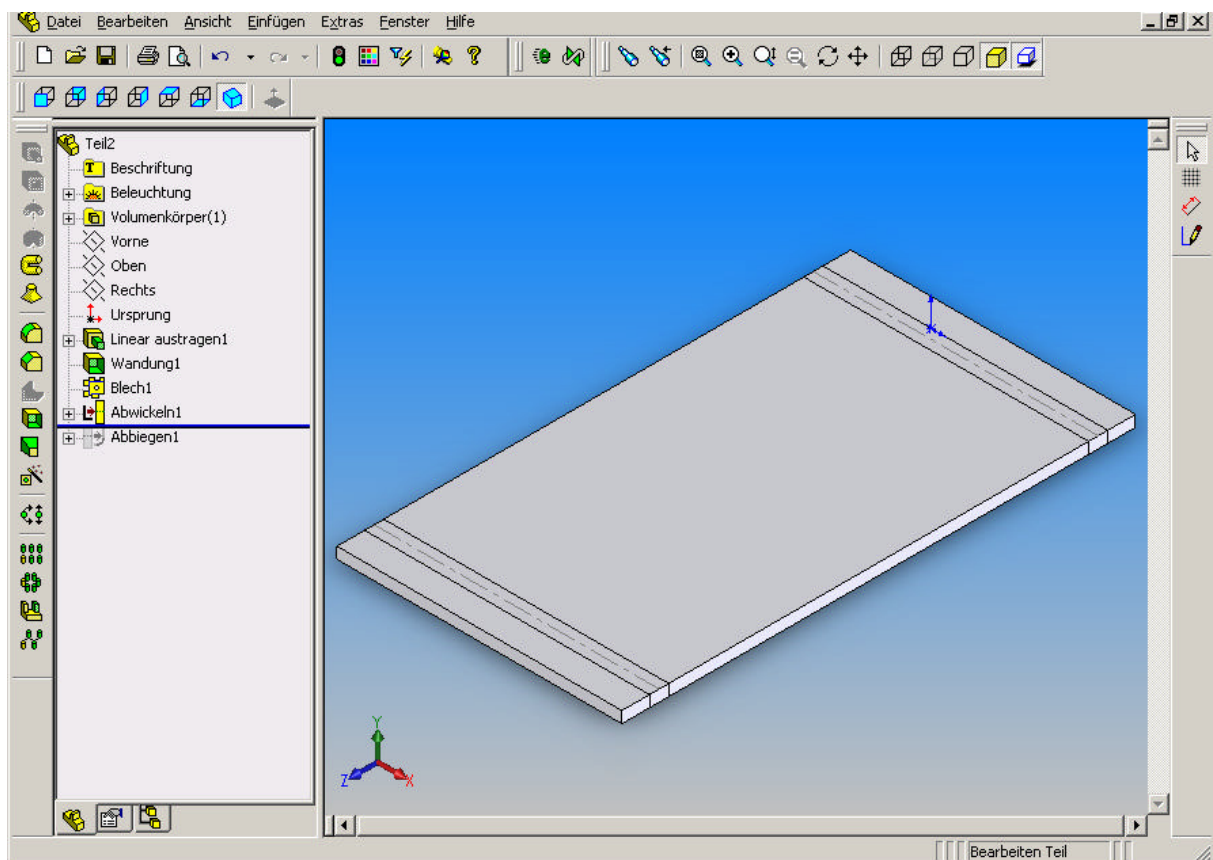


Abbildung 6-17: Automatisch generierte Abwicklung

Nachdem die grundlegenden Blecheigenschaften dem Teil hinzugefügt wurden, kann der Konstrukteur weitere Elemente anbringen. Dabei ist zu beachten, dass solche Elemente gegebenenfalls vor dem Blech-Feature eingefügt werden müssen. Die Einfügeposition ergibt sich aus dem Fertigungszusammenhang.

6.2.8 Abschnitte und Verbundteile

Eine Besonderheit stellen Abschnitte und Verbundteile dar. ZF7 – Teile sind Zukaufteile ohne eigene Sachnummer. Es handelt sich dabei um Teile, die keiner oder nur geringfügiger Bearbeitung unterzogen werden, die zum Beispiel nur abgeschnitten werden. Diese Teile werden in der Regel in Verbundteilen verwendet. Bei Verbundteilen handelt es sich aus CAD – Sicht um Baugruppen. Aus PPS – Sicht handelt es sich hingegen um Teile, die eine eigene Stückliste beinhalten. ZF7-Teile erhalten in der Regel keine eigene Sachnummer.

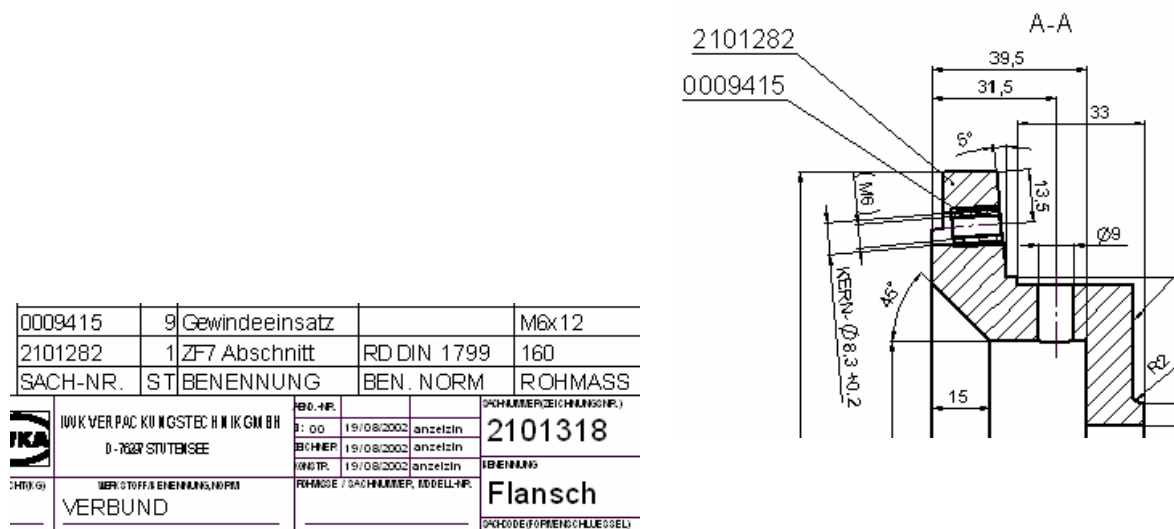


Abbildung 6-18: Darstellung von ZF7 Abschnitten in SolidWorks Zeichnungen

Dabei muss noch nach unbearbeiteten und bearbeiteten ZF7-Abschnitten unterschieden werden (vgl. **Abbildung 6-18**). Unbearbeitete ZF7-Abschnitte mit SML⁸, also Wiederholteile ohne mechanische Bearbeitung, haben weiterhin Gültigkeit und können eingesetzt werden. Es wird jedoch festgelegt, dass für eine Geometrieänderung, die z.B. einen unbearbeiteten in einen bearbeiteten ZF7-Abschnitt überführt, immer eine neue Sachnummer vergeben werden muss.

⁸ SML: Sachmerkmaliste

Bearbeitete ZF7-Abschnitte ohne SML müssen immer mit eigener Sachnummer versehen werden, da sie im Verbund eindeutig oder in einer separaten Ansicht dargestellt werden. Vorhandene 2D-System-Sachnummern werden im Rahmen der Datenübernahme in SolidWorks per Änderungsantrag durch neue ersetzt.

Bei einer Änderung der Geometrie am bearbeiteten ZF7-Abschnitt (Part) muss daran gedacht werden, dass nicht nur das dazugehörige Verbundteil (Assembly) sondern auch der bearbeitete ZF7-Abschnitt mit einem Änderungsantrag geändert werden muss. Weiterhin ist hier zu prüfen, ob dieser ZF7-Abschnitt mehrere Verwendungen hat. Wenn ja, muss eine neue Sachnummer vergeben werden.

Fertigbearbeitete Rohlingsteile (zum Beispiel 2101282), die im Verbund mit zum Beispiel Gewindeeinsätzen zusammenlaufen, müssen als ZF7-Abschnitte benannt werden. Vorhandene 2D-System-Zeichnungen müssen bei der Übernahme in SolidWorks per Änderungsantrag durch neue ZF7 Abschnitte ergänzt werden. (vgl. Abbildung 6-18)

Zukaufteile, die mit dem Verbundteil komplett nach Zeichnung von externen Lieferanten bezogen werden, sind als ZF7-Abschnitte zu benennen.

6.2.9 Normteile

Ein weiterer Entwicklungsbereich, der Optimierungspotenzial bietet, betrifft die Verwendung von Normteilen. Hier wird das Produkt **VarBox** als Normteillibothek eingesetzt. Diese besteht aus vollparametrisierten SolidWorks-Modellen, welche jeweils mit einer Tabelle verknüpft sind, die für die Steuerung der verschiedenen möglichen Varianten sorgt. Das besondere Merkmal der **VarBox** ist, dass die Anzahl der hinterlegten Normteile nicht festgelegt ist. So können nachträglich weitere Geometrievarianten integriert werden, um beispielsweise Werksnormen zu berücksichtigen. [26]

Die Verwendung der **VarBox** ist schematisch in **Abbildung 6-19** wiedergegeben. Um Normteile zu verwenden, führt der Benutzer in der Regel zunächst eine Suche mit Hilfe der in der **VarBox** hinterlegten Sachmerkmale durch. Die Auswahl der Normteile wird, wie in **Abbildung 6-20** dargestellt, durch eine komfortable Benutzerschnittstelle unterstützt. Hier ist neben einer grafischen Vorschau der selektierten Elemente auch die Berücksichtigung

weiterer Auswahlkriterien möglich. So kann die Auswahl beispielsweise nur auf definierte Vorzugsteile beschränkt werden.

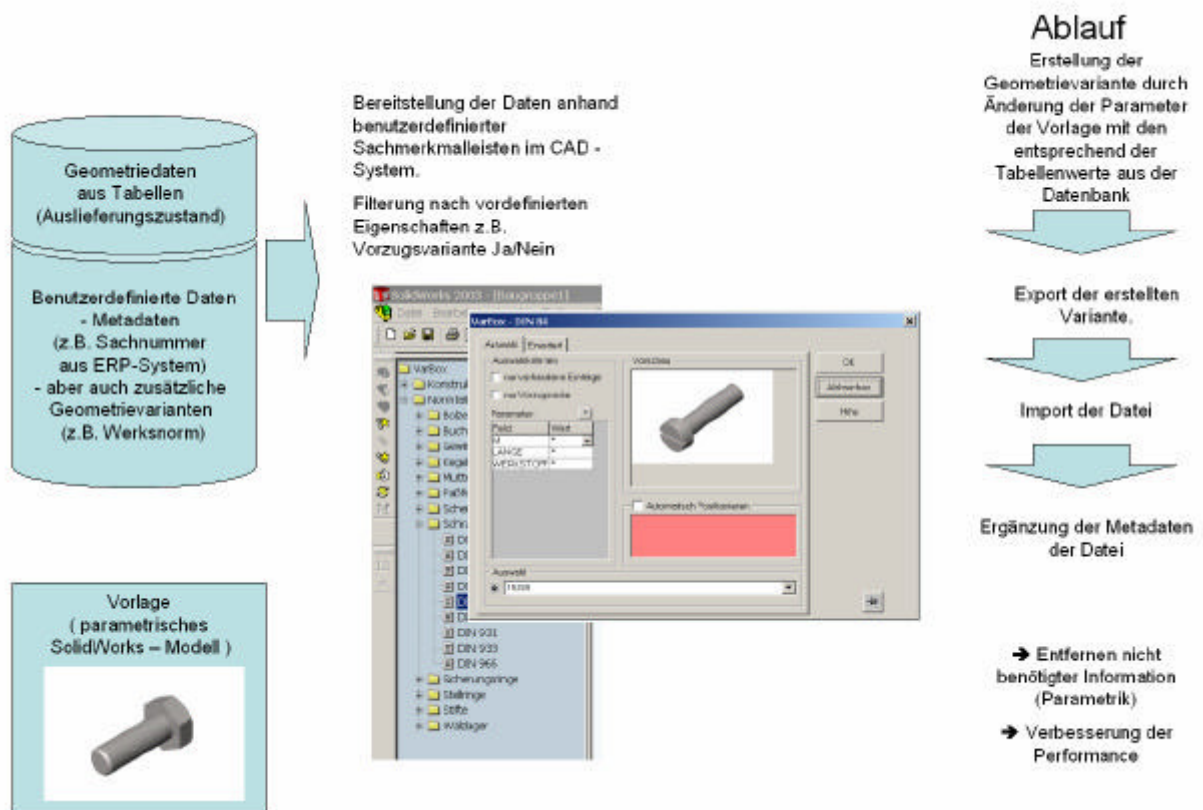


Abbildung 6-19: Funktionsweise der Normteillbibliothek

Nachdem der Benutzer das gewünschte Normteil ausgewählt hat, wird dieses durch die **VarBox** erzeugt. Dazu wird das parametrisierte Modell mit den ausgewählten Tabellenwerten aktualisiert und auf diese Weise die Variante generiert. Diese wird im Anschluss daran in die aktive CAD-Sitzung importiert, wobei die parametrischen Randbedingungen und die Verknüpfung zu der Parameter-Tabelle gelöscht werden. Dadurch steht das geladene Normteil nun als unabhängiges Einzelteil zur Verfügung. Zu beachten ist, dass die Metadaten der **VarBox** in die Teileattribute übernommen werden.

Diese Eigenschaft lässt sich nun für die PDM-Anbindung ausnutzen, da eine Berücksichtigung der Normteile durch das PDM-System erforderlich ist. Anhand der Teileattribute stellt die Integrationssoftware bei der Speicherung zunächst fest, dass es sich um ein Normteil handelt, und prüft, ob das entsprechende Normteil bereits in der Datenbasis des PDM-Systems vorhanden ist. Ist dies der Fall, so wird das neu erstellte Teil nicht neu innerhalb des PDM-Systems gespeichert, sondern es erfolgt lediglich ein Verweis auf das bereits vorhandene Teil.

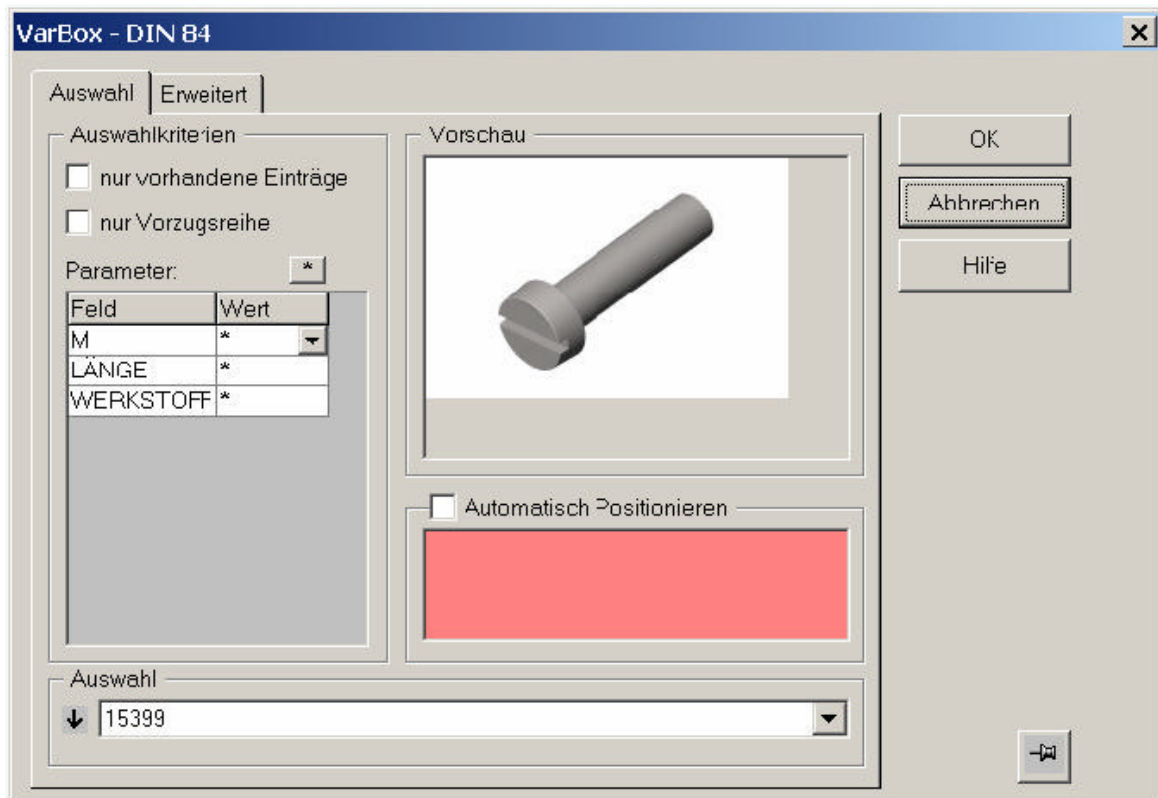


Abbildung 6-20: Auswahldialog der VarBox

Wenn kein Normteil mit entsprechenden Attributen vorhanden ist, so wird das Teil neu in die Datenbank aufgenommen. Allerdings unterscheiden sich Normteile von regulären Einzelteilen dadurch, dass sie keiner Versionierung unterliegen.

Diese Vorgehensweise gestattet die nahtlose Integration der Normteillbibliothek **VarBox** in das übergeordnete PDM-System, wobei die fortgeschrittenen Funktionalitäten der **VarBox** im Bereich der Teile-Auswahl weiterhin genutzt werden und nicht neu implementiert werden müssen.

6.2.10 Baugruppen

Die bisher formulierten Regeln beziehen sich auf die Methoden zum Entwurf von Einzelteilen. Für eine einheitliche, optimierte Arbeitsweise ist auch die Organisation auf Baugruppenebene von großer Bedeutung. Im folgenden werden nun die Konstruktionsrichtlinien vorgestellt, die sich auf die Erstellung von Baugruppen beziehen.

Dazu wird zunächst der Ablauf der Konstruktion einer neuen Maschine festgelegt. Die eigentliche Konstruktion einer Maschine beginnt mit der Erstellung eines so genannten Layoutteils durch den Projektleiter. Ein Layoutteil enthält ausschließlich Hilfsgeometrien (vgl. **Abbildung 6-21**), welche zum einen die Positionen der einzelnen Maschinenstationen beschreiben und zum anderen enthält das Layoutteil wichtige Hilfsparameter, wie zum Beispiel eine gemeinsame Förderhöhe, das Bodenniveau oder eine 2D-Grundrisskizze der zur Verfügung stehenden Halle, in der die Maschine später aufgestellt werden soll.

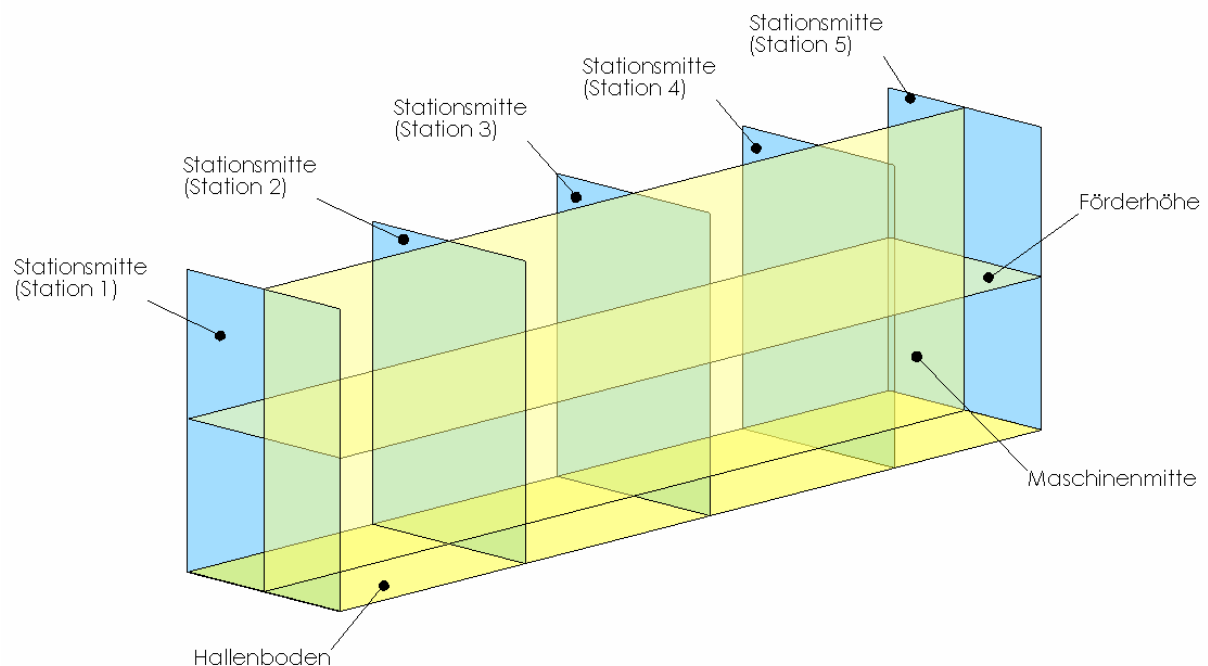


Abbildung 6-21: Hilfsgeometrien zum Anlagenaufbau

Außerdem erstellt der Projektleiter eine Baugruppe für die Gesamtmaschine, in der er zunächst ein Layoutteil als einzige Komponente anlegt. Bei der Konstruktion der Einzelstationen sind für die Positionierung der Komponenten die Hauptebenen der Baugruppe gemäß **Abbildung 6-21** maßgebend. Dies sind die X-Ebene = Stationsmitte, die Y-Ebene = Hallenboden und die Z-Ebene = Maschinenmitte. Zusätzliche Ebenen werden in der Stationsbaugruppe definiert und sind bei Änderungen im Layoutteil separat nachzuziehen.

Zur Kollisionsprüfung beziehungsweise zur Prüfung der Schnittstellen zwischen den Einzelstationen (gemäß **Abbildung 6-22**) erstellt der Konstrukteur temporäre Baugruppen, in die er das Layoutteil, die relevante Nachbarbaugruppe sowie die von ihm momentan

bearbeitete Baugruppe lädt. Die Positionierungen erfolgen wiederum über die Hauptebenen der Teilbaugruppen und den Hilfsebenen des Layoutteils (vgl. **Abbildung 6-23**).

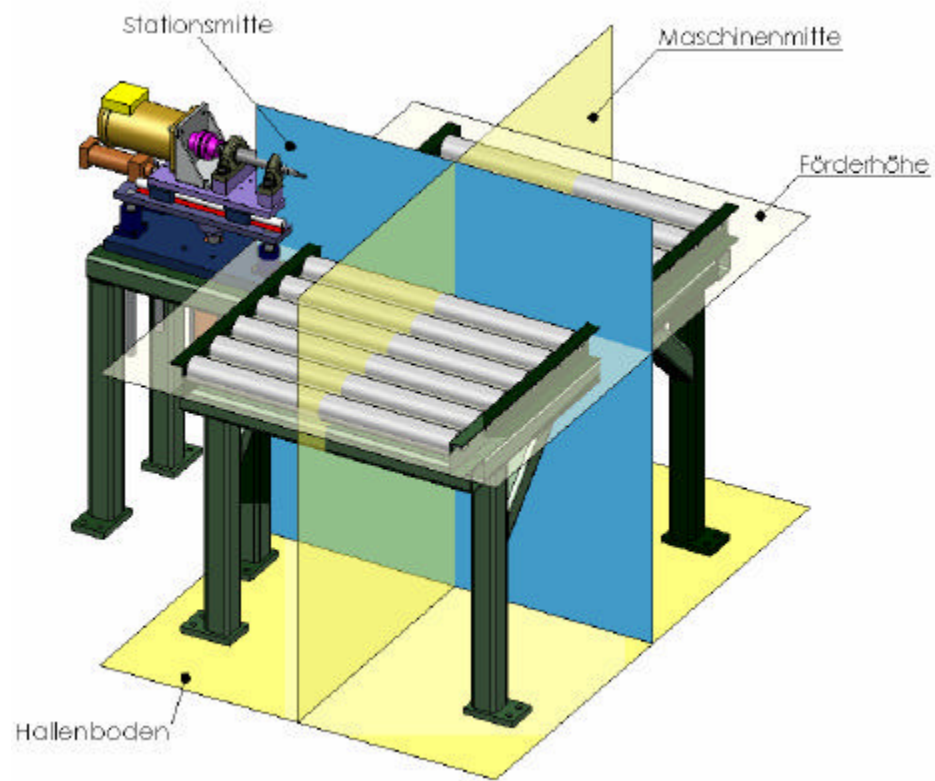


Abbildung 6-22: Eine einzelne Station der Anlage

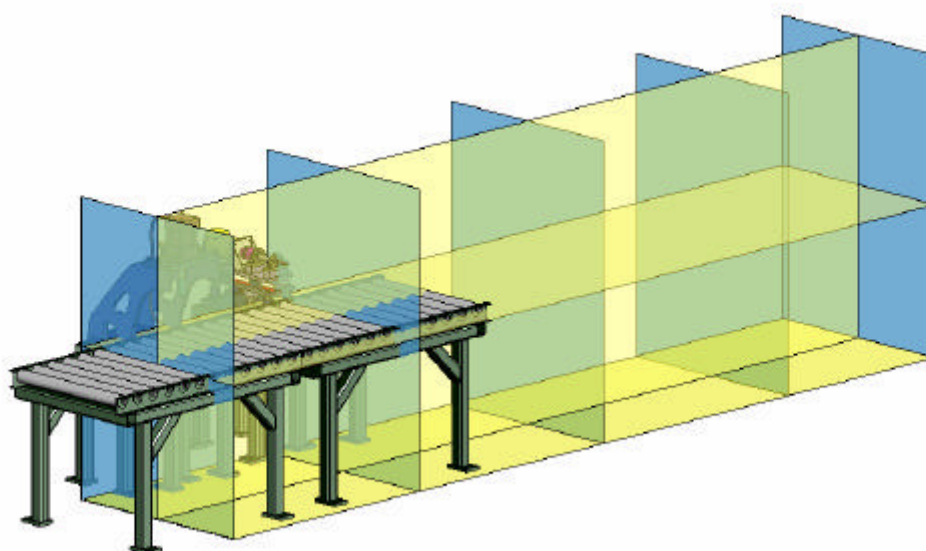


Abbildung 6-23: Station verknüpft mit Hilfsgeometrien

Diese temporären Baugruppen dienen nur als Hilfsbaugruppen zur Konstruktionsanalyse während des Entwicklungsprozesses. Die Assemblierung der Gesamtmaschine wird vom Konstruktionsleiter in einer von ihm angelegten Maschinenbaugruppe gemäß **Abbildung 6-24** vorgenommen.

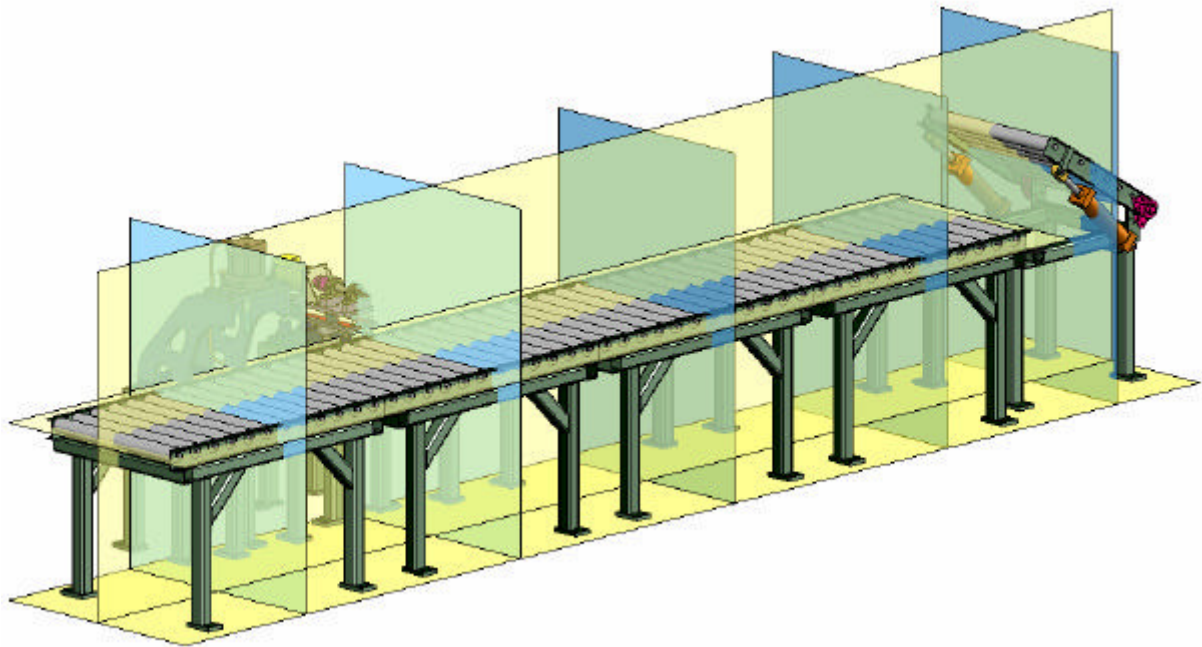


Abbildung 6-24: Komplette Station

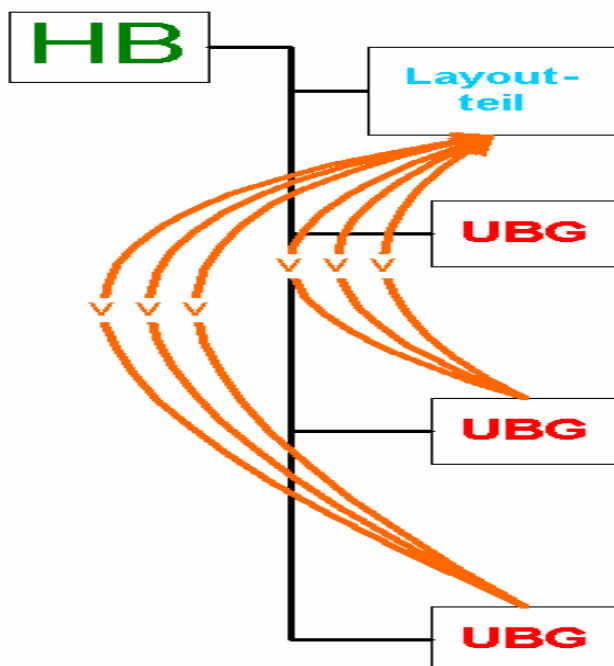


Abbildung 6-25: Schematische Darstellung der Layoutphilosophie

Auch hier müssen die einzelnen Stationen lediglich mit ihren Hauptebenen auf die dafür vorgesehenen Referenzebenen des Layoutteils gelegt werden. Durch dieses Vorgehen werden lange Ladezeiten vermieden, welche beim Öffnen der kompletten Maschine auftreten würden.

Das Baugruppen-Konzept lässt sich nicht nur auf der Maschinenebene anwenden, sondern auch in einer beliebigen Strukturtiefe. Dies bedeutet, in der schematischen Darstellung einer Maschinenstruktur gemäß **Abbildung 6-25** können alle Knoten mit der Bezeichnung UBG (= Unterbaugruppe) durch die Struktur mit der Bezeichnung HB (= Hauptbaugruppe) ersetzt werden. Dabei ist für jede HB ein separates Layoutteil anzulegen, damit die Wiederverwendbarkeit untergeordneter Baugruppen gewährleistet ist.

Hierbei ist wichtig, dass ein Layoutteil ausschließlich nur Verknüpfungen und Referenzen zu Komponenten auf der gleichen Baugruppenebene haben darf. Dieses gilt nur für die Baugruppenebene, in der es eingesetzt ist. Zur Definition der Unterbaugruppenposition sind drei Verknüpfungen zwischen jeder Maschinenstation und dem Layoutteil notwendig.

Eine strukturübergreifende Referenzierung ist nicht zulässig, da sonst eine Weiterverwendung der betroffenen Komponenten nicht gewährleistet ist. Die Modifikation des Layoutteils kann nur in Absprache mit allen Verantwortlichen der einzelnen Konstruktionsteams der Hauptstationen erfolgen, damit eventuelle Probleme vermieden werden, die durch die Änderung in der Maschinenstruktur entstehen können.

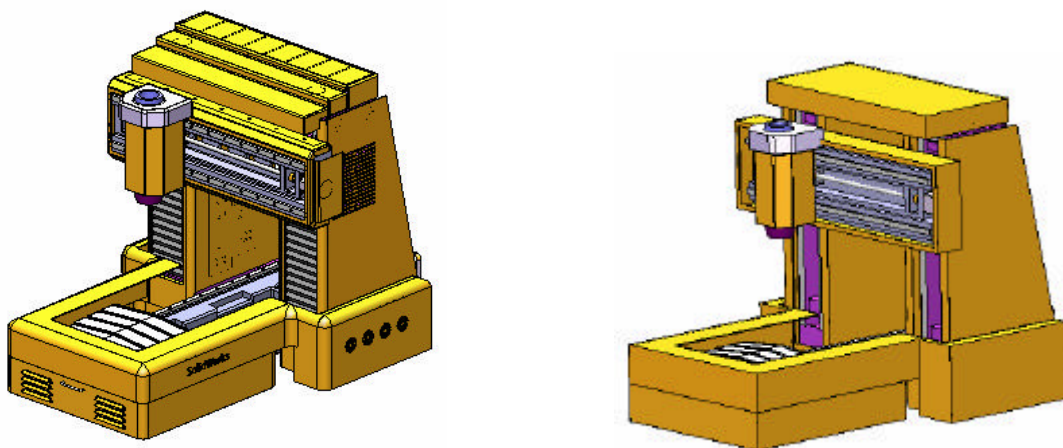


Abbildung 6-26: Vereinfachung einer Baugruppe

In Kapitel 6.2.5 wurde beschrieben, in welcher Form Konfigurationen zur Organisation auf Teileebene eingesetzt werden. Auch für Baugruppen ist diese Vorgehensweise analog

anzuwenden. Allerdings sind bei einer Baugruppe Komponenten und nicht wie bei einem Teil Features durch Aktivierung beziehungsweise Deaktivierung betroffen. Während in einem Teil einzelne Konstruktionselemente unterdrückt werden, können in der Baugruppe ganze Komponenten ausgeblendet werden, die nicht wesentlich für die Konstruktion relevant sind. Dazu gehören zum Beispiel Normteile oder auch Teile, die durch andere Komponenten wie zum Beispiel ein Gehäuse verdeckt werden. Außerdem sind in diesen vereinfachten Baugruppenkonfigurationen (vgl. **Abbildung 6-26**) die sichtbaren Teile auf die vereinfachte Konfiguration („*Standard*“) einzustellen.

Dieser Mechanismus bewirkt, dass durch das Herausnehmen nicht benötigter Details beim Laden der Konstruktion das System nicht unnötig belastet wird und so eine Steigerung der Systemperformance beim Arbeiten erreicht wird. Dies ist im Besonderen für die Assemblierung der Gesamtmaschine relevant, da an dieser Stelle die Systemleistung am meisten gefordert ist. Bezüglich der Benennung von Baugruppenkonfigurationen gelten die gleichen Vorgaben wie für Einzelteile. Im Baugruppenkontext werden allerdings weitere Konfigurationen verwendet.

So wird beispielsweise die Möglichkeit der Bewegungssimulation ebenfalls mit Hilfe von Konfigurationen realisiert. Während generell die Komponenten einer Baugruppe durch Beziehungen fixiert werden, so dass die Baugruppe jederzeit vollständig definiert ist, kann zur dynamischen Simulation von Bewegungen eine Konfiguration „*Standard (dyn)*“ erstellt werden. In dieser Konfiguration behalten die beweglichen Komponenten die jeweils erforderlichen Freiheitsgrade, so dass eine interaktive Bewegung mit Hilfe der SolidWorks-Funktion „*Komponente bewegen*“ durchgeführt werden kann.

Darüber hinaus ist oftmals die Betrachtung der extremen Bewegungspositionen von Bedeutung, so dass es von Vorteil ist, eine Darstellung der Baugruppe in einem dieser Zustände zur Verfügung zu haben. Daher werden zwei weitere Konfigurationen eingeführt, welche allgemein für die Min. / Max.- Zustände der Baugruppe verwendet werden können. Dies sind die Konfiguration „*Standard (min)*“, welche beispielsweise eine Baugruppe mit der minimalen Hubverstellung enthält, und „*Standard (max)*“, welche dementsprechend den Zustand der maximalen Hubverstellung darstellt. Für Baugruppen werden demnach die folgenden Standardkonfigurationen vereinbart:

- „Standard“ → Fertigungszustand
- „Standard (ver)“ → Vereinfachte Darstellung mit unterdrückten Komponenten
- „Standard (exp)“ → Explosionsansicht
- „Standard (sch)“ → Ansicht im Schnitt
- „Standard (shw)“ → Schweißzustand
- „Standard (gus)“ → Gussmodell
- „Standard (dyn)“ → dynamischen Simulation
- „Standard (min)“ → minimalen Hubverstellung
- „Standard (max)“ → maximale Hubverstellung

6.2.11 Ersatzmodell

Für die Erstellung von Anlagenlayout's, Angebotszeichnungen oder anderen Dokumenten, in denen nur eine schematische Darstellung der Maschine gefordert ist, muss der Detaillierungsgrad noch weiter reduziert werden. Der Detaillierungsgrad der Konstruktionsbaugruppe ist für diese Anforderung viel zu exakt und bringt mehrere Nachteile mit sich. Einerseits werden die abgeleiteten Zeichnungen durch die Repräsentation aller Konstruktionsdetails unübersichtlich und andererseits können gerade bei Anlagenlayouts schnell Größenordnungen erreicht werden, welche die damit verbundenen Lade- und Antwortzeiten unerträglich machen.

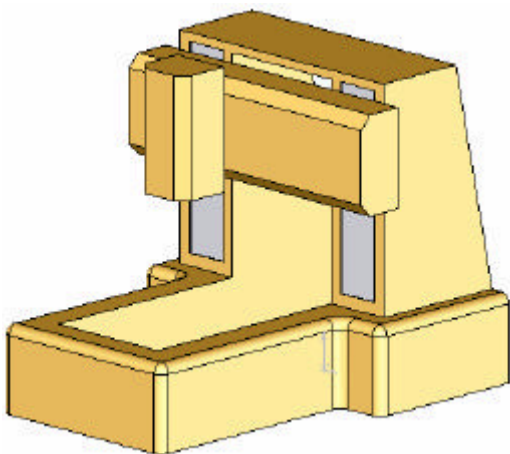


Abbildung 6-27: Ersatzmodell einer Baugruppe

Abhilfe für diese Problematik schafft die Überführung einer Baugruppe (vgl. Abbildung 6-26) in ein so genanntes Ersatzmodell gemäß **Abbildung 6-27**. Das Ersatzmodell repräsentiert die Geometrie einer komplexen Baugruppe in einem Teil. Die Abmessungen und relevanten Anschlussmaße des Ersatzmodells entsprechen exakt denen der Originalbaugruppe. Das Ersatzmodell wird vom Konstrukteur angelegt und dient dann als Basis für den Vertrieb. Der Vertrieb erhält auf diese Weise in zunehmenden Maße eine Bibliothek von handhabbaren Maschinenstationen zur Verfügung. Auch die Dokumentationsabteilung sowie die Konstruktionsabteilung selbst partizipieren von diesen Modellen.

Das Ersatzmodell muss vom Konstrukteur mittels einzelner, parametrischer Konstruktionselemente manuell erzeugt werden. Die Hauptabmessungen der Baugruppen stehen direkt als Parameter zur Verfügung. Die Nutzung der SolidWorks-Funktion „Verschmelzen“ ist an dieser Stelle nicht sonderlich sinnvoll, da sich dadurch zum einen der Detaillierungsgrad nicht verringert und zum anderen eine konstruktive Änderung nur eingeschränkt möglich ist. Damit kann ein Mitarbeiter des Vertriebs das Modell nur ändern, indem er die zugrundeliegende Baugruppe modifiziert.

Des Weiteren darf ein Ersatzmodell keine externen Referenzen zur Ursprungsbaugruppe besitzen, da eine automatische Aktualisierung durch das System nicht erfolgen kann. Nur ein Konstrukteur kann entscheiden, welche neu hinzugekommenen Konstruktionselemente für die abstrahierte Darstellung relevant sind und welche nicht.

6.2.12 2D-Zeichnungen

Fertigungszeichnungen stellen heute immer noch die zentralen Informationsträger für die Fertigung dar. Deshalb steht am Ende jeder 3D-Modellerstellung immer die Erstellung von 2D-Zeichnungen. Die Zeichnungserstellung erfolgt bei Neuentwicklungen grundsätzlich nur über die Ableitung von einem 3D-Modell. Auf Grund der Assoziativität des CAD-Systems stimmt eine 2D-Zeichnung immer mit dem referenzierten 3D-Modell überein.

Eine Zeichnung wird in SolidWorks stets als neue Datei angelegt. Dabei wird von dem Benutzer standardmäßig eine leere Zeichnungsvorlage ausgewählt. Im Rahmen dieses Konzeptes werden für die benötigten Zeichnungsformate spezifische Vorlagen gemäß **Abbildung 6-28** erstellt. Diese Vorlagen zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass sie bereits über ein den Firmenstandards entsprechendes Schriftfeld verfügen. Dieses Schriftfeld enthält neben dem Firmenlogo und anderen statischen Elementen Platzhalter für

alle produktbezogenen Einträge. Diese Platzhalter werden beim Abspeichern der Zeichnung im PDM-System automatisch mit den Werten gefüllt, die im PDM-System vergeben sind.

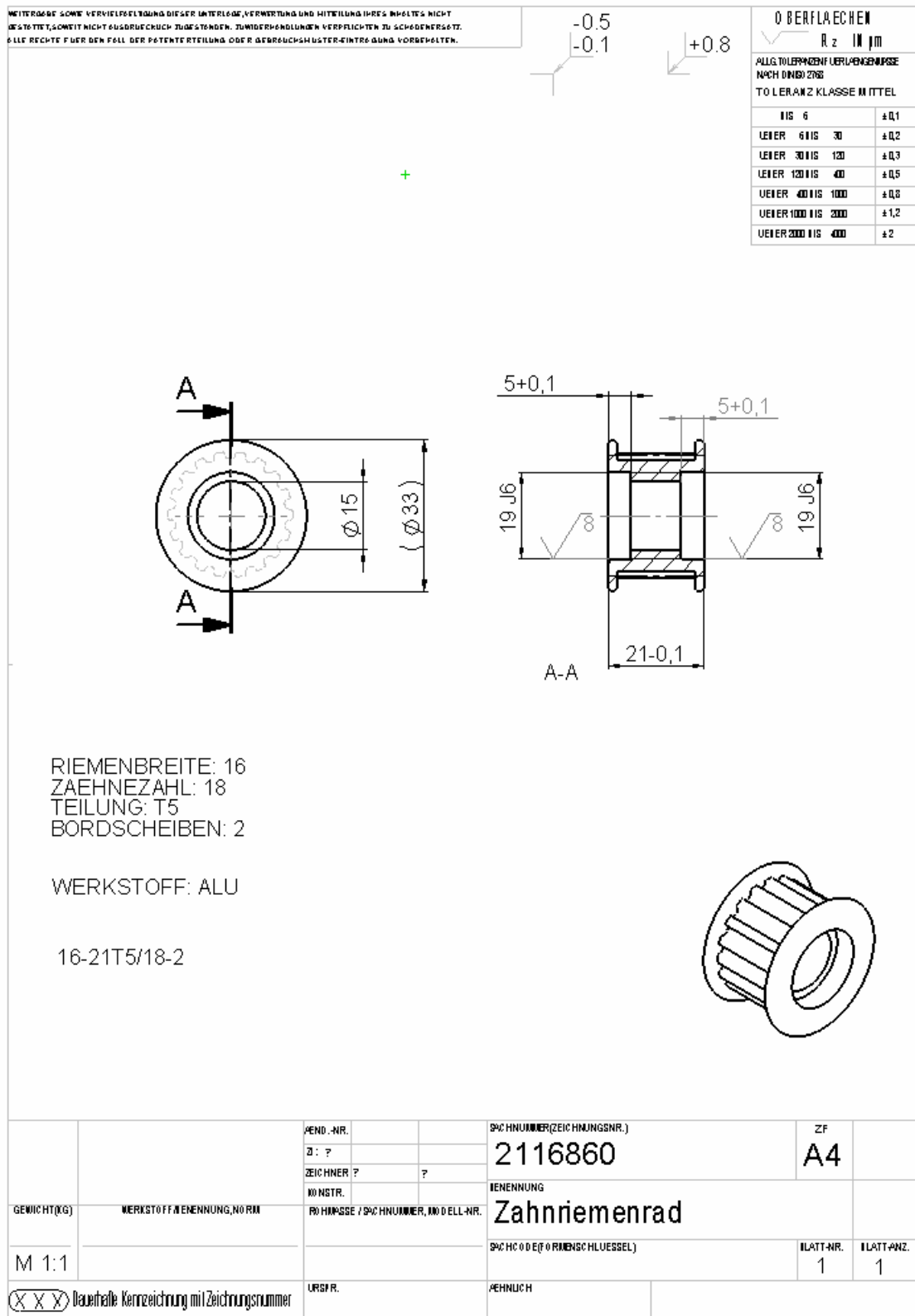


Abbildung 6-28: Zeichnungsvorlage mit Schriftfeld

Dadurch wird sichergestellt, dass die Informationen im Schriftfeld einer Zeichnung immer mit den Werten der zentralen Datenbasis übereinstimmen. Dies ist insbesondere für versionsbeschreibende Attribute - wie den Freigabestatus - relevant. Aus diesem Grunde wird festgelegt, dass von den Benutzern grundsätzlich keine manuellen Einträge in dem Schriftfeld einer Zeichnung vorgenommen werden dürfen. Die Aktualisierung des Schriftfeldes wird automatisch durch die Schnittstellenfunktionen des PDM-Systems vorgenommen.

Bezüglich der Bemaßung von Zeichnungen gelten keine speziellen Vorgaben. Diese werden vom Konstrukteur in die Zeichnung eingebracht. Es ist lediglich darauf zu achten, dass assoziative Bemaßungen verwendet werden. Diese werden von den Eigenschaften des 3D-Modells gesteuert und enthalten stets die gleichen Werte wie in dem Modell.

6.2.13 Richtlinien für den Entwicklungsprozess

Ziel dieses Konzeptes ist es, eine Arbeitsweise zu etablieren, die eine effiziente Produktentwicklung auf der Basis des ausgewählten 3D-CAD-Systems gestattet. Im Gegensatz zu der bisher praktizierten Konstruktionsmethode basierend auf einem zeichnungsorientierten 2D-CAD-System, ergeben sich nun neue Rahmenbedingungen für den Entwicklungsprozess, welche durch die folgenden Regeln berücksichtigt werden. Zentrale Forderung ist, dass eine gleichzeitige Bearbeitung der verschiedenen Maschinenkomponenten durch die Konstrukteure möglich ist, welche zu einem konsistenten Gesamtmodell der Verpackungsmaschine führt. In den vorhergehenden Kapiteln wurden bereits einige Aspekte genannt, welche dieses Ziel unterstützen, wie beispielsweise die Verwendung eines zentralen Koordinatensystems.

Die Problemstellung, einen geeigneten Entwicklungsprozess zu formulieren, wird in erster Linie von den Funktionen des PDM-Systems bestimmt. Hier greifen die Lebenszyklus-Operationen, welche für alle CAD-Objekte Anwendung finden. Durch die dabei getroffenen Vorgaben werden auch die Regeln für die Freigabeprozesse festgelegt.

Grundsätzlich wird jede Datei, die mit dem CAD-System erstellt wird, ausschließlich mit Hilfe des PDM-Systems gespeichert oder geladen. Es ist absolut notwendig, dass diese Grundregel konsequent eingehalten wird. Eine Arbeitsweise, bei der ein Konstrukteur ein Modell zunächst „fertig“ entwickelt und es im Anschluss daran an das PDM-System übergibt, führt zwangsläufig zu einem chaotischen Zustand.

Da jede CAD-Datei also mit Hilfe des PDM-Systems gespeichert wird, existiert zu jeder Datei ein Objekt innerhalb der Datenbasis des PDM-Systems, welches die Metadaten der jeweiligen Datei enthält und diese repräsentiert. Innerhalb des PDM-Systems verfügt jedes Objekt über einen Lebenszyklus-Status. Dieser Status hängt direkt mit der Datei zusammen, die dem Objekt zugeordnet ist. Dies betrifft vor allem den Ort, an dem die Datei abgelegt ist. Es gibt hierbei gemäß **Abbildung 6-29** grundsätzlich nur zwei Orte, an denen eine Datei vorhanden sein kann.

Dies ist zum einen der lokale Arbeitsbereich jedes Benutzers. Dabei handelt es sich um ein beliebiges Verzeichnis auf der lokalen Festplatte des Arbeitsplatzrechners. Dieser Arbeitsbereich enthält stets nur die Dateien, die der Benutzer momentan benötigt. Eine Verzweigung unterhalb dieses Verzeichnisses ist nicht zulässig. Alle Dateien, die von dem Benutzer erstellt oder bearbeitet werden, sind stets direkt innerhalb des Arbeitsbereiches anzulegen.

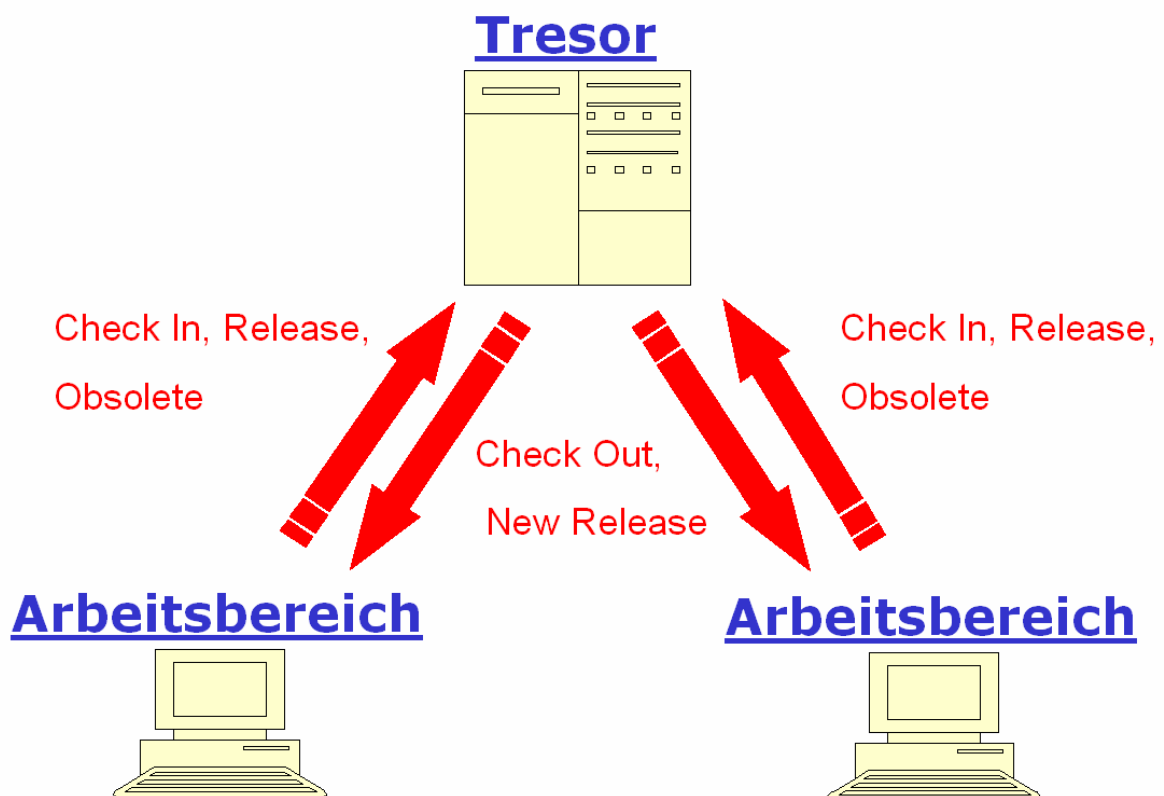


Abbildung 6-29: Organisation der Dateiablage

Der zweite Ort, an dem Dateien vorhanden sind, ist der sogenannte Tresor. Dieser Tresor, oder auch Vault⁹ genannt, stellt einen Bereich auf einem zentralen Server dar, der nur für

⁹ Tresor

das PDM-System zugänglich ist. Der innere Aufbau des Tresors ist dabei für den Benutzer uninteressant, da jede Dateioperation, die Dateien von dem Arbeitsbereich in den Tresor oder von dort in den lokalen Arbeitsbereich transferiert, nur durch die Integrationsfunktionen innerhalb des PDM-Systems ausgeführt wird.

Dabei spielt jeweils der Zustand eines Objektes die entscheidende Rolle. In SmarTeam befindet sich jedes Objekt immer in einem definierten Lebenszyklus-Status, wobei die in **Abbildung 6-30** aufgeführten Zustände möglich sind.

Status	Beschreibung
New	Das Objekt wurde in SmarTeam gespeichert, aber noch nicht in den Tresor transferiert. Die zugehörige Datei befindet sich im Arbeitsbereich eines Benutzers.
Checked In	Objekte im Zustand „ <i>Checked In</i> “ stehen allen Benutzern für lesenden Zugriff zur Verfügung. Die zugehörige Datei befindet sich im Tresor.
Checked Out	Der Status „ <i>Checked Out</i> “ bedeutet, dass ein Benutzer dieses Objekt momentan bearbeitet. Das Objekt ist für andere Benutzer nur für lesenden Zugriff verfügbar. Die zugehörige Datei befindet sich im Arbeitsbereich des Benutzers.
Released	Dieses Objekt ist freigegeben und darf nicht mehr modifiziert werden. Eine Bearbeitung ist mit der Erstellung einer neuen Version möglich.
Obsolete	Objekte mit dem Status „ <i>Obsolete</i> “ sind als veraltet beziehungsweise ungültig markiert und können nicht mehr bearbeitet werden.

Abbildung 6-30: PDM-Lifecycle-Status

Eine Änderung des Zustands kann nur durch eine Lifecycle-Operation erfolgen. In **Abbildung 6-29** sind die Lifecycle-Operationen in Bezug auf die Dateiablage zu sehen. Dabei kann nicht jede Operation für jeden Objektzustand durchgeführt werden. Die **Abbildung 6-31** zeigt grafisch den Zusammenhang zwischen Lebenszyklus-Status und Operation.

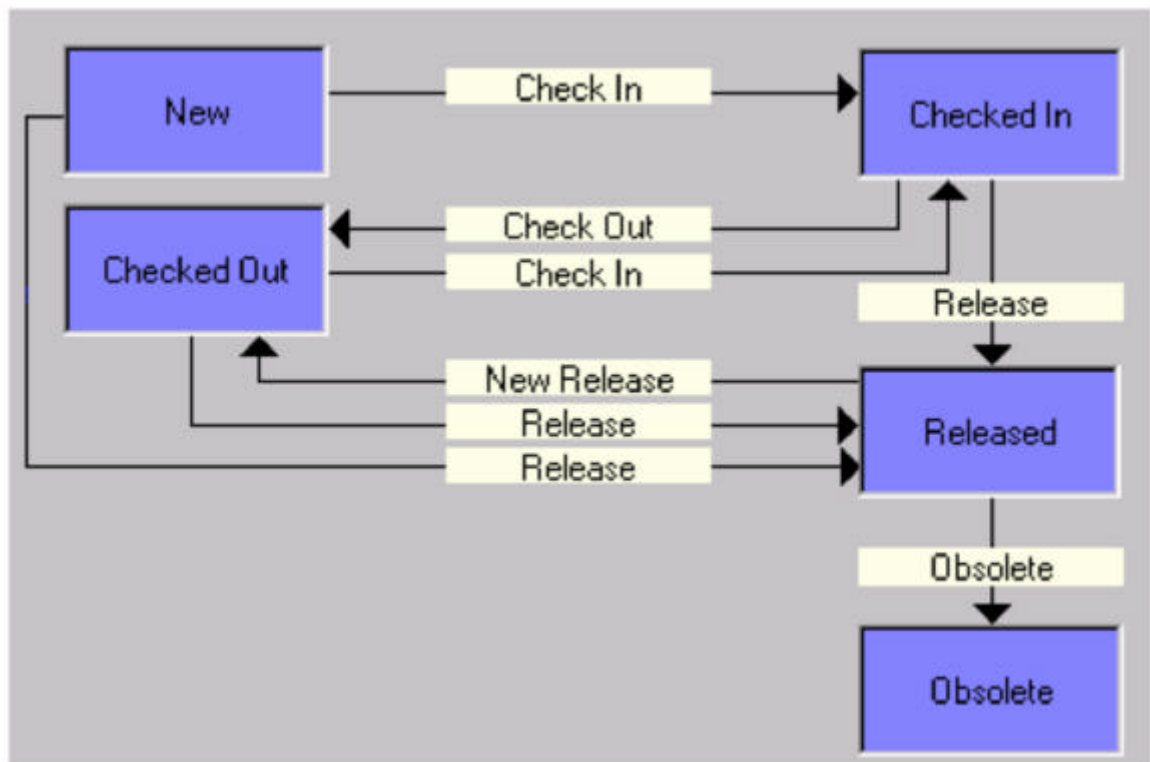


Abbildung 6-31: Lifecycle Operationen

In direktem Zusammenhang mit dem Lebenszyklus steht die Versionierung. Jedes Objekt wird an Hand seiner Identifizierung und einer Versionsnummer eindeutig beschrieben. Dabei wird eine automatische Versionsnummernvergabe nach dem folgenden Schema realisiert. Es wird eine zweistufige Versionsnummer vergeben. Diese wird nach folgendem Muster aufgebaut:

xx.yy

,wobei **xx** für die Version und **yy** für die Revision steht. Diese Konvention bedeutet, dass die Version jeweils freigegebene Produktzustände kennzeichnet, während die Revision die einzelnen Entwicklungsstände innerhalb der Versionen enthält. Die Zählung der Version wird mit kleinen Buchstaben nach dem Muster a, b, c etc. durchgeführt. Eine Produktversion b ist also aktueller als die Version a. Dagegen wird die Revision regulär mit den Ziffern von 1 bis 99 gezählt. Das Mitführen der Revision dient vor allem einer vollständigen Entstehungshistorie. Dadurch wird jederzeit die Rückkehr zu einem früheren Entwicklungsstand ermöglicht. Eine Revisionserhöhung findet also mit jedem Auschecken eines Dokuments statt, während eine neue Versionsnummer lediglich im Rahmen einer Freigabe (Release)

vergeben wird. Um ein unnötiges Anwachsen des Datenbestands zu vermeiden, wird bei jeder Freigabe automatisch ein Löschen der Zwischenrevisionen durchgeführt.

Dieses an sich recht einfache Schema gewinnt eine relative Komplexität, wenn die geschilderten Zusammenhänge und die damit verbundenen Zugriffsregeln nicht nur für ein einzelnes Objekt, sondern für Objektstrukturen, wie Baugruppen oder abgeleitete Zeichnungen angewendet werden. Die hier aufgestellten Regeln gewährleisten jedoch einerseits einen konsistenten Datenbestand und andererseits ein Höchstmaß an Funktionalität für die Anwender.

Prinzipiell gilt, dass CAD-Dokumente nur dann ausgecheckt werden dürfen, wenn sie auch wirklich bearbeitet werden. In allen anderen Fällen wird lediglich eine Kopie des Dokumentes zur Ansicht geladen. Konkret bedeutet dies, dass beispielsweise eine Baugruppe und die darin enthaltenen Komponenten zunächst im Ansichtsmodus geladen werden. Damit stehen in SolidWorks alle Komponenten zur Verfügung und können referenziert werden. Es ist jedoch nicht möglich, eine Änderung an einem der Dokumente zu speichern. Daher „*checkt*“ der Konstrukteur das Teil aus, an dem er Veränderungen vornehmen will. Da die Baugruppe und die anderen Teile weiterhin im Status „*Checked In*“ verbleiben, können sie von anderen Benutzern gleichzeitig geladen und bearbeitet werden. Diese Arbeitsweise garantiert die maximale Verfügbarkeit von CAD-Daten und verhindert Datenverluste durch unbeabsichtigtes Überschreiben von Dateien durch andere Benutzer. Grundsätzlich sind veränderte Dokumente umgehend wieder in den Zustand „*Checked In*“ zu überführen. Spätestens zum Ende eines Arbeitstages müssen sämtliche ausgecheckten Dokumente wieder in den Tresor transferiert werden.

Eine besondere Rolle unter den Lifecycle Operationen spielt die „*Freigabe*“. Da die Freigabe in der Regel stets einen Zustand innerhalb der Produktentwicklung markiert, an dem die Produktdaten für weitere Entwicklungsphasen weitergegeben werden, müssen hier besondere Regeln vereinbart werden. Die Konstruktionsfreigabe bedeutet beispielsweise die Weitergabe der CAD-Daten an die Arbeitsvorbereitung zur Erstellung der Arbeitspläne. Aus diesem Grund darf die Freigabe nur von bestimmten Benutzern durchgeführt werden, welche Mitglied der Gruppe „*Projektleiter*“ sind. In jedem Falle darf jedoch der Ersteller niemals identisch mit dem „*Freigeber*“ sein.

Des Weiteren dürfen Baugruppen nur dann freigegeben werden, wenn alle enthaltenen Komponenten ebenfalls im Zustand „*Released*“ sind. Sinngemäß darf eine Zeichnung nur dann freigegeben werden, wenn das 3D-Modell, welches für die Ableitung der Zeichnung verwendet wurde, freigegeben ist. Diese Regeln werden unter besonderer Berücksichtigung

von Qualitätsgesichtspunkten festgelegt, und ihre Einhaltung wird durch die Integrationssoftware sichergestellt.

6.3 Dokumentenvorlagen

Die zuvor beschriebenen Richtlinien für die Entwicklung können nur dann einen entscheidenden Beitrag für eine effiziente Produktentwicklung leisten, wenn sie auch in der Praxis konsequent umgesetzt werden. Dies erfordert von allen beteiligten Mitarbeitern ein hohes Maß an Disziplin. Das hier entwickelte Konzept ist jedoch so aufgebaut, dass neben der reinen Vorgabe von Arbeitsanweisungen ein möglichst hoher Grad an systemseitiger Unterstützung für die beabsichtigte Arbeitsweise geboten wird. Dadurch wird für die Benutzer des Systems gleichzeitig eine Arbeitserleichterung erzielt, die maßgeblich für die Akzeptanz eines jeden neuen EDV-Systems ist.

Ein wesentlicher Aspekt in diesem Zusammenhang ist die Bereitstellung von Vorlagen für die typischerweise zu erstellenden Dokumente. Neben den bereits angesprochenen Vorlagen für Zeichnungen sind besonders die Vorlagen für Baugruppen-Dokumente zu erwähnen. Während die Bereitstellung von Vorlagen für Zeichnungen relativ problemlos ist, da hier lediglich für die gewünschten Zeichnungsformate entsprechende Rahmen und Schriftfelder erstellt werden müssen, ist dieser Vorgang im Bereich der 3D-Modelle deutlich komplexer. Dies ist darin begründet, dass dem Benutzer nach Möglichkeit Vorlagen angeboten werden müssen, die den organisatorischen Anforderungen der zu erstellenden Modelle, wie beispielsweise dem in Kapitel 6.2.10 beschriebenen Baugruppenlayout, möglichst gut entsprechen. Dies setzt voraus, dass nicht nur jeweils eine Vorlage für Einzelteile und Baugruppen erstellt wird, sondern, dass für die typischen Maschinen- beziehungsweise Komponentenfamilien angepasste Vorlagen zur Verfügung stehen.

Dabei steht im Vordergrund, dass die erstellten Baugruppen problemlos zu einer kompletten Verpackungsmaschine zusammengefügt werden können. Daher wird zunächst die folgende verbindliche Struktur der Baugruppenhierarchie vereinbart.

1. Maschine
2. Hauptfunktionsgruppe
3. Baugruppe
4. Baugruppe (Verbundteile)

Die oberste Ebene beschreibt dabei die komplette Verpackungsmaschine. In der entsprechenden Dokumentenvorlage ist das zentrale Layoutteil (vgl. Kapitel 6.2.10) enthalten, welches die Hauptabmessungen der Maschine beschreibt. In dieser Baugruppe werden als Komponenten die Hauptfunktionsgruppen eingefügt. Diese Hauptfunktionsgruppen entsprechen den einzelnen Stationen der Verpackungsmaschine. Da im allgemeinen die Entwicklung der einzelnen Stationen in separaten, spezialisierten Entwicklungsabteilungen vorgenommen wird, sind auf der Ebene der Hauptfunktionsgruppen abteilungsspezifische Baugruppenvorlagen zu erstellen. Diese Vorlagen beinhalten die für die jeweilige Maschine benötigten Hilfselemente, wie Ebenen oder Vorlagen für bestimmte Teile, die immer Komponente einer solchen Station sind. Da diese Hilfselemente stark von dem konkreten Anwendungsfall abhängen, ist eine allgemeingültige Beschreibung an dieser Stelle nicht sinnvoll. Diese Vorlagen werden im Rahmen der Systemeinführung jeweils für den konkreten Stationstyp erstellt.

Eine allgemeingültige Vorgabe kann jedoch für die Ausrichtung der einzelnen Maschinenkomponenten gemacht werden. So wird festgelegt, dass generell alle Baugruppen in der Art aufgebaut werden, dass eine eindeutige Positionierung über einen gemeinsamen, identischen Nullpunkt möglich ist. Daher kann ein Modell einer kompletten Maschine auf einfache Weise dadurch aufgebaut werden, dass die zu integrierenden Baugruppen über den gemeinsamen Nullpunkt verknüpft werden.

Konkret bedeutet dies für den Aufbau der einzelnen Vorlagedokumente, dass jede dieser Vorlagen drei Ebenen enthält, welche den Ursprung des Koordinatensystems bilden. Dies sind die Ebenen:

NP_x	Ursprungsebene mit Normalenvektor in X-Richtung
NP_y	Ursprungsebene mit Normalenvektor in Y-Richtung
NP_z	Ursprungsebene mit Normalenvektor in Z-Richtung

Darüber hinaus enthält jede Baugruppenvorlage ein sogenanntes Basisteil, welches für die Positionierung aller anderen Komponenten als feste Basis verwendet wird. Dies kann beispielsweise ein Grundgestell oder eine Seitenwand sein. Dabei wird das erste Basisteil, welches von dem CAD-System standardmäßig als „fixiert“ im Raum fest angeordnet ist, in den hier erstellten Vorlagedokumenten mit Abstandsmaßen zu den Ebenen NP_x, NP_y und NP_z definiert. Dieses Basisteil wird also relativ zum zentralen Nullpunkt der gesamten Maschine positioniert. Alle anderen Komponenten der Baugruppe werden in ihrer Einbaulage bezüglich des Basisteils fixiert.

Auf diese Art und Weise ist es möglich, dass die gesamte Baugruppe lediglich durch die Verknüpfung zum zentralen Ursprung gesteuert wird. Dies hat den Vorteil, dass die einzelnen Stationen bereits im Kontext der kompletten Maschine konstruiert werden, obwohl die anderen Hauptfunktionsgruppen noch nicht bekannt sind. Der Zusammenbau aller Stationen zu der gesamten Maschine wird durch ein einfaches Einfügen der Komponenten realisiert, da diese nicht untereinander verknüpft sind, sondern nur jeweils mit dem Ursprung der Maschine.

6.4 Integrationssoftware

Die zuvor beschriebenen Konstruktionsregeln bilden die theoretische Grundlage für eine effiziente Produktentwicklung. Die Art und Anzahl der Regeln machen deutlich, dass eine systemseitige Unterstützung erforderlich ist, um eine Entwicklung zu gewährleisten, die den formulierten Regeln entspricht. Dazu werden im Rahmen des Konzepts Softwaremodule auf unterschiedlichen Ebenen entwickelt, welche in die Systeme CAD und PDM eingebunden sind. Die Unterstützung der verschiedenen Regeln geschieht dabei auf unterschiedliche Arten.

Im Sinne der Benutzerfreundlichkeit wird bei der Entwicklung der Integrationskomponenten nach Möglichkeit ein restriktiver Funktionsablauf vermieden [27]. Diese generelle Ausrichtung ist an dem folgenden Beispiel verdeutlicht:

Es existiert die Vorgabe, dass die Dateinamen aller CAD-Dokumente unternehmensweit eindeutig sein sollen. Eine Funktion zur Sicherstellung dieser Regel könnte beispielsweise vor dem Speichern eines Dokuments den vom Benutzer eingegebenen Dateinamen darauf hin prüfen, ob dieser Name schon für ein anderes Dokument vergeben wurde. In diesem Fall würde die Funktion eine entsprechende Fehlermeldung ausgeben und den Speichervorgang abbrechen. Der Benutzer wäre in diesem Fall gezwungen, die Speicher-Funktion erneut aufzurufen und sich einen neuen eindeutigen Dateinamen zu überlegen. Dies kann sehr schnell zu unnötigen Verzögerungen und Missstimmungen führen.

Demgegenüber bietet die folgende Alternative den Vorteil, dass die Regelprüfung als solche vom Benutzer nicht wahrgenommen wird, sondern allenfalls als Arbeitserleichterung aufgefasst wird. Da ja bereits festgestellt wurde, dass der Dateiname eines Dokuments für den Benutzer nicht relevant ist, kann diese Funktion auch auf die folgende Art ausgeführt

werden. Der Benutzer startet die Speicheranforderung. Daraufhin öffnet die Integrationssoftware die Profilkarte des PDM-Systems, in welcher der Benutzer die Attribute des neuen Dokuments eingeben kann. Das Feld für den Dateinamen ist bereits mit einem vom System generierten eindeutigen Namen vorbelegt, der durch den Benutzer nicht geändert werden kann. Die Problemstellung, einen geeigneten Namen auszuwählen, tritt also gar nicht auf. Nachdem der Benutzer die Profilkarte mit Auswahl des Schalters „OK“ geschlossen hat, führt die Integrationssoftware selbstständig das Speichern der CAD-Datei unter dem neuen Namen aus. Diese zweite Variante stellt zwar einen höheren Programmieraufwand dar, der jedoch durch den erzielten Nutzen gerechtfertigt ist.

Alle Funktionen der Integrationssoftware werden nach diesen Gesichtspunkten gestaltet, da die Entwicklung eines homogenen Gesamtsystems im Vordergrund steht, welches sich möglichst harmonisch in die Entwicklungsprozesse eingliedert. Im folgenden werden nun zunächst die funktionalen Gesichtspunkte der Integrationssoftware beschrieben, bevor die technische Einbindung in das PDM- und CAD-System dargestellt wird.

6.4.1 Funktionen der Integrationssoftware

Ein großer Bereich zur Erhöhung des Benutzerkomforts - wie auch zur Fehlerreduktion - ist die Unterstützung bei der Werteeingabe. Hier kommen zum einen sogenannte Sequenzen zum Einsatz, welche eine fortlaufende Generierung von Werten an Hand vorgegebener Regeln erlauben. Sequenzen werden beispielsweise für die Festlegung von Dateinamen und die Ermittlung der Versionsnummern verwendet. Das PDM-System SmarTeam erlaubt die Definition dieser Regeln mit Hilfe des Zusatzprogramms „*Sequence Designer*“. Dabei wird eine Sequenz über ein Muster beschrieben. Dieses Muster stellt eine Schablone für die zu erzeugenden Werte dar. Es kann aus beliebigen Textzeichen und Platzhaltern bestehen, wobei die Platzhalter die Art der Inkrementierung beschreiben. Als Platzhalter können die Zeichen „a“ und „g“ verwendet werden. Die Musterbeschreibung für den Dateinamen der Teile-Dateien in SolidWorks lautet beispielsweise:

- SWPRT-99999.sldprt

In diesem Muster sind nun die fettgedruckten Zeichen die Platzhalter. Die Namen werden also in der Form „**SWPRT-00001.sldprt**“, „**SWPRT-00002.sldprt**“ usw. generiert. Analog dazu lautet die Beschreibung für die Sequenz der Versionsnummer:

- **aa.99**

Wie in Kapitel 6.2.13 beschrieben, wird also die Versionsnummer zweistufig unter Berücksichtigung von Version und Revision gezählt. Die Beschreibung der Sequenzen und das Inkrementieren der jeweiligen Werte erfolgt durch Funktionen des PDM-Systems und muss nicht innerhalb der Integrationssoftware implementiert werden. Die Sequenzen müssen jedoch für den konkreten Anwendungsfall gemäß der getroffenen Vereinbarung definiert werden.

Aufgabe der Integrationssoftware ist es jedoch, dafür zu sorgen, dass die in dieser Form definierten Sequenzen auch automatisch den richtigen Attributen zugeordnet werden. Im Rahmen der Speicherung von neuen Dokumenten ermittelt das Integrationsmodul beispielsweise mit Hilfe der Sequenz einen neuen eindeutigen Dateinamen und speichert das betreffende Dokument unter diesem Namen ab.

Tiefergehende Funktionen des Integrationsmoduls müssen für den Aspekt der Referenzen, welche ein CAD-Dokument zu anderen Dokumenten haben kann, implementiert werden. Hierbei muss innerhalb der Integrationssoftware vor allem unterschieden werden, ob diese Referenzen zulässig sind. So verfügt ein Dokument, welches eine Baugruppe enthält, über Referenzen zu allen in der Baugruppe enthaltenen Teilen. Diese Beziehungen müssen in einer Liste verwaltet und im PDM-System nachgebildet werden, damit man dort eine analoge Struktur aufbauen kann. Verfügt ein Teil jedoch über Referenzen zu einem anderen Teil, so sind diese zunächst einmal auf Grund von Performancegesichtspunkten nicht erwünscht. Hier wird in jedem Falle im Zuge der Speicherung von Dokumenten zunächst eine Prüfung vorgenommen. Die Behandlung von Referenzen kann am Beispiel des Speicherns erklärt werden. Dabei greift die Speichern-Funktion, wie in **Abbildung 6-32** zu erkennen, sowohl auf die Strukturen des CAD- als auch des PDM-Systems zu.

Zunächst stellt die Speichern-Funktion fest, um welche Dokumenten-Art es sich bei der aktuellen Datei handelt. Dies kann entweder ein Einzelteil, eine Baugruppe oder eine Zeichnung sein. Die Dokumenten-Art kann über API¹⁰-Funktionen durch Zugriff auf das aktuelle Objekt abgefragt werden (vgl. **Abbildung 6-35**).

¹⁰ Application Programming Interface

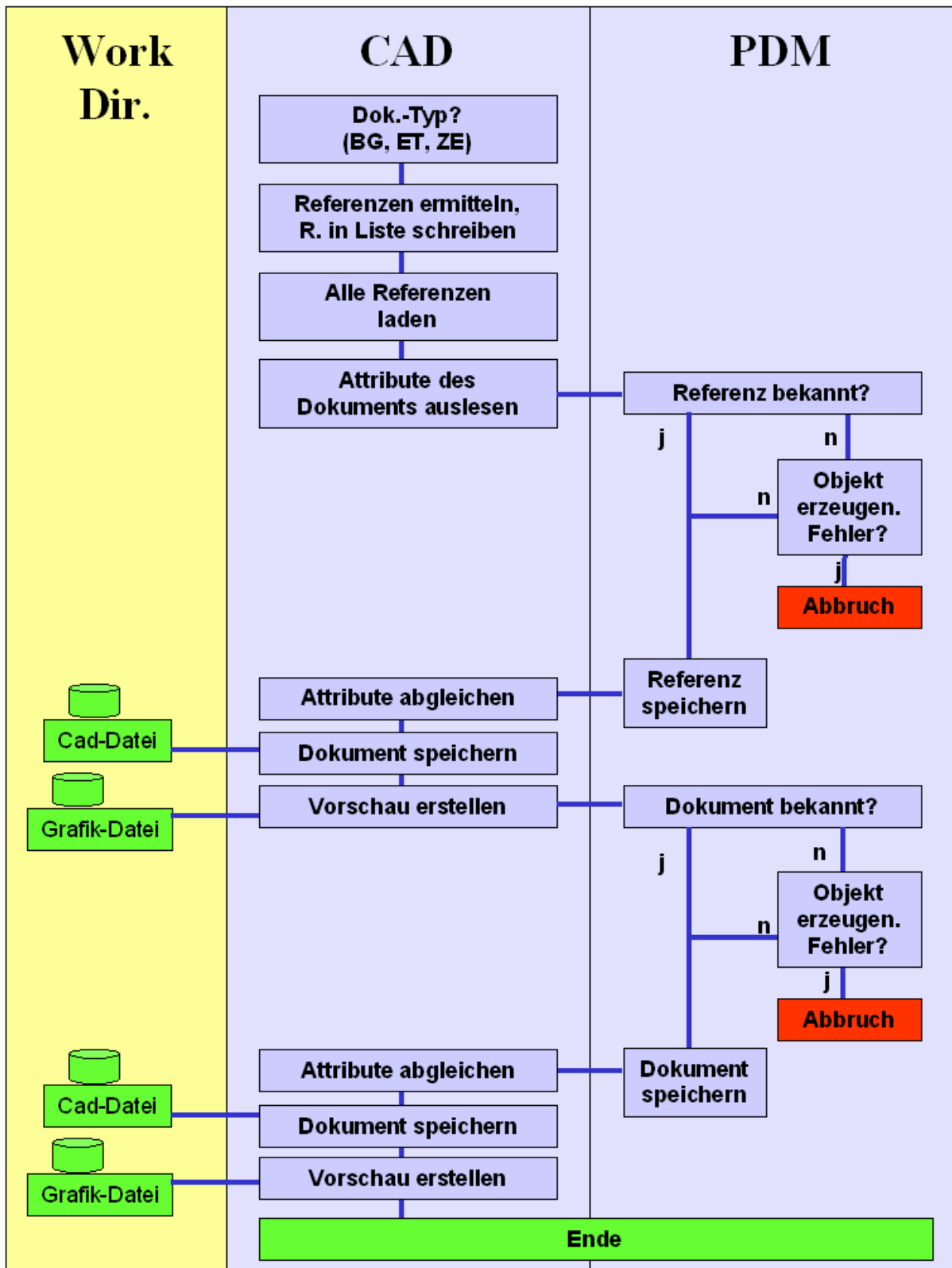


Abbildung 6-32: Schematischer Ablauf der Speichern-Funktion

Abhängig von der Dokumenten-Art erfolgt nun die Feststellung, ob das aktuelle Objekt über Referenzen mit anderen Objekten verknüpft ist. Dabei sind verschiedene Alternativen zu prüfen. Für den Fall, dass es sich bei dem Objekt um ein Baugruppen-Dokument (BG) handelt, müssen sämtliche enthaltenen Komponenten ermittelt werden und in eine temporäre Listenstruktur geschrieben werden. Dabei muss in jedem Fall die Hierarchie der einzelnen Objekte genau festgehalten werden.

Handelt es sich hingegen um ein Zeichnungsdokument (ZE), so muss die Referenz ermittelt werden, welche auf das 3D-Modell verweist, von welchem die Zeichnung abgeleitet ist. Ein Sonderfall liegt vor, wenn es sich bei dem Dokument um ein Einzelteil (ET) handelt. Das Einzelteil darf gemäß Kapitel 6.2.6 nur unter bestimmten Bedingungen über Referenzen zu anderen Modellen verfügen. Da diese Bedingungen jedoch zum jetzigen Zeitpunkt von der Integrationssoftware nicht überprüft werden können, wird eine eventuell gefundene Referenz ebenfalls in die temporäre Liste aufgenommen und für die nachfolgende Bearbeitung berücksichtigt.

Der nächste Schritt bei der Speicherung eines Dokuments ist für eine korrekte Datenverwaltung von großer Bedeutung. SolidWorks bietet die Möglichkeit, wie die Mehrheit der modernen CAD-Systeme, dass Dokumente unter bestimmten Voraussetzungen nur teilweise geladen werden. Aus Performancegründen werden beispielsweise oftmals Komponenten von Baugruppen nur in reduzierter Darstellung geladen. Es ist dann lediglich eine vereinfachte Geometrieprepräsentation des Teils verfügbar. Im Extremfall ist ein referenziertes Dokument auch gar nicht geladen. In diesem Fall wird immer von einer gebrochenen Referenz gesprochen. Dies kann vorkommen, wenn beispielsweise einzelne Parameter eines Modells von Eigenschaften eines anderen Modells abhängig sind. Ist dieses andere Modell nicht verfügbar, so wird die Aktualisierung der betreffenden Parameter nicht durchgeführt. Das Modell wird als „*Out of Date*“ gekennzeichnet. Für eine konsistente Verwaltung der CAD-Daten ist es jedoch zwingend notwendig, dass alle im CAD vorhandenen Beziehungen auch innerhalb des PDM-Systems in gleicher Weise nachgebildet werden. Daher führt die Integrationssoftware nun eine Prüfung aller gefundenen Referenzen durch, wobei gegebenenfalls alle Dokumente vollständig geladen werden. Erst wenn sichergestellt ist, dass alle Dokumente, die von dem zu speichernden Objekt benötigt werden, auch in der aktiven Sitzung vollständig geladen sind, wird der Speichervorgang fortgesetzt. Dazu werden alle definierten Dokumentattribute des zu speichernden Teils und der gefundenen Referenzen ausgelesen und ebenfalls in eine temporäre Liste eingetragen.

Die weitere Bearbeitung findet anschließend auf der Seite des PDM-Systems statt. In einer Schleife, die für jedes der gefundenen referenzierten Dokumente durchlaufen wird, stellt die Integrationssoftware an Hand der Attribute fest, ob das betreffende Dokument bereits innerhalb des PDM-Systems bekannt ist. Wenn dies nicht der Fall ist, handelt es sich um die erstmalige Speicherung. Es wird also in diesem Fall ein neues Objekt zur Beschreibung der CAD-Datei erzeugt. Dazu wird entsprechend der Dokumentenart eine der Klassen „*SolidWorks-Baugruppe*“, „*SolidWorks-Einzelteil*“ oder „*SolidWorks-Zeichnung*“ verwendet. Zu beachten ist, dass der gesamte Speichervorgang abgebrochen wird, falls die Neuanlage einer Referenz fehlschlägt. Dies ist erforderlich, da für den Aufbau der Dokumentenstruktur in der PDM-Datenbasis zwingend für jedes abzubildende Dokument ein beschreibendes Objekt vorhanden sein muss. [28]

Anschließend wird die Referenz innerhalb des PDM-Systems gespeichert, wodurch die Aktualisierung der Metadaten mit den Werten aus dem CAD-System erfolgt. Nach der Speicherung wird das entsprechende Dokument dann auch auf der Seite des CAD-Systems gespeichert. Dieser Vorgang gliedert sich in drei Teilschritte. Zunächst werden innerhalb des CAD-Objektes die Attributwerte aus dem PDM-System gesetzt. Dies sind zumindest die Attribute, welche für die Identifizierung innerhalb der PDM-Objektstrukturen erforderlich sind. Gegebenenfalls werden außerdem weitere Attributwerte gesetzt, sofern diese Funktionalität durch eine entsprechende Konfigurationseinstellung aktiv ist. Nachdem das CAD-Objekt in einen aktualisierten Zustand gebracht wurde, wird die CAD-Datei in dem Arbeitsbereich gespeichert. Sollte die CAD-Datei zuvor in einem anderen Verzeichnis gespeichert worden sein, so wird sie automatisch in den Arbeitsbereich des Benutzers abgelegt. Auf diese Art wird zusätzlich die Einhaltung der entsprechenden Entwicklungsrichtlinie (vgl. Kapitel 6.2.13) sichergestellt. Da für die PDM-Repräsentation des Objektes zusätzlich zu den CAD-Daten für Visualisierungszwecke eine Vorschau-datei in einem neutralen Grafikformat benötigt wird, erstellt die Integrationssoftware abschließend diese zusätzliche Datei.

Nachdem alle referenzierten Dokumente der Liste abgearbeitet sind, beginnt der Speichervorgang für das aktive Dokument innerhalb des PDM-Systems. Auch hier wird zunächst ermittelt, ob bereits ein entsprechendes Objekt besteht oder neu angelegt werden muss. Der weitere Vorgang verläuft dann analog zu der Behandlung der referenzierten Dokumente. Allerdings ist zu erwähnen, dass bei der Speicherung innerhalb des PDM-Systems neben den regulären Objekt-Attributen auch alle Referenzen angelegt werden. Dies geschieht, indem das PDM-Objekt mit Hilfe von Links mit den Objekten verknüpft wird, welche die referenzierten CAD-Dokumente beschreiben. Dabei lassen sich diese Links in der gleichen Form erstellen, wie auch bei der Verwendung innerhalb des CAD-Systems. So werden für

die Beschreibung von Kompositionsbeziehungen so genannte hierarchische Links eingefügt, welche die Baumstrukturen einer Baugruppe widerspiegeln. Bei Zeichnungen, die durch Ableitung von einem 3D-Modell entstanden, müssen dagegen so genannte „*Dependency-Links*“ eingesetzt werden. Diese erlauben es dem PDM-System festzustellen, welche Dokumente auf Grund von CAD-internen Modellabhängigkeiten erforderlich sind, wenn ein CAD-Dokument bearbeitet werden soll.

Bereits diese vereinfachte Beschreibung der Speicher-Funktion zeigt, dass im Rahmen der Integrationssoftware durchaus komplexe Abläufe implementiert werden. So ist die hier realisierte Variante für das Speichern von CAD-Dokumenten gegenüber der Standardfunktion wegen der expliziten Berücksichtigung aller referenzierten Dokumente zeitlich aufwändiger. Dieser Nachteil in der Performance wird jedoch dadurch kompensiert, dass nunmehr eine konsistente, mit dem CAD-Systems übereinstimmende, Struktur innerhalb des PDM-Systems garantiert werden kann.

Die Aktivierung der Speicher-Funktion der Integrationssoftware erfolgt direkt durch eine Aktion des Benutzers. Demgegenüber werden auch Funktionen implementiert, die im Hintergrund durch bestimmte Vorgänge automatisch gestartet werden. Ein Beispiel für diese Art von Funktionen stellen die Regelprüfungen für den Lebenszyklus dar. Es wurde beispielsweise festgelegt, dass eine Zeichnung nur dann in den Status „*Released*“ überführt werden darf, wenn auch das zugehörige 3D-Modell freigegeben ist. Diese Art der Regel kann standardmäßig von dem PDM-System nicht geprüft werden, daher muss die Integrationssoftware sie innerhalb der Lebenszyklus-Funktionen des PDM-Systems implementieren und automatisch bei jeder Ausführung aktivieren.

Hier zahlt sich nun die zuvor beschriebene Tatsache aus, dass sämtliche Referenzen des CAD-Systems durch Links innerhalb des PDM-Systems nachgebildet werden. Wird beispielsweise die Funktion „*Release*“ für ein Zeichnungs-Objekt aufgerufen, so kann die Regelprüfung des Integrationsmoduls eventuell vorhandene Abhängigkeiten dadurch feststellen, dass die „*Dependency-Links*“ dieser Zeichnung abgefragt werden. Über den Link besteht dann ein Zugriff auf das PDM-Objekt, welches das zugehörige 3D-Modell repräsentiert. Der Lebenszyklus-Status dieses Objektes kann damit einfach aus den Attributwerten des Objekts ermittelt werden.

Ein weiterer Bereich, in welchem die Funktionen der Integrationssoftware in starkem Maße wahrgenommen werden, ist das automatische Abgleichen von Attributwerten zwischen PDM- und CAD-System. Grundsätzlich wird ein bidirektionaler Austausch realisiert. An

dieser Stelle wird jedoch der Fokus auf die Übertragung von PDM nach CAD gelegt. Wie bereits in Kapitel 6.3 beschrieben, erfolgt durch den Attributaustausch eine automatische Aktualisierung des Schriftfelds von Zeichnungen. Diese wird entweder durch den Benutzer angestoßen oder zu bestimmten Zeiten automatisch ausgeführt, wie unmittelbar vor dem Speichern einer Zeichnung oder nach dem Öffnen innerhalb des CAD-Systems. Da die Gestaltung der Schriftfelder für jedes Unternehmen individuell gestaltet werden muss, erfolgt die Zuweisung von PDM-Attributen zu Texten in dem Schriftfeld innerhalb der spezifischen Dokumentenvorlagen (vgl. **Abbildung 6-33**). Leider lassen sich nicht alle Bereiche des Schriftfeldes innerhalb einer Dokumentenvorlage konfigurieren. Dies betrifft vor allem die Felder, die für die Beschreibung der Änderungshistorie einer Zeichnung vorgesehen sind. So ist bereits die Anzahl der vorhergehenden Versionen einer Zeichnung unterschiedlich, die berücksichtigt werden sollen. Auch die darzustellenden Attribute variieren bei verschiedenen Unternehmen.

		ÄEND.-NR.		SACHNUMMER(ZEICHNUNGSNR.)	ZF	
		ZI: ?		2116860	A4	
		ZEICHNER ?	?	BENENNUNG		
		KONSTR.		Zahnriemenrad		
GEWICHT(KG)	WERKSTOFF/BENENNUNG,NORM	ROHMASSE / SACHNUMMER, MODELL-NR.		SACHCODE(FORMENSCHLUESSEL)	BLATT-NR.	BLATT-ANZ.
2,8					1	1
M 1:1						
⊗ ⊗ ⊗ Dauerhafte Kennzeichnung mit Zeichnungsnummer		URSPR.	ÄHNLICH			

Abbildung 6-33: Schriftfeld einer SolidWorks-Zeichnung

Typische Attribute sind der Mitarbeiter, der die Freigabe durchgeführt hat, das Freigabedatum, die Versionsnummer und ein Änderungstext. Die Ermittlung der korrekten Werte ist deshalb nicht trivial, weil nun nicht Attribute des aktiven Zeichnungsobjektes, sondern seiner Vorgänger angezeigt werden müssen. Erschwerend kommt hinzu, dass oftmals weitere Einschränkungen bestehen, wie beispielsweise: Im Änderungsblock sollen die letzten fünf Vorgängerversionen der Zeichnung angezeigt werden, die entweder im Status „Released“ oder „Obsolete“ sind, nicht jedoch die erste Version einer Zeichnung.

Die Funktion zur Ermittlung dieser Werte muss also nach flexiblen Kriterien die Datenbasis durchsuchen und die entsprechenden Attribute der gefundenen Objekte abfragen. Die Regeln für die Ermittlung der Einträge des Änderungsblocks werden mit Hilfe von Einstellungen innerhalb der Initialisierungsoptionen des PDM-Systems eingegeben. Dazu wird die von dem PDM-System SmarTeam verwendete INI-Datei „smteam32.ini“ verwendet, wobei die folgenden neuen Einträge definiert werden:

RevisionBlockRows	= <number>
RevisionBlockShownBlankRev	= < 0 / 1>
ShowReleasedDocsOnly	= < 0 / 1>

Der erste Wert **RevisionBlockRows** wird verwendet, um die Anzahl der Zeilen des Änderungsblocks anzugeben. Dadurch wird vorgegeben, wie oft die Funktion nach einem geeigneten Objekt sucht. Als Wert können positive ganze Zahlen eingetragen werden. Die beiden folgenden Einträge dienen der Feststellung, ob ein gefundenes Objekt in den Änderungsblock aufgenommen wird. Hier ist jeweils nur eine Eingabe von 0 oder 1 möglich, analog einem Schalter. Ein Wert von 1 für **RevisionBlockShownBlankRev** bewirkt also, dass auch ein Objekt mit einer leeren Versionsnummer im Änderungsfeld aufgeführt wird. Der letzte Wert **ShowReleasedDocsOnly** arbeitet ebenfalls als Schalter. Bei einem Wert von 1 werden nur Objekte im Status „Released“ oder „Obsolete“ angezeigt, bei einem Wert von 0 werden auch alle übrigen Objekte aufgeführt. Generell arbeitet die Funktion in der Form, dass, ausgehend von dem aktiven Dokument, jeweils das Dokumenten-Objekt ermittelt wird, welches in dem Lebenszyklus der direkte Vorgänger des aktiven Dokuments ist. Entsprechend der oben beschriebenen Regel wird nun geprüft, ob dieses gefundene Objekt angezeigt werden kann. Die Suche wird dann mit dem gefundenen Objekt fortgesetzt, bis entweder die angegebene Zahl von Objekten gefunden worden ist oder kein Vorgänger mehr ermittelt werden kann.

6.4.2 Einbindung in die beteiligten Anwendungssysteme

In dem vorhergehenden Kapitel wurde die Integrationssoftware unter funktionalen Gesichtspunkten beschrieben. In der Folge wird nun dargestellt, wie die softwaretechnische Einbindung in die beteiligten Anwendungssysteme CAD und PDM umgesetzt wird. Daraus ergibt sich außerdem die Architektur des Integrationsmoduls. Anhand der Funktionen wird bereits klar, dass sowohl ein direkter Zugriff auf die Objekte des CAD-Systems erforderlich ist, als auch auf die Objekte und Funktionen des PDM-Systems. Sowohl das ausgewählte CAD-System SolidWorks als auch das PDM-System SmarTeam verfügen über Programmierschnittstellen, die als COM¹¹-Schnittstellen ausgeführt sind. Aus diesem Grunde wird das Integrationsmodul in der Programmiersprache C++ entwickelt, da auf diese Weise die Verbindung zu beiden Systemen hergestellt werden kann [29], [30]. Die **Abbildung 6-34** zeigt auszugsweise die Architektur der Integrationssoftware. Die zentrale Klasse **SWDoc**

¹¹ COM: Component Object Model

enthält die grundlegenden Eigenschaften und Methoden sowohl für den Zugriff auf CAD-Objekte als auch auf Objekte des PDM-Systems.

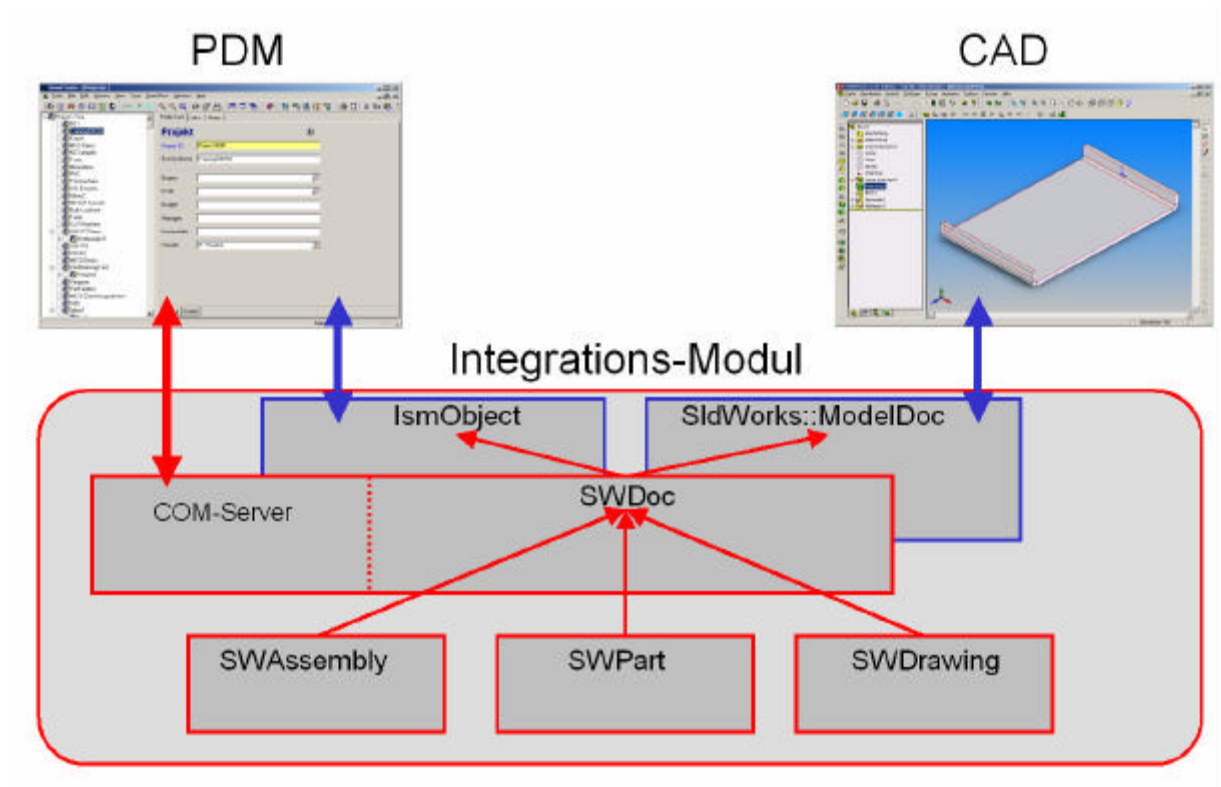


Abbildung 6-34: Architektur der Integrationssoftware

Dies wird dadurch erreicht, indem die Klasse durch Mehrfachvererbung sowohl von der SolidWorks Klasse **ModelDoc** als auch von der SmarTeam-Klasse **IsmObject** abgeleitet wird. Somit stehen die Grundfunktionalitäten beider Systeme für die Objekte der Integrationssoftware zur Verfügung. Die Klasse **SWDoc** selbst wird jedoch nicht für die Instanziierung von Objekten verwendet. Sie dient wiederum als Basisklasse für die spezifischen Klassen zur Beschreibung von Baugruppen, Teilen und Zeichnungen, **SWAssembly**, **SWPart** und **SWDrawing**. Die Integrationssoftware nutzt als Client die Funktionen, die von den COM-Servern der CAD- und PDM-Seite exportiert werden für den Zugriff auf die jeweiligen Datenstrukturen. Daneben ist es jedoch auch erforderlich, dass von der Integrationssoftware selbst Funktionen exportiert werden, die ihrerseits von dem PDM-System aus erreichbar sind. Auf diese Art und Weise können Funktionen der Integrationssoftware in Standardabläufe des PDM-Systems integriert werden. Dies wird im vorliegenden Fall dadurch ermöglicht, dass innerhalb des Integrationsmoduls ebenfalls ein COM-Server implementiert ist, der die benötigten Funktionen exportiert. Im folgenden wird nun die Einbindung in die beteiligten Systeme tiefer beschrieben.

6.4.2.1 Einbindung in das CAD-System

Das CAD-System SolidWorks verfügt über eine objektorientierte COM-API. Dementsprechend können Anwendungsprogramme in den Programmiersprachen Visual Basic oder C/C++ die SolidWorks Bibliotheken nutzen.

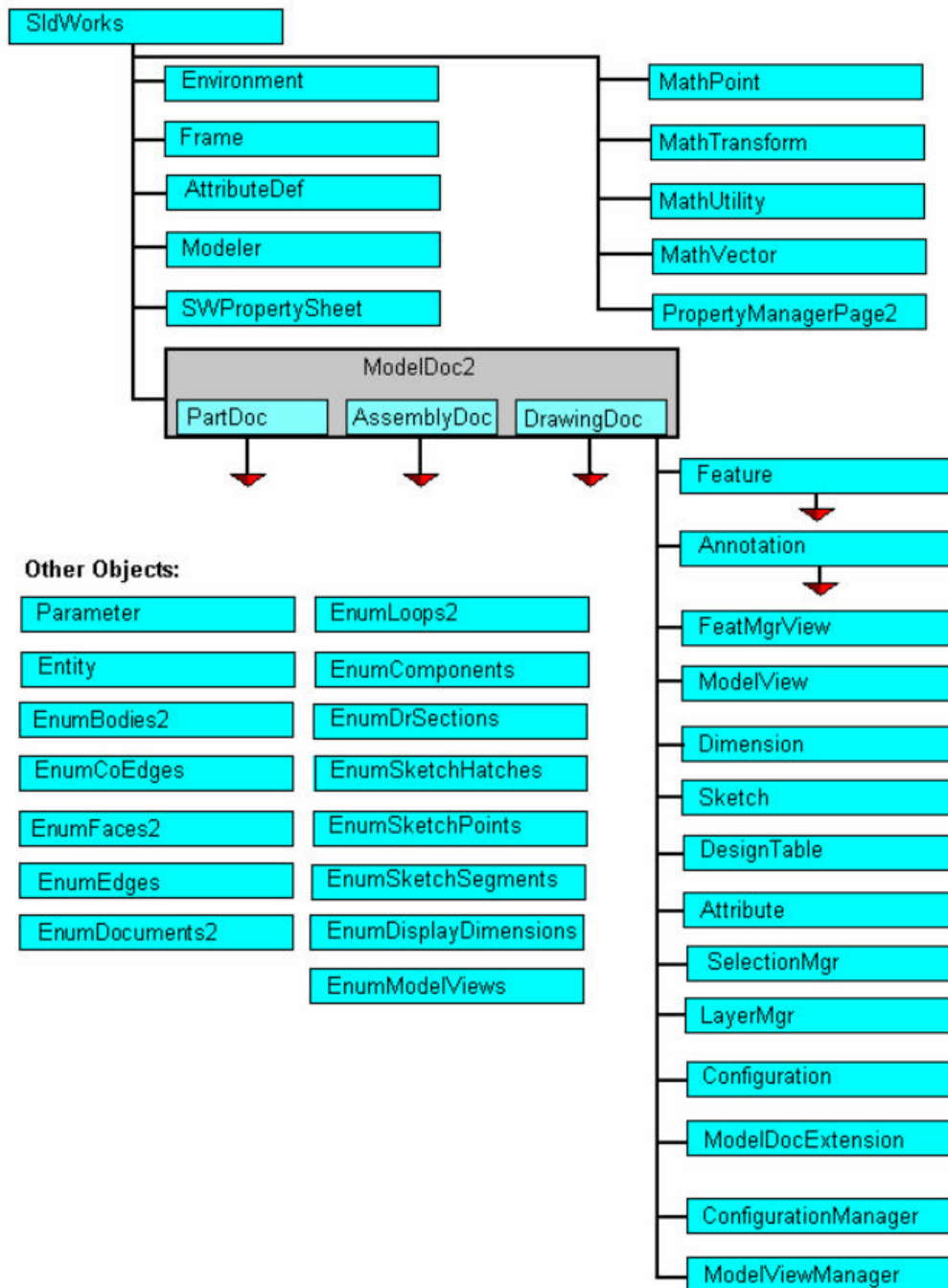


Abbildung 6-35: Beispielhafter Auszug der SolidWorks Objekt-Hierarchie

Ein Anwendungsprogramm erhält über die COM-Schnittstelle [31] direkten Zugriff auf SolidWorks-Objekte, wie Dateien, Teile, Features etc.. Insgesamt exportiert SolidWorks über die Objekt-Methoden mehrere hundert Funktionen. Den grundsätzlichen Aufbau einer Objekt-Hierarchie zeigt Abbildung 6-35. Damit besteht die Möglichkeit, auf die komplette Datenstruktur eines CAD-Dokumentes zuzugreifen. Wenn auch in erster Linie die Funktionen der Integrationssoftware in dem PDM-System angesiedelt sind, ist doch der Zugriff auf Informationen des CAD-Systems erforderlich. So müssen zum Beispiel für den Austausch der Schriftfeldattribute die Attributwerte innerhalb einer SolidWorks-Zeichnung verändert werden.

Das Listing in **Abbildung 6-36** zeigt beispielhaft, wie der Zugriff auf SolidWorks-Attribute innerhalb einer C++-Anwendung realisiert wird.

Die Einbindung der Integrationssoftware in das CAD-System findet analog zu der Aktivierung der PDM-Schnittstelle bei Start des Systems statt. SolidWorks gestattet die Einbindung so genannter Zusatzanwendungen über die Systemoptionen. Dadurch steht die Funktionalität des Integrationsmoduls jederzeit während einer CAD-Arbeitssitzung zur Verfügung.

Die Aktivierung einzelner Funktionen wird durch die Nutzung des Ereignis-Behandlungs-Modells von SolidWorks erreicht. Dieses gestattet eine ereignisgesteuerte Programmierung. Das Prinzip der ereignisgesteuerten Programmierung wird im Zuge der Einbindung in das PDM-System ausführlich erklärt, da es dort ebenfalls angewendet wird.


```

void userApplication::createAttributeInstance(int attribType)
{
    ASSERT (m_AttrDef1 != NULL && m_AttrDef2 != NULL);

    // Get the last selected object, create an attribute on that object.
    // If no object is selected, create the attribute instance on the document

    // Since the "Create Attribute" menu item will only be enabled
    // on valid selections (via UpdateMenuState)
    // there is no need to verify the selection here.

    long selType;
    VARIANT_BOOL isInEditTarget;
    LPUNKNOWN pUnk = getLastSelectedObject(&selType, &isInEditTarget);

    // Get the selected Entity (if any)
    LPENTITY pEntity = NULL;
    if (pUnk != NULL)
    {
        HRESULT hres = pUnk->QueryInterface( IID IEntity, (LPVOID*)&pEntity );
        pUnk->Release();
    }

    // Create a unique attribute instance name
    CString attrName;
    LPATTRIBUTE attribOut = NULL;
    if (attribType == 1)
    {
        attr1Count++;
        attrName.Format(_T("AttrDef1-%d"), attr1Count);
        HRESULT hres = m_AttrDef1->ICreateInstance( m_pActiveDoc,
            pEntity, au2B(attrName), &attribOut );
    }
    else
    {
        attr2Count++;
        attrName.Format(_T("AttrDef2-%d"), attr2Count);
        HRESULT hres = m_AttrDef2->ICreateInstance( m_pActiveDoc,
            pEntity, au2B(attrName), &attribOut );
    }

    ASSERT(attribOut != NULL);

    ULONG refCount = attribOut->Release();
    if (pEntity != NULL)
        refCount = pEntity->Release();
}

```

Abbildung 6-36: Beispiel-Code - Attributdefinition in SolidWorks

6.4.2.2 Einbindung in das PDM-System

Die Einbindung in SmarTeam ist teilweise ähnlich wie in SolidWorks. Auch hier werden mit Hilfe der COM-API die Funktionen für den Zugriff auf die interne Datenstruktur importiert. Im Gegensatz zu der Einbindung in das CAD-System spielt jedoch die Aktivierung der Integrationsfunktionen durch den Benutzer nur eine untergeordnete Rolle. Vielmehr muss hier ein Aufbau entwickelt werden, der sowohl eine interaktive als auch eine automatische Aktivierung der Integrationsfunktionen ermöglicht. Dies ist beispielsweise erforderlich, um die bereits angesprochenen Regelüberprüfungen zu aktivieren, die bei den Freigabefunktionen des PDM-Systems stets ausgeführt werden müssen. Genau wie SolidWorks, so verfügt auch SmarTeam über ein Modell, welches eine ereignisgesteuerte Programmierung ermöglicht.

Dazu hält SmarTeam mit dem Hilfsprogramm „*ScriptMaintenance*“ ein Werkzeug bereit, welches die Zuordnung neuer Funktionen zu Ereignissen erlaubt. Das Prinzip eines ereignisgesteuerten Programms kann an diesem Beispiel erklärt werden. Gemäß dem Paradigma der objektorientierten Programmierung besteht ein objektorientiertes Computerprogramm zur Laufzeit aus einer Anzahl eigenständiger Objekte. Im Gegensatz zur prozeduralen Programmierung existiert hier kein vorherbestimmter fester Ablauf des Programms. Dieser ergibt sich vielmehr dadurch, dass die Objekte individuell auf bestimmte Nachrichten oder Ereignisse reagieren. Innerhalb des Systems SmarTeam ist nun bereits eine große Anzahl von Ereignissen definiert, die innerhalb des Systems auftreten können. Ein Beispiel dafür ist das Ereignis „*Edit*“, welches eintritt, wenn für ein Objekt die Funktion „*Bearbeiten*“ ausgewählt wurde. Bei der Definition von Klassen legt der Programmierer dann mit Hilfe der Methoden fest, wie ein Objekt ein auftretendes Ereignis behandelt, und legt damit das Verhalten des Objektes fest. Wie in **Abbildung 6-37** dargestellt, kann innerhalb des Hilfsprogramms „*ScriptMaintenance*“ für jede im linken Fensterbereich aufgeführte Klasse diese Ereignisbehandlung definiert werden

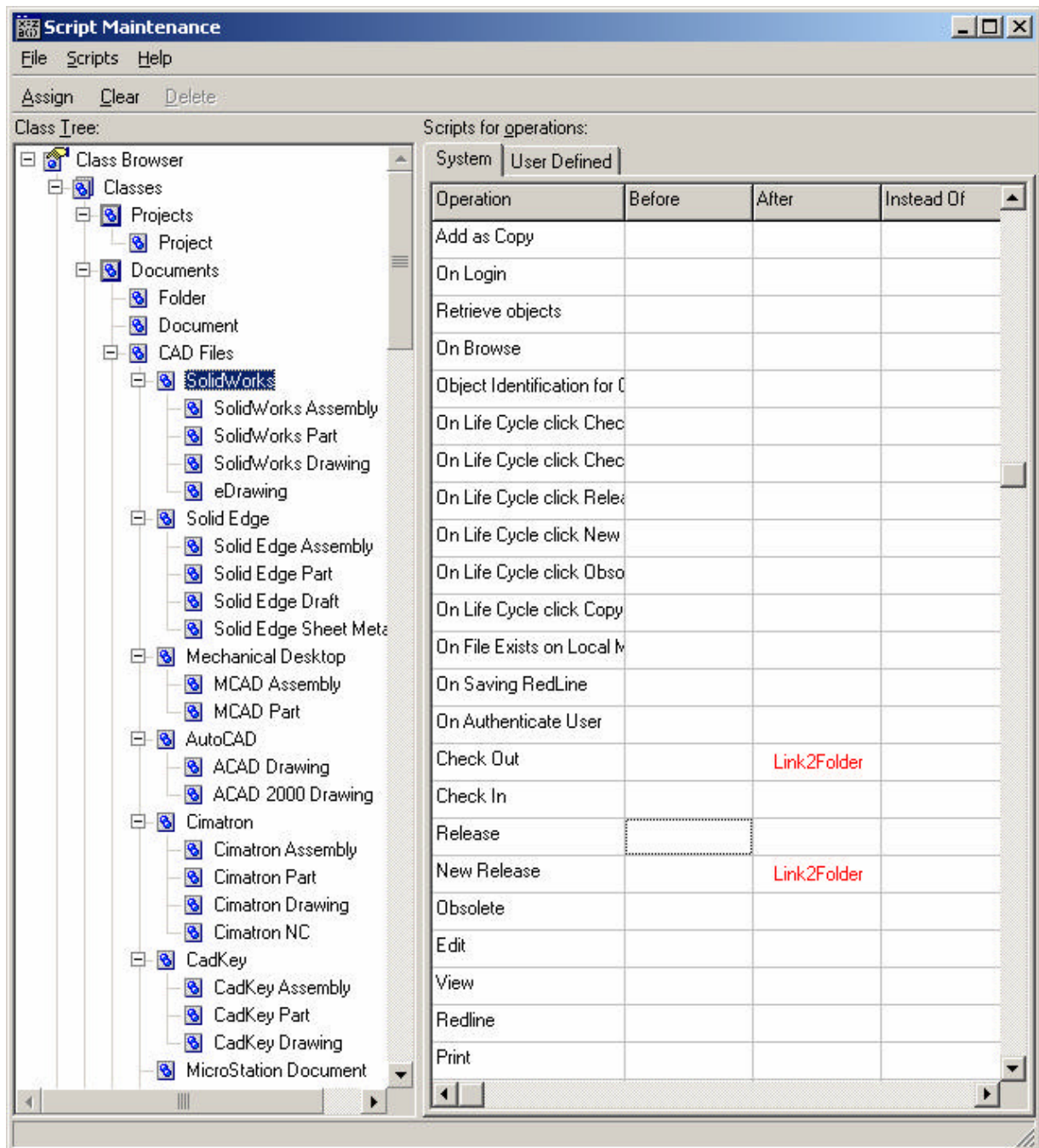


Abbildung 6-37: Zuweisung von Funktionen zu PDM-Ereignissen

Dazu wird für die ausgewählte Klasse in dem rechten Fensterbereich eine Liste aller möglichen Ereignisse angezeigt. In dieser Liste existieren für jedes Ereignis jeweils drei Felder mit den Titeln „Before“, „After“ und „Instead Of“. Jedem dieser Felder kann der Programmierer ein Visual Basic-Skript zuordnen, welches dann entweder vor, nach oder an Stelle der Standardbehandlung durch SmarTeam ausgeführt wird. Die Einbindung von Funktionalitäten in SmarTeam erfolgt also immer über Visual Basic-Skripte. Um die

Funktionen der Integrationssoftware hier verfügbar zu machen, wird diese durch einen COM-Server exportiert, welcher aus den jeweiligen Skripten aufgerufen werden kann.

In **Abbildung 6-38** ist beispielhaft das Visual Basic Skript aufgeführt, welches im Zuge der Lifecycle-Operationen der Integrationssoftware nach den Ereignissen „*Check In*“ und „*Release*“ aufgerufen wird.

```
Function LfcCallback(ApplHndl As Long,Sstr As String,
    FirstPar As Long,SecondPar As Long,
    ThirdPar As Long ) As Integer
    Dim SmSession As SmApplic.SmSession
    Dim FirstRec As Object
    Dim SecondRec As Object
    Dim ThirdRec As Object
    Dim SWMain As Object
    Dim SmRec As ISmRecord
    Dim SmObject As ISmObject

    Dim StrClassId As String
    Dim StrObjectId As String
    Dim ISmObject As SmApplic.ISmObject

    MsgBox "Here i am!"
    Converting ApplHndl to SmSession
    Set SmSession = SCREXT_ObjectForInterface(ApplHndl)
    Converting three record lists into COM SmRecordList objects
    CONV_RecListToComRecordList FirstPar,FirstRec
    CONV_RecListToComRecordList SecondPar,SecondRec
    CONV_RecListToComRecordList ThirdPar,ThirdRec

    If sStr = "CHECKIN" or sStr = "APPROVE" Then
    Set SWMain = CreateObject ( "stswconsvr.swconsvr" )
    If SWMain.bInIt Then
        StrClassId = FirstRec.ValueAsString ("CLASS_ID", 0)
        StrObjectId = FirstRec.ValueAsString ("OBJECT_ID", 0)
        SWMain.LfcCallBack StrClassId, StrObjectId
    End If
    End If
    Set SWMain = Nothing

End Function
```

Abbildung 6-38: Beispiel-Code - Aufruf COM-Server aus Visual Basic

In diesem Skript wird keine tiefere Bearbeitung vorgenommen. Diese findet innerhalb des Integrationsmoduls statt. Die Visual Basic-Skripte stellen lediglich die Verbindungsstelle zu diesem dar. Dazu wird hier ein Objekt **SWMain** erzeugt. Dieses Objekt stellt die

Schnittstelle des COM-Servers dar und exportiert die Funktionalität des Integrationsmoduls. In der gelb hervorgehobenen Zeile wird diese nun durch Aufruf der Funktion **LfcCallBack** aktiviert. Dieses Schema wird für alle exportierten Funktionen des Integrationsmoduls angewendet.

6.4.2.3 Einbindung in SolidCAM und COSMOSWorks

Wie bereits in Kapitel 4 beschrieben wurde, besteht ein großer Vorteil der ausgewählten Standardsoftware darin, dass die Systeme für die Simulation (COSMOSWorks) mit Hilfe der FEM sowie das SolidCAM-System keine eigenständigen Applikationen sind. Da diese Systeme als Plug-In innerhalb des CAD-Systems ausgeführt werden, kann ihre Integration innerhalb der Einbindung des CAD-Systems erfolgen.

Der Zugriff auf Daten dieser Softwarekomponenten erfolgt in der gleichen Weise mit Hilfe der SolidWorks COM-API wie auf die reinen CAD-Daten. Im Vergleich zu der CAD-Einbindung müssen jedoch die folgenden zusätzlichen Funktionalitäten implementiert werden.

Im Rahmen der Speicher-Funktion ist zu berücksichtigen, dass nun zu den bisher bekannten fundamentalen Dokument-Typen Baugruppe, Teil und Zeichnung noch die FEM-Dokumente sowie CAM-Modelle und NC-Programme hinzu kommen. Die Feststellung, welcher Dokument-Typ vorliegt, kann über das globale Environment-Objekt (vgl. Abbildung 6-35) in Verbindung mit dem ModelDoc-Objekt der jeweils aktuellen Datei erfolgen.

Die Einbindung des FEM-Systems besteht im Wesentlichen aus der Erweiterung der CAD-Einbindung um die Dokumentart „FEM-Modell“. Im Bereich der CAM-Einbindung wird ebenfalls der Dokumenten-Typ „CAM-Modell“ hinzugefügt.

Die CAM-Bearbeitung verläuft vereinfacht nach folgendem Schema ab. Das CAD-Modell des zu fertigenden Bauteils wird mit Hilfe der CAM-Softwarekomponente bearbeitet. Dabei werden dem Modell zusätzliche Informationen hinzugefügt. Dies sind einerseits maschinen-spezifische Informationen, wie das Koordinatensystem mit den Bearbeitungsachsen und andererseits fertigungsrelevante Informationen. So wird in aller Regel zunächst die Kontur eines Rohteils definiert, welches als Ausgangspunkt für die Ermittlung der Fertigungs-informationen dient. Diese Fertigungsinformationen schließen die Auswahl der anzuwendenden Fertigungsverfahren und der einzelnen Fertigungsschritte ein. Das CAM-Modul ermittelt auf Grund dieser Benutzereingaben nun selbstständig die Fertigungsprogramme mit

den zugehörigen Werkzeugverfahrwegen. Alle diese Informationen werden innerhalb des CAM-Modells abgelegt und von den erweiterten Funktionen des Integrations-Moduls erfasst. Für die nachfolgende Fertigung ist jedoch darüber hinaus ein NC-Programm zur Steuerung der Werkzeugmaschine zu erstellen. Dieses NC-Programm lässt sich in Form einer separaten ASCII-Datei speichern, welche von der Steuerung der NC-Maschine eingelesen und interpretiert werden kann.

Im Sinne des Datenmanagements entspricht die Beziehung zwischen NC-Programm und CAM-Modell der Beziehung zwischen einer abgeleiteten CAD-Zeichnung und dem 3D-Modell. Auch hier besteht eine Abhängigkeit des NC-Programms von dem CAM-Modell. Daher wird ein NC-Programm von dem Integrations-Modul in der gleichen Weise behandelt wie eine CAD-Zeichnung. Es wird also ein eigenes Objekt innerhalb des PDM-Systems zur Beschreibung der NC-Datei erstellt und über eine Referenz mit dem zugehörigen CAM-Modell verknüpft.

6.5 Entwicklung eines Handbuches für Konstruktions- und Anwendungsrichtlinien

Die Einhaltung der in diesem Konzept entwickelten Konstruktions-Richtlinien ist für eine erfolgreiche Umsetzung in der Praxis enorm wichtig. Da die Summe aller Regeln und Richtlinien im Detail noch einen deutlich höheren Umfang hat, als hier beispielhaft dargestellt, muss davon ausgegangen werden, dass nicht jeder Benutzer stets alle Richtlinien im Kopf haben kann.

Daher wird eine detaillierte Aufstellung aller formulierten Regeln in Form eines Konstruktions-Handbuches (siehe Konstruktionsrichtlinie im Anhang) erstellt und jedem Benutzer zur Verfügung gestellt. Dieses Konstruktions-Handbuch wird als On-Line-Dokument im HTML¹²-Format erzeugt und auf allen Arbeitsplatzrechnern gemäß **Abbildung 6-39** veröffentlicht. Bei HTML handelt es sich um das Standardformat für die Präsentation von Informationen im Internet. HTML-Dokumente können mit jedem Internet-Browser angesehen werden. Durch die Möglichkeit der Verlinkung innerhalb eines Dokumentes können Querverweise zu verwandten Themengebieten eingebracht werden.

¹² HTML: Hyper Text Markup Language

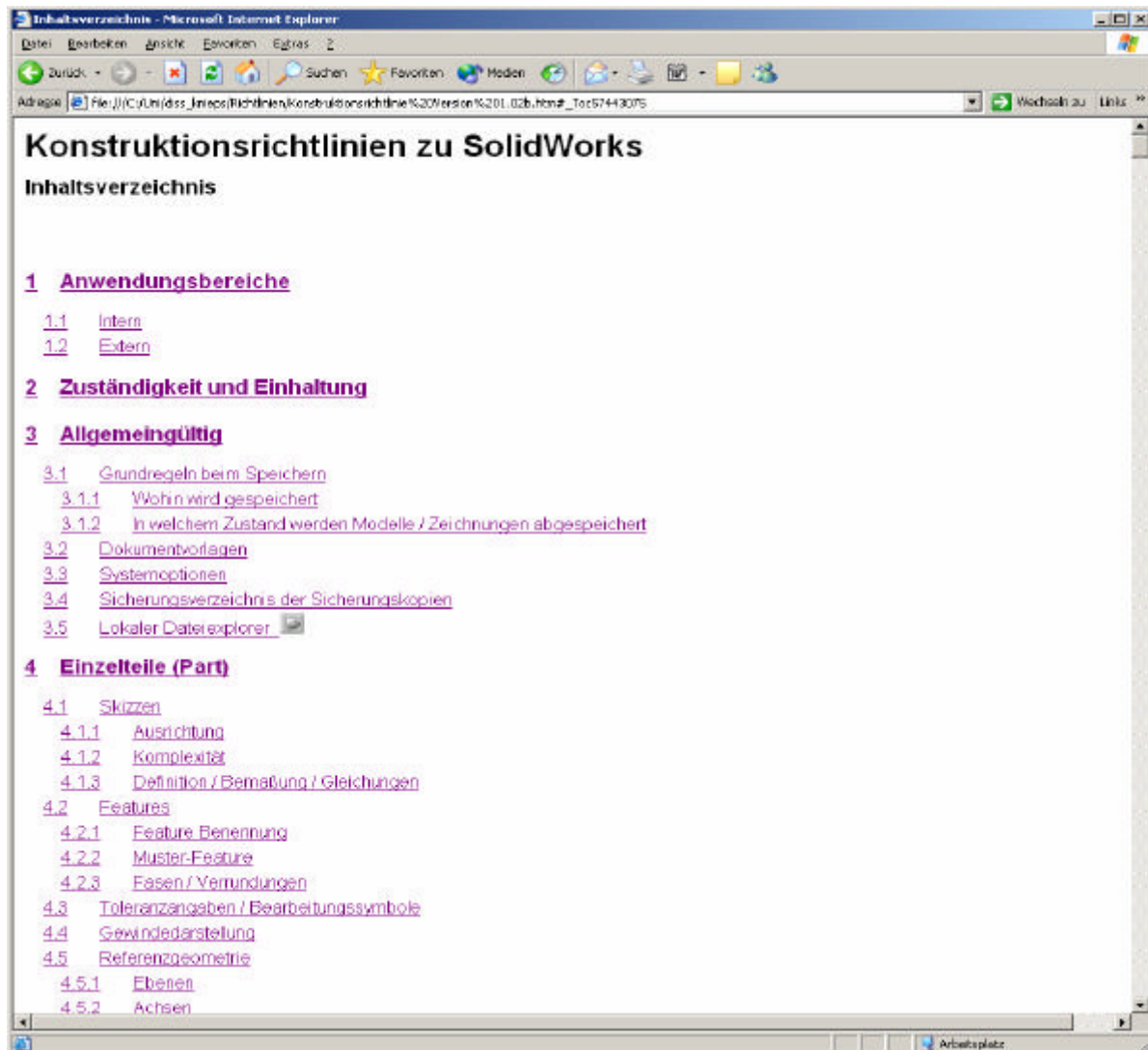


Abbildung 6-39: Inhaltsverzeichnis des Konstruktionshandbuches

So zeigt die Abbildung 6-39 beispielhaft das Inhaltsverzeichnis des Konstruktions-Handbuches. Durch Auswählen einer der Überschriften gelangt der Benutzer automatisch zu dem entsprechenden Artikel, wie in **Abbildung 6-40** dargestellt, einer Anleitung zum Erstellen von Schweißkonstruktionen. Die konkreten Erläuterungen werden jeweils durch Abbildungen unterstützt. Das Handbuch kann außerdem im Rahmen der Einarbeitung neuer Mitarbeiter eingesetzt werden und leistet auch dort einen Beitrag zu einer Verkürzung der Einarbeitungszeit.

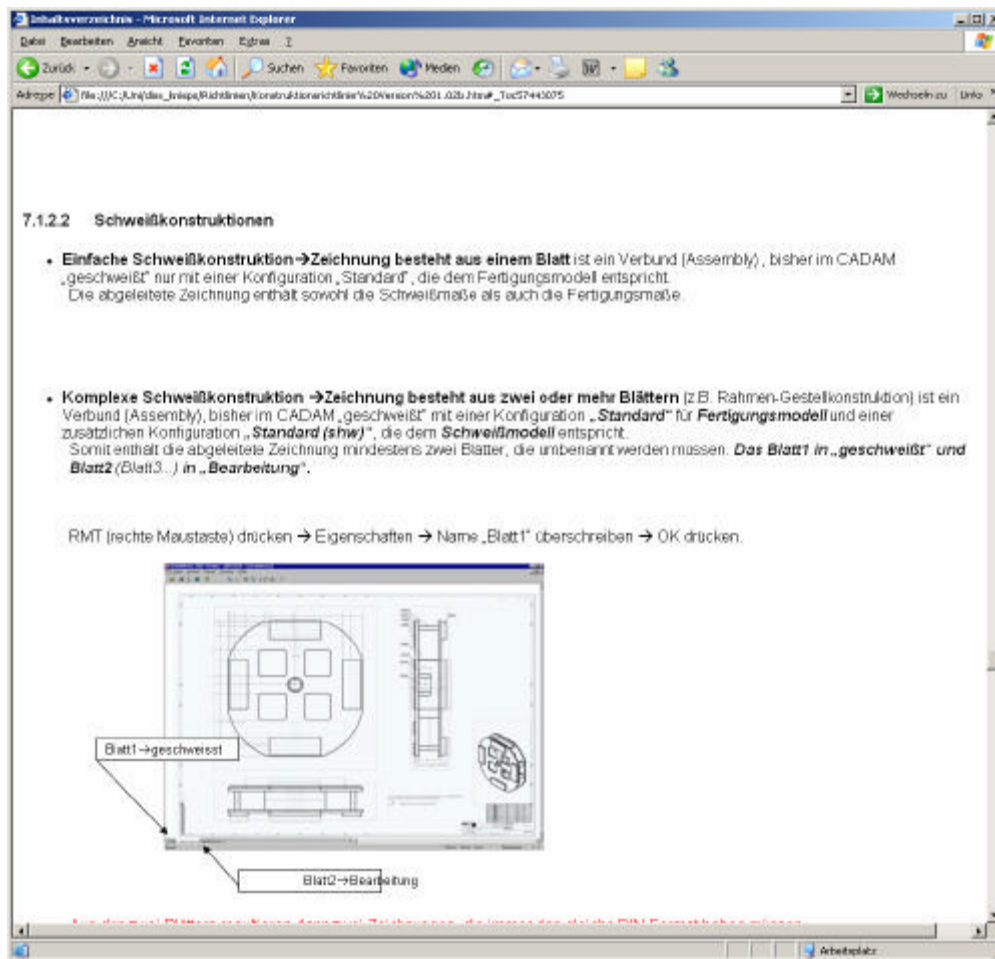


Abbildung 6-40: Auszug aus dem Entwicklungshandbuch

Damit sind alle Voraussetzungen für ein effizientes Arbeiten mit einem 3D-CAD-System in Verbindung mit einem PDM-System geschaffen, so dass nunmehr ein Pilotunternehmen zu suchen ist, welches die Einführung des Konzeptes trägt und eventuell die Richtigkeit des Konzeptes bestätigt.

7 Beispielhafte Realisierung

Für die Umsetzung eines derartig umfangreichen Konzeptes können nur Unternehmen gewonnen werden, die auf der einen Seite auf Grund eines enormen Konkurrenzdruckes zu einer entsprechenden Neugestaltung gezwungen sind und die auf der anderen Seite die Notwendigkeit einsehen und ein Projekt dieser Größenordnung auch intensiv unterstützen. Dies bedeutet für das Unternehmen in der Phase der Einführung und Umsetzung neben dem zusätzlichen Finanzbedarf gleichzeitig einen erhöhten Personalbedarf für diese neue Entwicklung, da zumindest über einen gewissen Zeitraum die vorhandene und die neue Produktentwicklung nebeneinander herlaufen müssen [32], [33].

Auf den ersten Blick wäre es ideal, wenn ein neugegründetes Unternehmen, welches mit der Entwicklung von Produkten beginnt, auf der Basis dieses Konzeptes seine Produktentwicklung vornimmt. Aber eben nur auf den ersten Blick, denn auf den zweiten Blick wird deutlich, dass diesem Unternehmen jegliche Erfahrung fehlen würde, um eine derartige Vorgehensweise auch in die Tat umzusetzen. Der Idealfall für die Umsetzung des Konzeptes ist eine Mischung aus beiden Blickwinkeln. Dieser Anwendungsfall konnte im vorliegenden Beispiel gefunden werden, da das Unternehmen, in welchem die Analyse durchgeführt worden ist, einerseits eine 50-jährige Erfahrung in der Entwicklung von Verpackungsmaschinen besitzt und andererseits momentan eine völlig neue Verpackungsmaschine konstruieren beziehungsweise entwickeln möchte. Deshalb soll diese Möglichkeit für die Umsetzung in Betracht kommen.

7.1 *Auswahl eines Unternehmen als Pilotanwendung*

Bei dem Pilotanwender handelt es sich um ein Unternehmen, welches mit ca. 300 Mitarbeitern eine bedeutende Rolle in der Branche der Verpackungstechnik inne hat und darüber hinaus weltweit tätig ist. Im Rahmen eines Firmenverbundes zeichnet sich das Unternehmen durch hoch innovative und kundengerechte Verpackungslösungen aus und kann dadurch seine Marktposition und technische Kompetenz auch in Zeiten einer Wirtschaftskrise auf dem Markt behaupten. Das Unternehmen hat, wie die IST-Analyse gezeigt hat, in den letzten Jahren in einzelnen Bereichen des Unternehmens ein 2D-System zur Erstellung der Konstruktionsunterlagen benutzt.

Vor ca. 3 Jahren begannen die ersten Überlegungen, die gesamte Konstruktion auf ein 3D-CAD-System umzustellen. Mit der fachmännischen Unterstützung eines externen Beraters, hier des Verfassers, wurde nach diversen Benchmarktests das CAD-System SolidWorks ausgewählt. Nach einigen Versuchen im Umgang mit SolidWorks in diesem Unternehmen, wurde sehr schnell erkannt, dass die Einführung und Umsetzung der 3D-Konstruktion ohne ein Konzept wenig Sinn macht. Ebenso ist seit einiger Zeit bekannt, dass die Einführung eines CAD-Systems allein nicht ausreicht, da neben den so genannten „Konstruktions-Daten“ weitere „produktspezifischen Daten“ anfallen, die auch der jeweiligen Maschine in irgendeiner Form zuzuordnen sind. Letzteres kann nur, wie das Konzept gezeigt hat, durch Kombination mit einem PDM-System realisiert werden.

Da aber zufällig zur selben Zeit ein völlig neues Produkt in der Planung war, entschied die Geschäftsleitung, dass die Entwicklung dieser Maschine komplett mit dem neuen CAD-System konstruiert und mit Hilfe des PDM-Systems verwaltet werden sollte. Damit war das Hauptproblem bei derartigen Systemumstellungen, nämlich der sukzessive System-Austausch bei laufendem Betrieb, nicht zu befürchten. Nach Fertigstellung dieses umfangreichen Projektes liegen sicherlich genügend Erfahrungen vor, so dass ein breiter umfassender Einsatz des Konzeptes in diesem Unternehmen keine großen Probleme bereiten dürfte.

7.2 Vorgehensweise bei der Umsetzung

Die Umsetzung des Konzeptes lässt sich natürlich nicht per Knopfdruck vornehmen, auch wenn genügend Mitarbeiter mit den erforderlichen Kenntnissen im Bereich der Konstruktion vorhanden sind. Hier gilt es insbesondere, die von vielen Mitarbeitern gewohnten jahrelangen Arbeitsweisen aufzubrechen und diese auf eine völlig andere Vorgehensweise einzustimmen. Als Pilot-Team wurde aus der Fachabteilung, welche zu diesem Zeitpunkt mit der grundsätzlichen Neuentwicklung der o.g. Maschine startete, zunächst eine Gruppe von etwa 10 Personen ausgewählt, die sich aus Konstrukteuren und Technischen Zeichnern zusammensetzte [34].

Für diese Gruppe wurde das Einführungskonzept gemäß **Abbildung 7-1** entwickelt, welches einen Zeitraum von 2 Jahren umfasst und zunächst nur die Installation des CAD- und des PDM-Systems zum Inhalt hat. Die Erweiterung mit den Software-Komponenten für die Fertigung und die Berechnungen soll erst nach Abschluss dieses Projektes in Angriff genommen werden, um das Pilot-Team nicht zu überfordern. Inwieweit dieser Zeitplan

eingehalten wird, lässt sich vorab nicht mit Sicherheit sagen. Neben den Schwierigkeiten des Umdenkens für den Konstrukteur, gemeint ist das Problem des neuen räumlichen Denkens, können sicherlich auch firmenspezifische Gegebenheiten den hier vorgeschlagenen Zeitplan ändern beziehungsweise verlängern.

Der Schwerpunkt der Umschulung liegt in der Pilotphase, in welcher der Umgang mit dem 3D-CAD-System intensiv trainiert werden soll. Gleichzeitig muss dieses Pilot-Team die Konstruktions- und Anwendungsrichtlinien erarbeiten, die eine flächendeckende Übertragung der Vorgehensweisen bezüglich der Konstruktionsgestaltung auch auf andere Fachabteilungen ermöglichen (vgl. Rolloutphase, in Abbildung 7-1). Erst nach dieser Übertragung auf andere Abteilungen ist auch die eingangs geforderte Übernahme der so genannten Altdaten möglich. Den Abschluss bildet die spätere unternehmensweite Anbindung auf der Basis eines Webservers.

Der hier kalkulierte Zeitplan ist in verschiedene Bereiche unterteilt, die jeweils inhaltlich zusammenpassen. In der Praxis lässt sich dies sicherlich aus den vorab genannten Gründen nicht ganz so streng handhaben. Des weiteren können bei der Bearbeitung hin und wieder Situationen eintreten, die zu einem Vergleich der heutigen mit der früheren Vorgehensweise führen und sich ebenfalls negativ auf die Einhaltung des Zeitplanes auswirken. Darüber hinaus sind im Zeitplan einige Felder mit Buchstaben gekennzeichnet, die folgende Bedeutung haben:

- D Tätigkeiten des externen Dienstleisters
- P Tätigkeiten des externen Programmierers
- X Ergänzung des Konstruktionshandbuches.

Die Erstellung eines unternehmensspezifischen Konstruktionshandbuches lässt sich nicht vorab nur auf Grund der Erfahrung einzelner Konstrukteure formulieren; vielmehr muss diese Tätigkeit parallel zu der neu entdeckten Arbeitsweise mit dem neuen Konstruktionsmedium SolidWorks erfolgen. Deshalb taucht auch in dem Grobkonzept immer wieder der Unterpunkt „*Erg. Kon.-Richtl.*“ auf; da die Konstruktions-Richtlinien bei laufendem Betrieb ständig ergänzt werden. Ja selbst nach Abschluss der **Pilotphase** werden immer wieder neue Erkenntnisse gewonnen, die eine Ergänzung des Konstruktionshandbuches rechtfertigen.

Monat -->	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	Pilotphase												Rolloutphase -->												
1.1	Kon.Richtl. (Grundgerüst)	D	D																						
	3D-CAD - Einführung																								
1.2	Installation im Pilotbereich	D																							
1.3	Schulung des Pilotteams		■																						
1.4	Bearbeitung Einzelteile			■	■																				
1.5	Erg. Kon. Richtl. Einzelteile				X	X	X	X																	
1.6	Integrationsmoduls (Grundstufe)				P	P	P																		
	PDM - Einführung																								
1.7	Installation und Konfiguration				D																				
1.8	Schulung des Pilotteams					■																			
1.9	Einarbeitung in PDM						■																		
1.10	Entwicklung des Datenmodells							■	■																
1.11	Programmierung Sonderfunktionen								P	P															
1.12	Erg. Kon. Richtl. Datenverwaltung							X	X	X	X	X													
	3D-CAD/PDM - Abstimmung																								
1.13	Diskussion Zeichnungskopfattribute									■															
1.14	Erstellung der Zeichnungsvorlagen										■														
1.15	Anpassung des Integrationsmoduls											P													
1.16	Schulung 2D - Zeichnungsableitung												■												
1.17	Bearbeitung 2D-Zeichnungsableitung													■											
1.18	Erg. Kon. Richtl. 2D-Zeichnungsabl.													X	X	X									
	3D-CAD - Fortsetzung																								
1.19	Schulung Baugruppenmodellierung																								
1.20	Bearbeitung Baugruppenmodellierung																								
1.21	Erg. Kon. Richtl. Baugruppen														X	X	X	X							
	3D-CAD - Normteile																								
1.22	Erstellung der Normteilliste																								
1.23	Sortieren der Normteildaten																								
1.24	Import Normteildaten in VarBox																								
1.25	Bearbeitung Normteile																								
1.26	Ergänzung Baugruppen																								
1.27	Erg. Kon. Richtl. Normteile																								
2.0	Installation Plotsystem																								
	3D-CAD - Unternehmensweit																								
3.1	Installation in den Fachabteilungen																								
3.2	Schulung Fachabteilungen																								
3.3	Bearbeitung Einzelteile / Baugruppen																								
3.4	Erg. Kon. Richtl. Fachabteilungen																								
	PDM - Fortsetzung																								
4.1	Weiterentwicklung Datenmodell																								
4.2	Einscannen Papier-Zeichnungen																								
4.3	Import gescannte Daten																								
4.4	Import Altdateien aus ZVS																								
	Webserver																								
5.1	Webserverfunktionalität																								
5.2	Webserverprogrammierung																								
5.3	Webserverfreigabe																								

Abbildung 7-1: Grobkonzept für die Einführung der 3D-Konstruktion

Deshalb könnten die jeweiligen Spalten auf der ganzen Länge ein „X“ erhalten, da zum Beispiel auch nach der Schulung der Baugruppenmodellierung auf Grund neuer Erkenntnisse auch noch „*Erg. Kon.-Richtl.*“ der Einzelteile durchgeführt werden [35]. Im Folgenden soll nun kurz auf die einzelnen Unterpunkte des Grobkonzeptes eingegangen werden:

1.1 Kon. Richtl. (Grundgerüst)

Den Ausgangspunkt für die Umsetzung des Konzeptes bildet ein Grundgerüst für die Konstruktionsrichtlinien des Verfassers gemäß Abbildung 6-39, die aber keinerlei unternehmensspezifische Vorgehensweisen beinhalten. Hierbei handelt es sich lediglich um eine Grobkonzept mit den wesentlichen Gliederungspunkten, wie diese sich aus einer jahrelangen Erfahrung im Umgang mit einem 3D-CAD-System ergeben haben.

3D-CAD - Einführung

1.2 Installation im Pilotbereich

Vor der Durchführung der Schulung werden die Rechner des Pilot-Teams mit der entsprechenden 3D-Software SolidWorks versehen, damit unmittelbar nach der Schulung mit der eigentlichen Pilotphase begonnen werden kann.

1.3 Schulung des Pilot-Teams

Das Pilot-Team erhält zunächst eine Standard-Schulung für die Handhabung von SolidWorks, wobei nur die Grundfunktionen aller System-Bereiche vermittelt werden. Allerdings werden schon während dieser Schulung Schwerpunkte definiert, welche in zukünftigen Schulungen tiefergehend behandelt werden.

1.4 Bearbeitung der Einzelteile

Im Folgenden werden alle Möglichkeiten der Generierung von Einzelteilen - mit Hilfe von Skizze oder mittels Feature, etc. - besprochen.

1.5 Erg. Kon. Richtl. Einzelteile

Die Erfahrungen, die das Pilot-Team bei der täglichen Arbeit sammelt, fließen direkt in die Konstruktionsrichtlinien ein. Im Wesentlichen sind dies anfänglich nur die Erkenntnisse über den grundsätzlichen Aufbau von 3D-Einzelteilen. Mit der sich ständig weiterentwickelnden Systemeinführung werden über den gesamten Zeitraum der Pilotphase die Konstruktionsrichtlinien bezüglich der Teilemodellierung immer weiter ergänzt.

1.6 Integrationsmodul (Grundstufe)

Die Generierung der Funktionalitäten für die Anbindung von SolidWorks mit SmarTeam beginnt noch vor der Installation des PDM-Systems. Im Wesentlichen handelt es sich hier um die Funktionen für die Dokumentenverwaltung. Des Weiteren werden die ersten Funktionen zur Überwachung der Konstruktionsregeln implementiert.

PDM – Einführung

1.7 Installation und Konfiguration des PDM – Systems

Die Installation des PDM-Systems auf den Rechner des Pilot-Teams ist Standard.

1.8 Schulung des Pilot-Teams

Parallel mit der Freigabe der PDM – Installation wird das Pilot-Team im Umgang mit den Grundfunktionalitäten des PDM-Systems geschult.

1.9 Einarbeitung in PDM

Bevor das Pilot-Team die Arbeit mit der erweiterten Anwendung (CAD plus PDM) aufnimmt, werden alle möglichen Einstellungen im PDM-System durchgeführt und einem einfachen Test unterzogen. Ein weitergehender Test bleibt dem Pilot-Team während des praktischen Einsatzes vorbehalten.

1.10 Entwicklung des Datenmodells

Auf der Basis der hier im Vorfeld ermittelten Informationen und unter der Berücksichtigung der Erfahrungen aus dem Umgang mit SolidWorks kann das Datenmodell im PDM - System erstellt werden.

1.11 Programmierung grundlegender Sonderfunktionen

Während der Diskussion des Datenmodells können bereits grundlegende Funktionen definiert werden, um welche das PDM-System für den Start durch den externen Dienstleister erweitert werden muss.

1.12 Erg. Kon. Richtl. Datenverwaltung

Anhand der Erfahrungen, die das Pilot-Team beim täglichen Arbeiten mit dem PDM-System macht, sowie durch das Einbinden der bereits erstellten Daten, können die grundlegenden Vorgehensweisen mit dem PDM-System in Verbindung mit dem CAD-System von dem Pilot-Team schnell erkannt werden. Darüber hinaus werden diese Vorgehensweisen, die den

Lebenszyklus eines Produktes betreffen, in Zusammenarbeit mit der Normenstelle abgestimmt und für den Eintrag in die Konstruktionsrichtlinien definiert.

3D-CAD / PDM - Abstimmung

1.13 Diskussion der Zeichnungskopfattribute

Parallel zu den ersten 3D-Gehversuchen des Pilot-Teams erfolgt in Zusammenarbeit mit den Key-Usern des Pilot-Teams, sowie Mitarbeitern der Normenstelle die Definition der erforderlichen zukünftigen Zeichnungskopfattribute. Schwierig gestaltet sich dabei für die Mitglieder, ihre bisherige mehr intuitiv, manuelle Vorgehensweise in eine EDV-gestützte, automatische Bearbeitung umzusetzen.

1.14 Erstellung der Zeichnungsvorlagen

Auf der Basis der Ergebnisse dieser Diskussion kann dann die erste Version der Zeichnungsvorlagen für SolidWorks durch das Pilot-Team erstellt werden. Die Vorlagen werden nach der Schulung der 2D-Zeichnungsableitung ergänzt.

1.15 Anpassung des Integrationsmoduls

Die Implementierung der Funktionen für das Schriftfeld, etc. kann nun erfolgen, da jetzt bekannt ist, welche Attribute aus dem PDM-System in das Schriftfeld einer Zeichnung des CAD-Systems übernommen werden.

1.16 Schulung 2D - Zeichnungsableitung

Zur Vermittlung des erforderlichen, tiefergehenden Know How für die Zeichnungserstellung ist erfahrungsgemäß eine Aufbauschulung mit dem Schwerpunkt 2D-Zeichnungsableitung notwendig.

1.17 Bearbeitung 2D-Zeichnungsableitung

Mit Hilfe der neuen Kenntnisse können nunmehr die bisher konstruierten Einzelteile in die für die Fertigung notwendigen 2D-Zeichnungen überführt werden.

1.18 Erg. Kon. Richtl. 2D-Zeichnungserstellung

Mit Kenntnis der Problematik bezüglich der Zeichnungserstellung kann dann das Kapitel Zeichnungserstellung in den Konstruktionsrichtlinien ergänzt werden.

3D-CAD – Fortsetzung

1.19 Schulung Baugruppenmodellierung

Der Schwerpunkt in der Schulung liegt im Bereich der räumlichen Positionierung, der Herstellung von Referenzen und Verknüpfungen.

1.20 Bearbeitung Baugruppenmodellierung

Der Aufbau von Baugruppen kann nun in der Folge optimiert werden, dies gilt insbesondere auch für die Erstellung von so genannten Baugruppenstrukturen, Baugruppenfeature, etc..

1.21 Erg. Kon. Richtl. Baugruppen

Neben der Ergänzung der Konstruktionsrichtlinien bezüglich des Aufbaus von Baugruppen, können dann auch mittels dieser erweiterten Kenntnisse die bereits angesprochenen Bereiche der Konstruktionsrichtlinien hinsichtlich der Einzelteile ergänzt beziehungsweise erweitert werden, weil erst jetzt die ganze Tragweite eines ungünstig modellierten Einzelteiles in allen Bereichen des CAD-Systems erkannt wird.

3D-CAD - Normteile

1.22 Erstellung der Normteilliste

In Zusammenarbeit mit den Key-Usern und der Normenstelle können nun die PPS-Daten nach den vorhandenen Normteilen untersucht werden. Hierbei wird die extrahierte Datenliste dahingehend überarbeitet, dass die Datensätze der doppelten und der kaum verwendeten Normteile entfernt werden.

1.23 Sortieren der Normteildaten

Anschließend wird diese extrahierte Liste nach der Priorität der zukünftigen Anwendung der Normteile sortiert.

1.24 Import Normteildaten in VarBox

Die sortierten Datensätze können nun entsprechend den Vorgaben für einen Einsatz in der VarBox aufbereitet und anschließend Normreihe für Normreihe in die VarBox importiert werden. Die somit vorhandenen Normteile vergrößern die Anwendungsmöglichkeiten von SolidWorks erheblich.

1.25 Bearbeitung Normteile

Für einen effektiven Einsatz der Normteile und auch den späteren Einbau in Baugruppen ist eine intensive Bearbeitung im Vorfeld erforderlich.

1.26 Ergänzung Normteile

Mit Hilfe der Normteile in der VarBox können die bereits erstellten Baugruppen komplettiert werden.

1.27 Erg. Kon. Richtl. Normteile

Mit der Implementierung der Normteile in die VarBox wird SolidWorks „intern erweitert“ und somit kann das Pilot-Team auch den Umgang mit diesen Normteilen im Zusammenhang mit der Baugruppenmodellierung die Konstruktionsrichtlinien eintragen.

2.0 Installation Plotsystem

Alle Funktionalitäten der beiden Systeme CAD und PDM sind nunmehr ausreichend bearbeitet und somit kann auch das Plot - System in die gesamte Umgebung implementiert und zur Nutzung freigegeben werden.

Ende der Pilotphase

Nachdem in Zusammenarbeit mit dem Pilot-Team alle Voraussetzungen für den unternehmensweiten Einsatz des Systems in der Konstruktion geschaffen sind, kann der erste Projektabschnitt abgeschlossen werden.

Mit dem Abschluss der Pilotphase liegen die ersten Erkenntnisse im Umgang mit SolidWorks und SmarTeam sowie die damit erzielten Ergebnisse vor. Deshalb kann nun die so genannte **Rollout-Phase** starten, in welcher nach und nach weitere Fachabteilungen des Unternehmens die Arbeit mit dem gesamten System aufnehmen.

3D-CAD - Unternehmensweit

3.1 Installation in den Fachabteilungen

In den einzelnen Fachabteilungen wird jeweils ein CAD-Verantwortlicher benannt und in den Bereichen wird nach und nach die Software entsprechend den Punkten 1.2 und 1.7 installiert.

3.2 Schulung Fachabteilungen

Mit der erweiterten Anwendung kann nun auf der Basis der gesammelten Erfahrungen sowie der vorhandenen Konstruktionsrichtlinien eine firmenspezifische, kombinierte PDM -/ CAD – Schulung ausgearbeitet werden. Des Weiteren können jetzt auch noch andere CAx-Systeme, wie SolidCAM oder COSMOSWorks, in dieses Projekt mit einbezogen werden. Allerdings darf eine derartige Erweiterung und die Eingliederung der einzelnen Fachbereiche nur sukzessiv und nicht parallel vorgenommen werden.

3.3 Bearbeitung Einzelteile / Baugruppen

Vorgehensweise entsprechend den Punkten 1.4, 1.9, 1.17, 1.20 und 1.25.

3.4 Erg. Kon. Richtl. Fachabteilungen

Durch die Einbeziehung der einzelnen Fachbereiche werden nach und nach immer mehr CAD – Daten erzeugt, die dann auch abteilungsübergreifend aufeinander abgestimmt sein müssen. Damit auch diese Arbeit kontrolliert durchgeführt werden kann, muss aus jedem neu migrierten Fachbereich mindestens eine Person als CAD – Verantwortlicher benannt werden. Die CAD – Verantwortlichen besitzen besondere Berechtigungen im PDM - System und zeichnen sich durch besonderes Know How im CAD-Bereich aus. Die Aufgabe der CAD – Verantwortlichen liegt zum einen in der Unterstützung weiterer Anwender ihres Fachbereiches und zum anderen in der Überwachung der Fortführung der Konstruktionsrichtlinien. Dazu müssen in definierten Abständen Meetings abgehalten werden, bei denen über Themen und Probleme beraten wird, die bei der täglichen Arbeit mit dem System auftreten können. Durch diese Konstellation lassen sich Probleme ausräumen, die in irgendeinem Fachbereich generiert werden, aber erst bei der Arbeit in einem anderen Fachbereich zu Tage treten. Diese Erfahrungen führen dann zu einer Erweiterung der Konstruktionsrichtlinien und verhindern somit zukünftig das Auftreten dieser Probleme.

Mit dem Abschluss der Rollout-Phase beginnt die Phase der Übernahme der Altdaten, wobei es gleichgültig ist, ob diese im Papierformat oder in digitaler Form als MEDUSA-Zeichnungen vorliegen.

PDM - Fortsetzung

4.1 Weiterentwicklung Datenmodell

Der nächste Schritt ist die Weiterentwicklung des PDM – Datenmodells zur Aufnahme der Archiv-Daten, durch die Einbeziehung der Daten, die in Form von Mikrofilmen oder als Papier vorliegen.

4.2 Einscannen Papier- Zeichnungen

Es bietet sich an, das Einscannen dieses hier vorliegenden Datenbestandes extern zu vergeben und zwar an ein Unternehmen, welches die entsprechenden Erfahrungen für diese Tätigkeiten besitzt. Die Grafik-Daten sollten dem beauftragten Unternehmen im TIF – Format und die Metadaten der Zeichnungsköpfe sollten als ASCII-Dateien zur Verfügung gestellt werden.

4.3 Import der gescannten Daten

Für den Import der gescannten Daten in das PDM – System kann die Standard – Import - Funktionalität genutzt werden. Nach Abschluss des Prozesses stehen dann die Archivdaten auch im PDM – System zur Verfügung.

4.4 Import Altdaten aus ZVS

Auch der Import der Altdaten erfordert eine Programmierung und wird deshalb von einem geeigneten externen Dienstleister ausgeführt.

Webserver

5.1 Webserverfunktionalität

Um vor allem der Fertigung innerhalb des Konzerns eine schnelle und einfache Recherchemöglichkeit auf den Datenbestand zu gewährleisten, muss hier eine HTML-basierende Oberfläche erstellt werden.

5.2 Webserverprogrammierung

Auch hier bietet es sich an, die geforderte Funktionalität für den Webserver einem externen Unternehmen mit den notwendigen Kenntnissen in Auftrag zu geben.

5.3 Webserverfreigabe

Als Letztes folgt - nach einer eingehenden Prüfung der Funktionalität der extern entwickelten Lösung durch die Normenstelle - die Freigabe der Oberfläche im Firmenweb.

7.3 Probleme bei der Umsetzung

Die VarBox zur Erstellung von Normteilen wurde bereits eingesetzt, bevor das PDM-System SmarTeam installiert worden war. Da auch die Daten der VarBox noch nicht mit dem PPS –

System abgeglichen waren, mussten alle bereits verbauten Normteile in den Baugruppen im Nachhinein ausgetauscht werden.

Mit dem Erstellen der Konstruktions-Richtlinien wurde im Rahmen des Pilot-Projektes viel zu spät begonnen, da zunächst bei dem Pilot-Team die Notwendigkeit nicht ernsthaft erkannt wurde. Diese hatte in vielen Bereichen erhebliche negative Auswirkungen, von denen hier drei Probleme kurz aufgezeigt werden sollen:

- Bei manchen Mitgliedern des Pilot-Teams hatte sich eine wenig optimale Arbeitsweise etabliert, die sich nur äußerst schwierig korrigieren ließ. Die Einhaltung der Regeln, die nicht programmtechnisch erzwungen werden konnten, war daher an manchen Stellen mangelhaft.
- Die Einzelteile wurden viel zu detailliert beziehungsweise ohne die Möglichkeit einer schnellen Vereinfachung erstellt. Daher konnten einzelne Stationen später nicht mehr geöffnet werden. Die Teile mussten somit nachträglich überarbeitet werden.
- Die Layouttechnik wurde nicht angewendet. Die Konstrukteure versuchten immer im Kontext der Gesamtanlage zu arbeiten, was wiederum schnell zu größeren Performanceproblemen führte beziehungsweise im weiteren Verlauf ein Arbeiten unmöglich machte.

Darüber hinaus versuchten die Konstrukteure zunächst ständig, ihre gewohnte 2D – Arbeitsweise auf das 3D – System zu projizieren. In diesem Zusammenhang stellte sich das Arbeiten mit den Dateistrukturen des 3D – Systems als größtes Hindernis dar.

Dadurch, dass ein komplett neues Produkt während der Umsetzung bearbeitet wurde, nahmen sich die Teilnehmer des Pilot-Team häufig sehr viel Zeit für die konstruktive Gestaltung des neuen Produktes und weniger Zeit für das Erlernen der Handhabbarkeit des neuen Konstruktionsmediums.

Das PDM – System wurde aus unternehmensspezifischen Gründen mit einigen Wochen Verzug eingeführt. Dies hatte zur Folge, dass die Konstrukteure frei von den Zwängen einer Dateiverwaltung ihre Dateinamen gewählt haben. Diese so genannte „freie Wahl“ für die hier vergebenen Dateinamen musste nachträglich korrigiert werden, wodurch ein hoher Aufwand aufgrund der fehlerhaften Dateiverweise auftrat.

Die einzelnen Implementierungsschritte wurden aufgrund von Ressourcenknappheit nicht ausreichend von der Kundenseite auf deren Funktionalität überprüft, sondern immer direkt auf das Pilot-Team übertragen. Somit war bei auftretenden Fehlfunktionen immer das ganze Team betroffen. Die Implementierung der Software-Komponenten lief immer parallel zu der eigentlichen Tätigkeit der jeweiligen Ansprechpartner ab. Leider wurden speziell für die Einführung der Komponenten von der Kundenseite keine zusätzlichen Personen zur Verfügung gestellt.

Darüber hinaus überforderte einige Mitglieder des Pilot-Teams die parallel zum Austausch des CAD-Systems und dessen Peripherie ablaufende Einführung eines neuen PPS – Systems. Dadurch sank insgesamt die Akzeptanz des Gesamtsystems. Nach Abschluss der Pilotphase sind auch heute noch die Nachwirkungen dieser Probleme während der Implementierung erkennbar. So ist die Handhabung großer Baugruppen, bedingt durch den nicht optimalen Aufbau, nach wie vor problembehaftet. Da sich die Auswirkungen einer falschen Vorgehensweise in der Handhabung eines 3D-CAD-Systems erst bei der Assemblierung der Baugruppe bemerkbar machen, ist das Durchsetzen der Konstruktions-Richtlinien beim Aufbau der Modelle bei einzelnen Konstrukteuren äußerst schwierig.

7.4 Änderungswünsche der Anwender während der Pilotphase

Wie die Umsetzung gezeigt hat, stellte insbesondere die konsequente Handhabung der Konstruktions-Richtlinien ein Problem während der Pilot-Phase dar. Des halb wurde seitens des Pilot-Teams die Erstellung einer so genannten Online-Hilfe gefordert. Die **Abbildung 7-2** zeigt eine SolidWorks-Oberfläche mit einer geöffneten Seite der Konstruktionsrichtlinie aus einer derartigen Online-Hilfe, die den Konstrukteur bei der Benutzung der Konstruktions- und Anwendungs-Richtlinien unterstützen soll. Diese Richtlinien werden aus der SolidWorks – Oberfläche mit Hilfe des Menüpunktes „*Firma Utilities – Richtlinien – Konstruktionsrichtlinien*“ aufgerufen. Dafür wird ein SolidWorks - AddIn geschrieben, welches in dem Menü „*Extras – Zusatzanwendungen*“ aktiviert beziehungsweise deaktiviert werden kann. Bei der zugrundeliegenden Datei handelt es um eine HTML – Hilfedatei (*.chm). Wie bei anderen Windows – Hilfen können auch hier über die Tab's auf der linken Seite verschiedene Seiten der Konstruktionsrichtlinien eingeblendet werden.

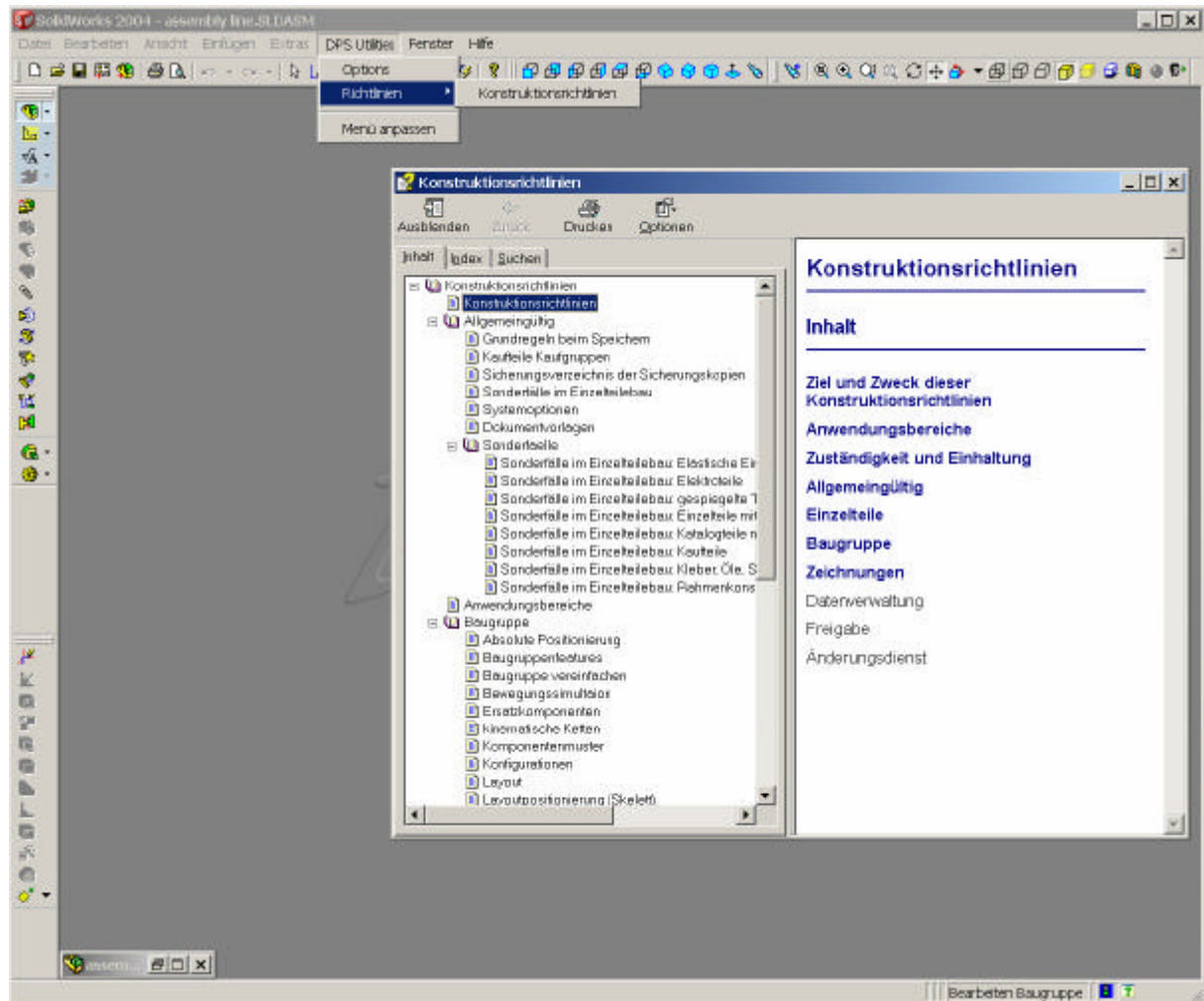


Abbildung 7-2: Online - Hilfe für das Konstruktionshandbuch

Der Tab-Inhalt in der Abbildung 7-2 zeigt das Inhaltsverzeichnis anhand einer Baumstruktur an. Der Tab-Index ermöglicht eine Suche innerhalb der indexierten Stichworte. Der Tab „Suchen“ ermöglicht das Finden von Konstruktionsrichtlinien mit Hilfe einer Volltextsuche.

Wenn alle Abteilungen die komplette Bearbeitung ihrer Bauteile und Baugruppen nur noch mit dem 3D-CAD-System vornehmen und die Konstruktions- und Anwender-Richtlinien nahezu komplett erarbeitet sind, werden für die dort aufgestellten Konstruktionsregeln die zur Überwachung notwendigen Funktionalitäten in das Integrationsmodul eingebracht. In einer ersten Phase der Bearbeitung durch die Konstrukteure wurde bereits der erste Überwachungswunsch deutlich. Hierbei handelte es sich um das Löschen einzelner nicht mehr benötigter Dateien beziehungsweise das Bereinigen des eigenen Dateiverzeichnisses (vg. Kap. 11). Für diesen Fall wurde ein Algorithmus gemäß **Abbildung 7-3** entwickelt und programmtechnisch umgesetzt. Die Lösung dieses einfachen Problems verstärkte auch bei den Anwendern den Wunsch nach einer zumindest eingeschränkten Überwachung.

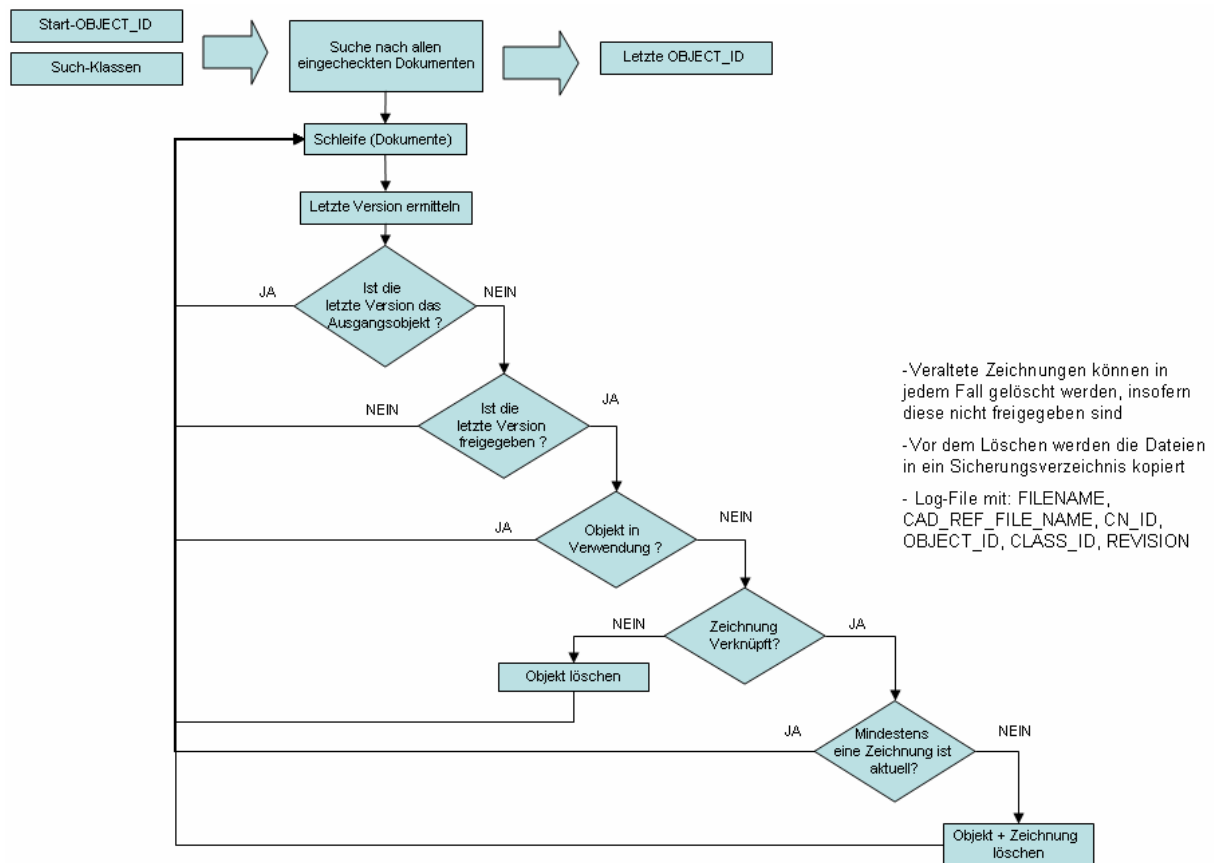


Abbildung 7-3: Algorithmus zum automatischen Löschen nicht mehr benötigter Dateien

7.5 Diskussion der erzielten Ergebnisse

An einigen konkreten Punkten sollen nun die erreichten Vorteile diskutiert werden, die mit der Einführung des 3D-CAD-Systems in Verbindung mit dem PDM-System auf der Basis der Konstruktions- und Anwendungs-Richtlinien erzielt worden sind.

Bechermodell

Die Gestaltung des Bechers ist bei den meisten Verpackungsmaschinen eine der wichtigsten Kriterien in der Vorverkaufsphase. So kann zum Beispiel auf die Änderungswünsche des Kunden wesentlich schneller reagiert werden. Die Zeiten für die Modifikationen des Bechermodells, wie zum Beispiel Gewichts-, Volumen- oder Formänderungen, können nun von ein bis zwei Tagen auf weniger als eine Stunde reduziert werden. Dabei ist die Qualität der Aussagen bezüglich der Machbarkeit deutlich genauer, so zum Beispiel bezüglich der

Frage, ob die vorgegebene Füllmenge bei vorgegebener Becherhöhe erreicht werden kann. Außerdem können die Auswirkungen eventuell unsinniger Kundenwünsche sofort demonstriert werden, so zum Beispiel eine unansehnliche Form, die sich durch Einhaltung einer speziellen Kundenvorgabe ergeben würde.



Abbildung 7-4: Photorealistische Darstellung eines Bechers mit SolidWorks

Die Präsentation des Bechers ist nicht mehr vergleichbar mit den eingeschränkten Möglichkeiten, die das 2D-System früher zur Verfügung gestellt hat, und zwar nicht nur qualitativ, sondern auch in Bezug auf die Geschwindigkeit der Reaktion. Der Kunde sieht den Becher heute schon ohne Prototyp in einer wirklichkeitsgetreuen Art und Weise gemäß **Abbildung 7-4** [1]. Durch die Ausgabemöglichkeit in SolidWorks als eDrawing kann der Kunde den Becher frei im Raum drehen und von allen Seiten genau betrachten, ohne dass er selbst eine spezielle Software auf seinem Rechner benötigt. Diese schnellen und aussagekräftigen Kommunikationsmöglichkeiten führen heute zu einer sehr viel besseren Verständigung in der Vorverkaufsphase.

Durch den Einsatz eines 3D-Systems kann den Wünschen der Kunden nach noch komplexeren Becherformen entsprochen werden. Die Geometrien, die heute möglich sind, konnten im alten 2D-System nicht dargestellt werden. Darüber hinaus ergibt sich die

Problematik der Vermassung von Freiformflächen heute nicht mehr, da das Bechermodell direkt in die Fertigung gegeben wird, wodurch die Erstellungszeit insgesamt deutlich zurückgegangen ist.

Zusammengefasst bedeutet dies, die schnellen Reaktionszeiten bei gleichzeitig höherwertigen Ergebnissen heben das Image bezüglich der Kompetenz des Herstellers stark an. Die Designwünsche des Kunden, wenn zum Beispiel ein Designer ein Modell in 3D erstellt, können heute direkt übernommen und gegebenenfalls modifiziert werden. Die Präsentation des Bechers insgesamt ist ein sehr wichtiger Faktor. Mit den jetzt gegebenen Möglichkeiten sind deutlich weitergehende Perspektiven für das Unternehmen erkennbar.

Beispiel Tiefziehwerkzeug

Die Komplexität der Tiefziehwerkzeuge hat durch die steigende Komplexität der Bechermodelle zwangsläufig ebenfalls zugenommen, da das Tiefziehwerkzeug immer der Geometrie eines Bechers entspricht. Auch hier gilt, dass die heutigen Tiefziehwerkzeuge gemäß **Abbildung 7-5** in einem 2D-Altssystem nicht mit den notwendigen Einzelheiten darstellbar sind und erst recht ist dort die Erstellung einer fertigungsgerechten Dokumentation nicht realisierbar.

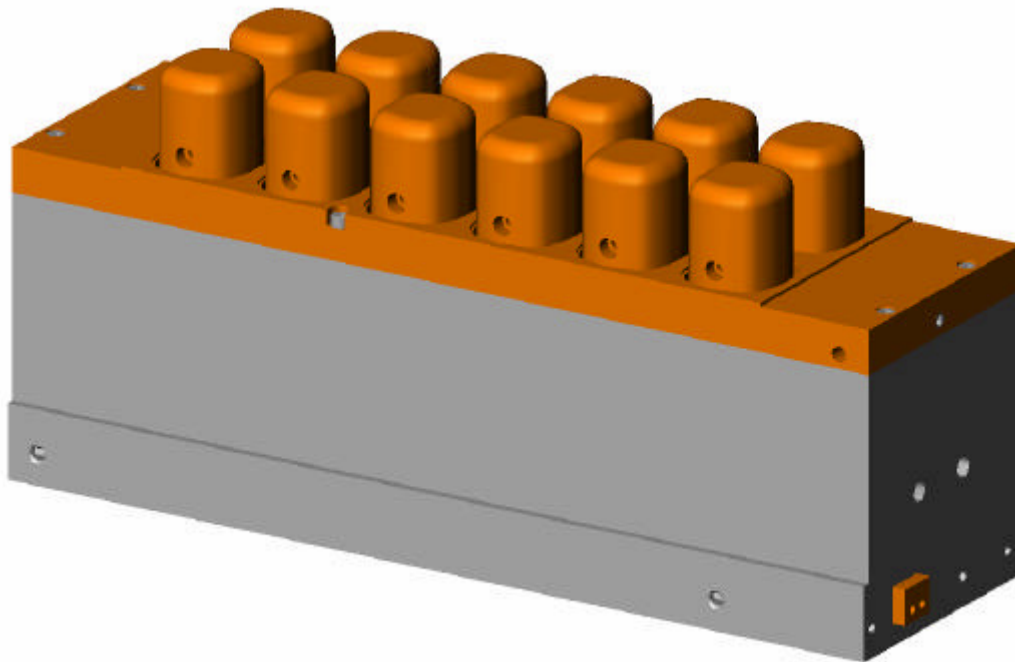


Abbildung 7-5: Tiefziehwerkzeug

Darüber hinaus kann nun durch die Anwendung der Variantentechnik bei der Erstellung der Tiefziehformen die Generierung der Formvarianten von 4 Tagen pro Variante durch einfaches Austauschen des Bechers auf einen Tag reduziert werden (vgl. **Abbildung 7-6**).

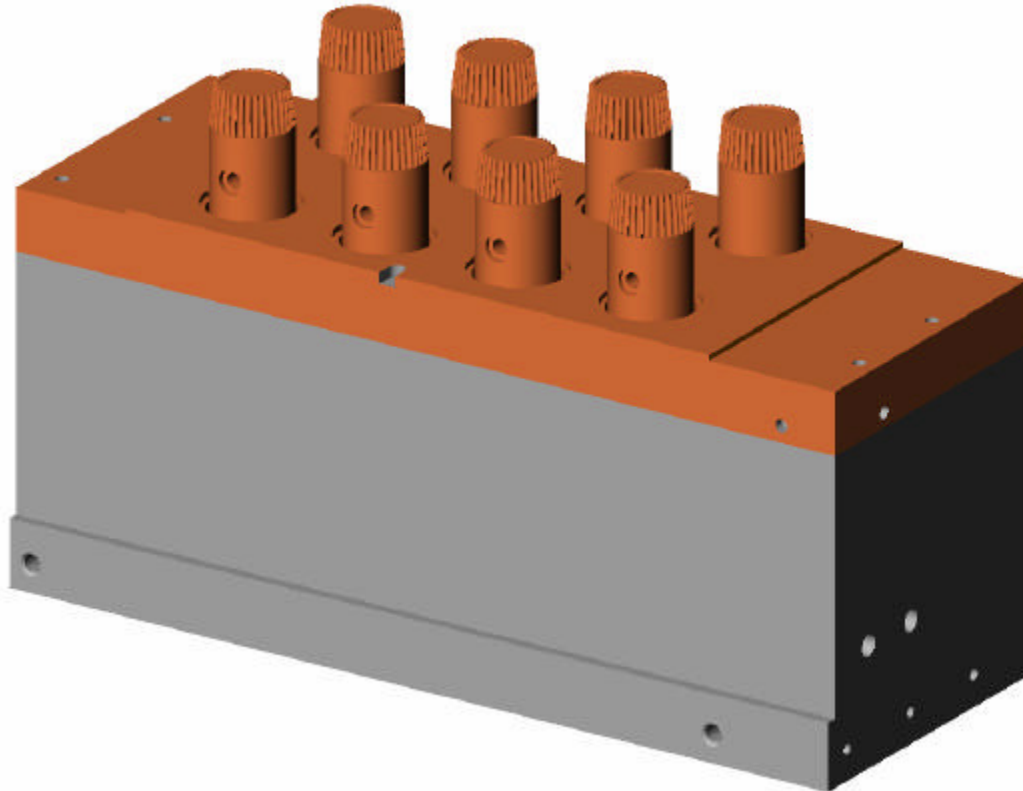


Abbildung 7-6: Variante des Tiefziehwerkzeuges gemäß Abbildung 7-5

Diese positiven Auswirkungen sind schon heute wahrnehmbar. Früher variierten die durch verschiedene Fertiger hergestellten Tiefziehformen des gleichen Bechers derart, dass es nicht möglich war, die Becher ineinander zu stapeln. Heute kommt dies nicht mehr vor und die Qualität der gefertigten Form lässt sich absolut reproduzieren.

Beispiel Produkt – Förder - Verrohrung

Zur Förderung des eigentlichen Produktes (zum Beispiel Joghurt) in einen Becher ist in einer Maschine ein komplexes Rohrsystem vorhanden. Diese Verrohrung wurde in einem 2D-System immer nur schematisch mittels einzelner Linien dargestellt, an denen die Rohrdurchmesser schriftlich festgehalten wurden (vgl. **Abbildung 7-7**). Durch diese nicht fertigungsgerechte Art der Darstellung war eine Vorfertigung der einzelnen Bestandteile der Verrohrung nicht möglich. Das Rohrsystem wurde deshalb direkt an der Maschine

angepasst. Heute wird die Verrohrung komplett vorgefertigt und kann problemlos in die Maschine eingebaut werden.

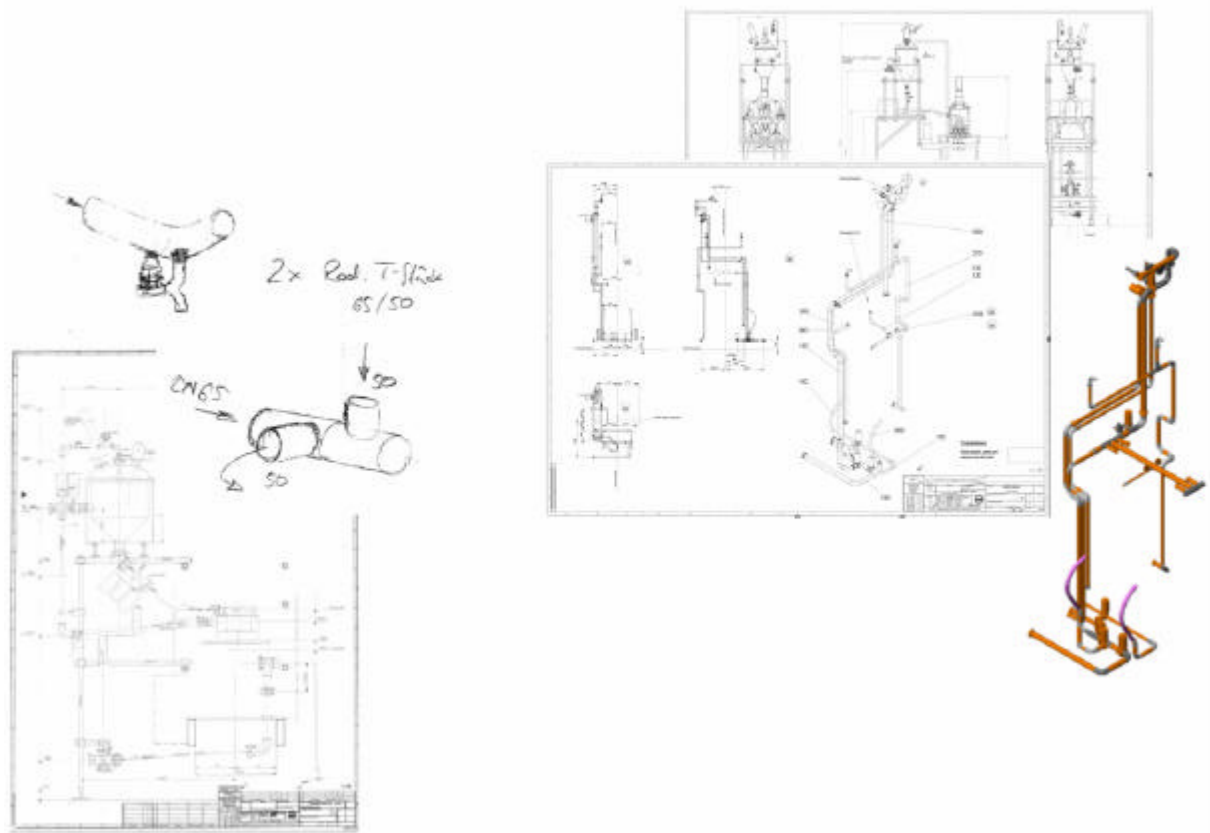


Abbildung 7-7: Produktzuführung (Verrohrung) einer Verpackungsmaschine

Durch die exakte dreidimensionale Definition der Verrohrung sind die häufig auftretenden Probleme von Kollisionen oder nicht aufeinander passenden Bohrbildern heute zu 100% ausgeschlossen. Des weiteren können Änderungen, die früher extrem aufwendig waren, mit den Möglichkeiten der Parametrik heute wesentlich schneller und sicherer durchgeführt werden. Ebenso entfällt der früher in die Verrohrungs-Stückliste vorgesehene Sicherheitspuffer bezüglich der Anzahl der Komponenten, da heute blind auf die Stückliste des 3D-CAD-Systems vertraut werden kann.

Gesamtmaschine

Die meisten Modifikationen an einer Verpackungsmaschine sind wesentlich schneller durchführbar. So verringert sich der erforderliche Arbeitsaufwand zum Beispiel für die Verlängerung einer Maschine um schätzungsweise 70%.

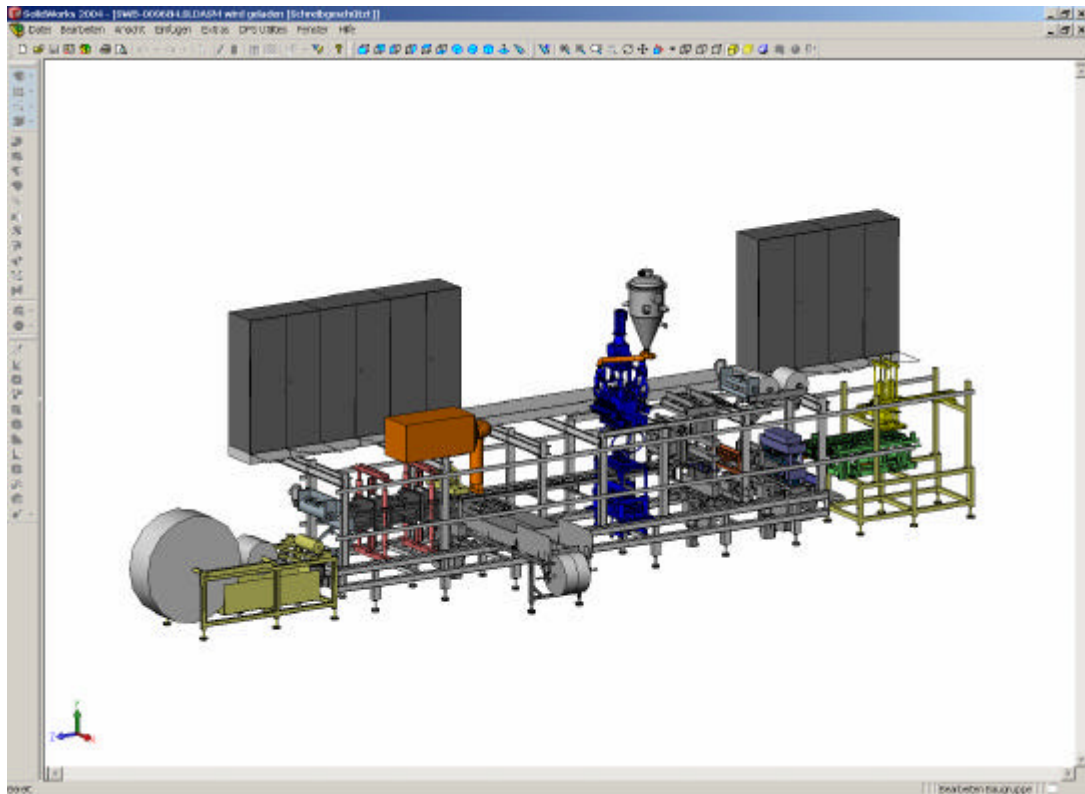


Abbildung 7-8: 3D-Darstellung einer Verpackungsmaschine

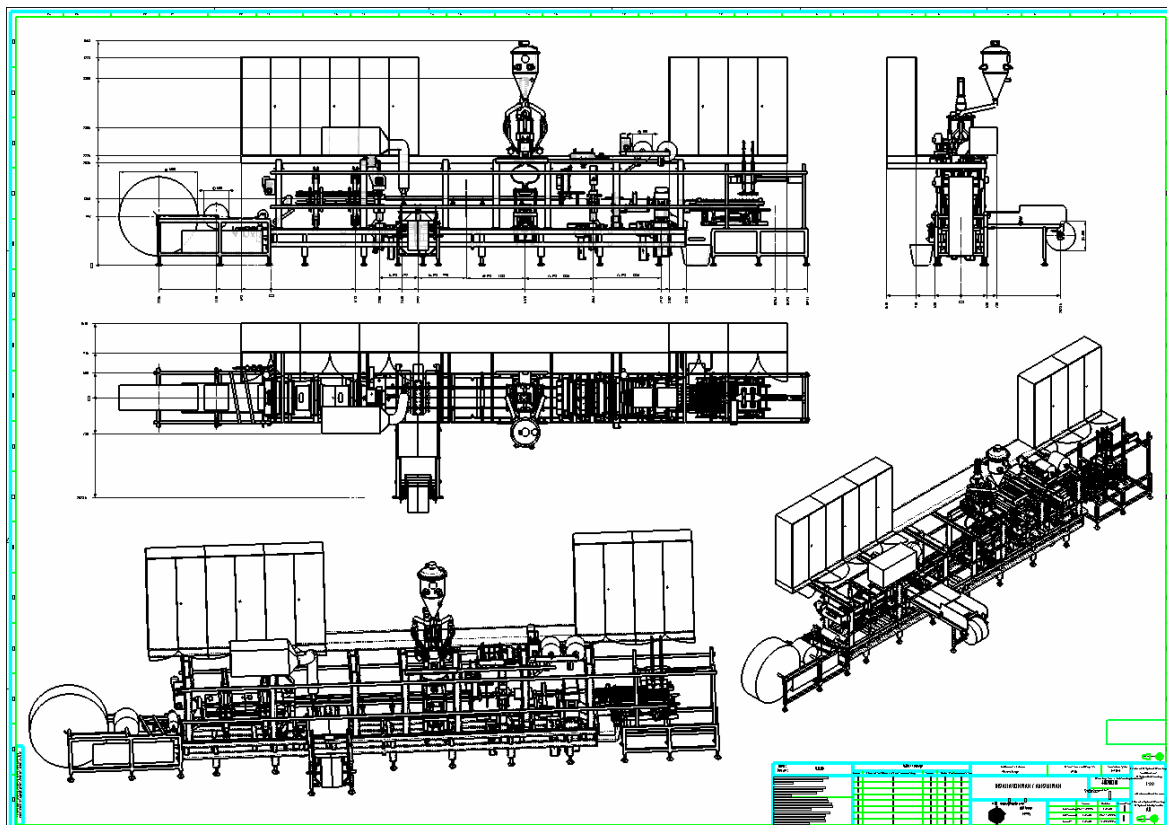


Abbildung 7-9: Abgeleitete Zeichnung der 3D-Darstellung

Die neuen Möglichkeiten der Präsentation einer gesamten Anlage tragen wesentlich zum Verkaufserfolg der Gesamtmaschine bei (vgl. **Abbildung 7-8**). Der Kunde kann durch die jetzigen Visualisierungsmöglichkeiten in Verbindung mit den abgeleiteten detaillierten Darstellungen gemäß **Abbildung 7-9** wesentlich mehr erkennen und seine Wünsche schon im Vorfeld äußern, die dann auch sofort berücksichtigt werden können. Darüber hinaus lassen sich alle einzelnen Stationen mit allen Einzelheiten exakt darstellen. Zur Verdeutlichung zeigt die **Abbildung 7-10** die Präsentation einer Tiefzieh-Station.

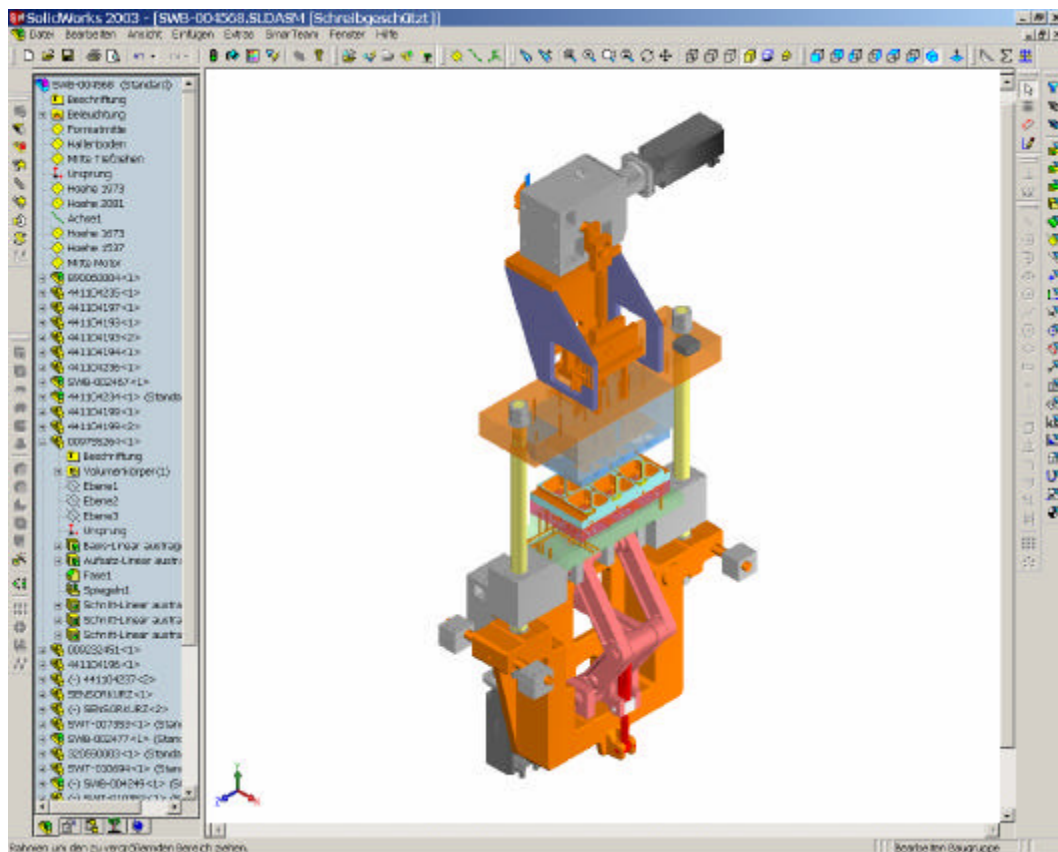


Abbildung 7-10: 3D-Darstellung einer Tiefzieh-Station

Die so genannten schlechten Auftragsabklärungen gehören nun der Vergangenheit an. Die Änderungsaufträge aus der Fertigung beziehungsweise aus der Montage sind durch die exakte Konstruktion deutlich zurückgegangen, wodurch die bisherige nachträgliche Fehlerbereinigung um 60-70% reduziert werden konnte.

Analysemöglichkeiten

Ebenso konnten auch die neuen Analysemöglichkeiten bereits gewinnbringend eingesetzt werden. Die abgebildete Traverse konnte durch FEM in ihrer Form stark optimiert werden, wodurch eine Verringerung der Baugröße sowie des Gewichtes erreicht wurde. Die Kosten für eine Traverse konnten durch diese Maßnahmen von bisher 3.000 Euro auf ca. 1.000 Euro gesenkt werden. Auch in anderen Bereichen wurden bislang problematische Konstruktionsaufgaben jetzt mit FEM zufriedenstellend gelöst.

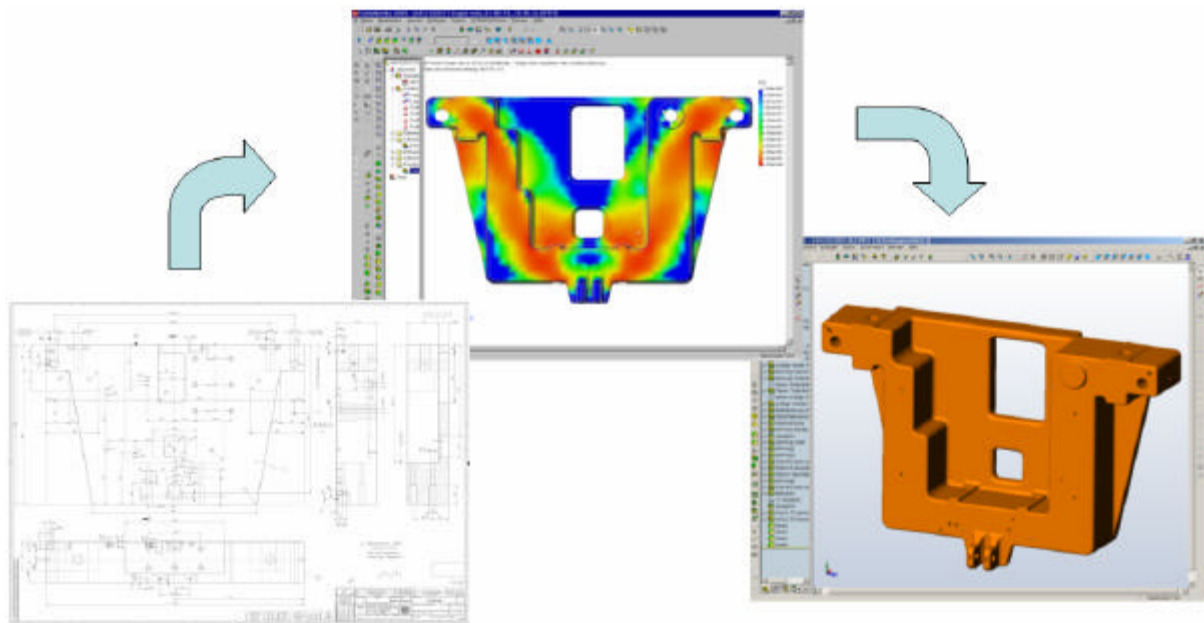


Abbildung 7-11: Traverse mit FEM-Berechnung

Die früheren 2D-Zeichnungen (vgl. **Abbildung 7-11** , linke Seite) ließen eine derartige FEM-Rechnung nur eingeschränkt zu, da mit dem jeweiligen FEM-System die hier vorhandene 2D-Zeichnung erst in ein 3D-Modell umgewandelt werden musste. Das heißt, das FEM-Ergebnis hing somit auch von dem in dem FEM-System integrierten 3D-Modellierer ab. Heute wird das 3D-Modell direkt aus dem CAD-System in das FEM-System übertragen.

Allgemeine Vorteile

An den 46 installierten 3D-CAD-Arbeitsplätzen arbeiten mittlerweile 25 Konstrukteure ausschließlich mit dem 3D-System; der Rest verwendet ab und zu noch 2D-Medusa, aber

mit abnehmender Tendenz [1]. Neukonstruktionen erfolgen schon jetzt komplett mit 3D-CAD. Daraus ergeben sich insgesamt folgende Vorteile:

- Obwohl der Detaillierungsgrad bedingt durch die Anforderungen stark angestiegen ist, so ist der Zeitaufwand insgesamt gesehen gefallen.
- Der Personalanteil in der Pauserei konnte durch die Automatisierung der Prozesse auf der Ausgabeseite, wie zum Beispiel Plotten, Stempeln etc., um über 50% reduziert werden.
- Die Einführung des zentralen Datenbestandes wurde mit hoher Akzeptanz als Arbeitserleichterung angenommen. Die umständliche Suche in verschiedenen Archiven ist entfallen. Die Recherche nach Katalogteilen konnte durch die zur Verfügung gestellten Kataloge im PDM-System wesentlich komfortabler gestaltet werden.
- Die Integration aller Daten in einem System brachte - allein durch die damit wegfallende, separate Pflege der PPS-Daten beim Anlegen einer Stückliste mit Neuteilen – einen Zeitvorteil von etwa 5min pro Teil. Gerade bei großen Baugruppen ist das ein erheblicher zeitlicher und wirtschaftlicher Faktor.

8 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird ein Konzept entwickelt und implementiert, welches den effektiven Einsatz von modernen 3D-CAD-Systemen für die Entwicklung von komplexen Produkten sicherstellt. Auf Grund der zahlreichen unternehmens- und produktspezifischen Randbedingungen wird dieses an sich allgemeingültige Konzept hier am Beispiel der Verpackungsindustrie erarbeitet.

An Hand eines charakteristischen Referenzunternehmens wird zunächst die konventionelle Umgebung der Produktentstehung, sowohl im Hinblick auf die praktizierten Geschäftsprozesse, als auch auf die eingesetzten EDV-Systeme und die verwendeten Informationsträger analysiert. Aus einer zusammenfassenden Betrachtung der festgestellten Defizite wird klar, dass vor allem ein 3D-CAD-System erforderlich ist, welches an zentraler Stelle ein komplettes dreidimensionales Modell aller Bauteile vorhält. Dieses Modell stellt die Informationen zur Verfügung, die in den anderen Entwicklungsbereichen, beispielsweise zu Analyse Zwecken, verwendet werden können.

Ausgehend von den zuvor festgestellten Defiziten, werden in der Folge die Anforderungen an einen 3D-CAD-basierten Entwicklungsprozess formuliert. Die Hauptforderung besteht dabei in einer Optimierung der Entwicklung, so dass notwendige Änderungen der Produkte möglichst in den frühen Phasen der Konstruktion durchgeführt werden können. Dies bedingt neben neuen Entwicklungsmethoden auch den Einsatz eines geeigneten EDV-Systems, wie 3D-CAD für den Bereich der Konstruktion und eines PDM-Systems, welches als übergeordnetes Steuerungsinstrument für die Verwaltung aller produktbeschreibenden Informationen verantwortlich ist.

Auf der Basis der dargestellten Anforderungen wird nunmehr gezeigt, welche Kriterien zur Auswahl der einzelnen Systemkomponenten maßgebend sind. Damit das Gesamtsystem möglichst effizient eingesetzt werden kann, müssen zunächst die grundlegenden Voraussetzungen geschaffen werden. Neben der Berücksichtigung von zum Beispiel Teile – Bibliotheken betrifft dies auch in besonderem Masse die Bereitstellung von Vorgehensweisen, die einen Umstieg von der 2D- auf die 3D – Arbeitsweise ermöglichen.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit befasst sich mit dem Thema, wie die Dokumente erzeugt werden, auf die anschließend die gesamte weitere Prozesskette aufbaut. Hier gilt es, den

erfahrenen 2D-Konstrukteuren möglichst detailliert und dennoch leicht handhabbare Richtlinien zur Verfügung zu stellen. Diese gewährleisten, dass die in der Konstruktion entstehenden 3D-Daten möglichst optimal für die Weiterverarbeitung aufbereitet sind. Dies betrifft nicht nur Richtlinien für die Erzeugung der Daten, sondern auch die Richtlinien für die Anwendung der Daten und insbesondere deren Verwaltung. Gerade im Zusammenhang mit der Generierung von komplexen 3D-Strukturen kommen auf den „Produzenten“ dieser Strukturen erhöhte und neuartige Anforderungen zu.

Durch die Einführung eines 3D-CAD-Systems sind vor allem die Konstrukteure in ihrer Arbeit betroffen. Ihre Tätigkeit verlagert sich weg von der Dokumentenerstellung (Anlegen von Ansichten und Schnitten) hin in Richtung zum eigentlichen Konstruieren (lat.: Aufbau, Gestaltung) der Maschine. Damit wird die Erstellung der Zeichnungs-Dokumentation zu einem Nebenprodukt. Gleichzeitig steigt die Verantwortung des Konstruktionsbereichs bezüglich der Effektivität des Gesamtprozesses, da die von ihm erzeugten Daten nunmehr in allen Bereichen des Unternehmens ohne Nacharbeit direkt weiterverwertet werden können.

Das hier entwickelte Konzept zeigt, wie aus einem vorab definierten Katalog von allgemeinen Konstruktionsrichtlinien eine firmenspezifische Vervollständigung zu einem so genannten Konstruktionshandbuch erfolgen kann, welches dem Konstrukteur und anderen am Produktionsprozess beteiligten Mitarbeitern zielgerichtet die notwendigen Konstruktions- und Anwendungsrichtlinien zum richtigen Zeitpunkt zur Verfügung stellt.

Da dieses Konstruktionshandbuch naturgemäß eine sehr umfangreiche Sammlung von Regeln beinhaltet, deren konsequente Einhaltung für das Erreichen der definierten Ziele unabdingbar ist, stellt das hier entwickelte Konzept darüber hinaus auch Mechanismen zur Verfügung, um die Einhaltung der formulierten Richtlinien soweit wie möglich sicher zu stellen.

Die dazu erforderliche Integration aller beteiligten Software-Komponenten wird durch Eingriffe in die zentralen Systeme CAD und PDM durchgeführt. Diese entwickelten Integrationswerkzeuge liefern auf unterschiedlichen Ebenen die bestmögliche Unterstützung der Anwender im Sinne einer Arbeitsweise, die den zu Grunde liegenden Konstruktionsrichtlinien entspricht. Es werden bevorzugte Arbeitsweisen von dem System automatisch angeboten, so dass für den Benutzer die Möglichkeit einer falschen Arbeitsweise gar nicht besteht. Ein weiterer wichtiger Bestandteil des Integrationssystems sind bauteilspezifische Vorlagen. Diese Vorlagen beinhalten beispielsweise vordefinierte Layouts von kompletten Maschinenbaugruppen, so dass hier eine einheitliche Konstruktionsmethodik erreicht wird,

die eine Wiederverwendung der erstellten Bauteile auch in anderen neuen Konstruktionen ermöglicht. Generell stellt das so definierte Gesamtsystem aus Standardkomponenten und Integrationskomponenten eine deutliche Arbeitserleichterung für die Konstrukteure gegenüber der Verwendung von Standardsoftware dar.

Das hier entwickelte Konzept wurde in dem vorab ausgewählten mittelständischen Referenzunternehmen eingeführt. Dabei hat sich gezeigt, dass vor allem die Umstellung der Arbeitsweise in der Konstruktion, die mit der Einführung eines 3D-CAD-Systems verbunden ist, zunächst problematisch war, da die Konstrukteure oftmals versuchten ihre gewohnte Arbeitsweise aus dem 2D-Bereich auf das neue System zu übertragen. Nach entsprechenden Schulungen wird jedoch das System heute von den Mitarbeitern durchweg positiv aufgefasst, da diese nunmehr die verbesserte Anwenderfreundlichkeit sowie den größeren Funktionsumfang deutlich erkennen. Die Erwartungen im Hinblick auf die Verbesserung der Entwicklungsprozesse wurden teilweise sogar übertroffen. So ist beispielsweise bei der ersten Verpackungsmaschine, die komplett mit dem neuen System entwickelt wurde, die Zahl der Änderungsanträge um 70% geringer als bei der konventionellen zeichnungsorientierten Arbeitsweise.

9 Literaturverzeichnis

- [1] Anwenderbericht: *Butter, Brot und Joghurt, SolidWorks beim Verpackungshersteller Hassia*, CAD/CAM-Report, Nr. 3, 2003
- [2] Berndt, D., Drope, H., Holthaus, U.: *Verpackungstechnik*, Bertelsmann Verlag, ISBN 3-7639-2750-6, 1999
- [3] Bergers, D.: *Produktentwicklung – Produkterfolg*, Seminarunterlage, Universität Duisburg, 2002
- [4] Blank, A.: *Produktentwicklung mit 3D-CAD*, Addison Wesley Verlag, ISBN 3-8273-1696-0, 2002
- [5] Bleisch, Goldhahn, Schrickler, Vogt: *Lexikon der Verpackungstechnik*, Behr's Verlag, ISBN 3-7785-2916-1, 2003
- [6] WISSUSSEK, D., *Konstruktionslehre IV – Grundlagen des methodischen Konstruierens*, Skriptum, Universität Duisburg-Essen, 2003
- [7] Schöttner, J.: *Produktdatenmanagement in der Fertigungsindustrie*, Carl Hanser Verlag, 1999
- [8] Spur, G. ; Krause, F.-L.: *CAD-Technik*, Hanser Verlag, 1984
- [9] <http://www.SolidWorks.com>
- [10] Neipp, G. ; Stracke, H.J.: *Einführung in die CIM-Praxis*, VDI-Verlag, 1991
- [11] <http://www.solidcam.de>
- [12] <http://www.cosmos.com>
- [13] <http://www.VarBox.de>
- [14] <http://www.advanced-software.de>
- [15] <http://www.SmarTeam.com>
- [16] Stracke, H.J.: *Betriebsdatenverarbeitung I / (C++)*, Seminarunterlage, Universität Essen, 2001
- [17] Dienenhoven, H. ; Stracke, H.J.: *Anforderungen an eine funktionale CAD-Benutzeroberfläche*, CAD-CAM-Report Nr. 10, 1987
- [18] Dippold, R. / Meier, A. / Ringgenberg, A. / Schnider, W. / Schwinn, K.: *Unternehmensweites Datenmanagement*, Vieweg Verlag, ISBN 3-528-25661-3, 3. Auflage, 2001
- [19] Grätz, J.: *Handbuch der 3D-CAD-Technik*, Siemens AG, Berlin, 1990
- [20] Stracke, H.J.: *Rechnergestütztes Konstruieren in 3D*, Seminarunterlage, Universität Essen, 2000
- [21] Herstellerleitfaden, *going 3D*, SolidWorks Deutschland GmbH, 2003
- [22] SOLID WORKS CORP.: *SolidWorks 2001 User's Guide*, SolidWorks Corp., 2001

- [23] Lobeck, F.: *Konzept für ein objektorientiertes, bereichsübergreifendes Dokumenten informations- und -verwaltungssystem*, Shaker Verlag, ISBN 3-8265-6639-4, 1999
- [24] Lobeck, F.: *Chancen und Risiken der PDM-Einführung*, Wirtschaftsforum FET Essen, 2002
- [25] VEH, U., WISSUSSEK, D.: *Ablaufgeregelte Entwurfsphase im Produktentwicklungsprozess*, in Technische Mitteilungen 2/03, 2003
- [26] Detische, R.: *Erstellen einer Normteillbibliothek für SolidWorks*, Praxisstudienarbeit, DPS Essen, 1998
- [27] Balzert, H.: *Lehrbuch der Softwaretechnik/ Band 1/ Software-Entwicklung*, Spektrum Verlag, ISBN 3-8274-0042-2, 1998
- [28] Smart Solutions Ltd.: *SmartTeam API Programmers Guide*, SmartSolutions Ltd., 1998
- [29] Josuttis, N.: *Objektorientiertes Programmieren in C++*, Verlag Addison-Wesley, 1994
- [30] Mellis, W. / Herzwurm, G. / Stelzer, D.: *TQM der Softwareentwicklung*, Vieweg Verlag, 1998
- [31] Schütten, M.: *Konzept eines COM-basierten Technischen Produktinformations systems*, Universität Essen, Diss., 2001
- [32] Schlöter, W.: *Strategien zur Effizienzsteigerungen von Konstruktion und Fertigung für einen optimierten Produktentwicklungsprozess im Sondermaschinenbau*, Universität Essen, Diss., 2003
- [33] Bergers, D.: *Project Management*, Seminarunterlage, Universität Duisburg, 2002
- [34] Vanja, S.: *Die neue Richtlinie VDI 2219. Praxiserprobte Hinweise zu Einführungsstrategien und Wirtschaftlichkeit von EDM/PDM-Systemen*, Konstruktion, März 2000
- [35] Knieps, M.: *Einführung eines 3D-CAD-Systems in einem mittelständischen Unternehmen*, Seminarunterlage Technologie&Management, Universität Essen, 2001

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Entwicklung einer Verpackungsmaschine vor 50 Jahren.....	3
Abbildung 1-2: Darstellung einer Tiefzieh-, Füll- und Verschleißmaschine.....	4
Abbildung 1-3: Schematischer Aufbau einer Tiefzieh-, Füll- und Verschleißmaschine.....	6
Abbildung 1-4: 3D-Darstellung einer Tiefzieh-, Füll- und Verschleißmaschine.....	7
Abbildung 2-1: Prozesskette (IST-Zustand).....	11
Abbildung 2-2: Liste der anfallenden Dokumente.....	17
Abbildung 3-1: Entwicklung der Produktivität.....	28
Abbildung 4-1: Prozesskette (Soll-Zustand).....	40
Abbildung 5-1: Darstellung einer komplexen Maschine in SolidWorks.....	42
Abbildung 5-2: Übersicht über die CAD-Elemente eines 3D-Systems.....	44
Abbildung 6-1: Allgemeine Struktur des Konzepts.....	54
Abbildung 6-2: Komponenten des Konzepts.....	56
Abbildung 6-3: Block mit abgerundeter Kante.....	61
Abbildung 6-4: Skizze mit Verrundung.....	61
Abbildung 6-5: Ergebnis der Austragen-Funktion.....	62
Abbildung 6-6: Skizze ohne Verrundung.....	63
Abbildung 6-7: Anbringen der Rundung an eine Körperkante.....	64
Abbildung 6-8: Modell nach Hinzufügen der Rundung.....	65
Abbildung 6-9: Erzeugung eines 3D-Bauteils mit Hilfe von Skizzen.....	66
Abbildung 6-10: Erzeugung eines 3D-Bauteils mit Hilfe von Grundkörpern.....	67
Abbildung 6-11: Definition von Bohrungen.....	69
Abbildung 6-12: Konvention: Farbzuordnung.....	70
Abbildung 6-13: Vereinfachte Darstellung eines Teils in der Konfiguration "Standard".....	71
Abbildung 6-14: Komplette Darstellung eines Einzelteils in der Konfiguration "Standard (vol)".....	72
Abbildung 6-15: 3D-Modell des Blechteils.....	75
Abbildung 6-16: Modell nach Einfügen des "Blech"-Features.....	75
Abbildung 6-17: Automatisch generierte Abwicklung.....	76
Abbildung 6-18: Darstellung von ZF7 Abschnitten in SolidWorks Zeichnungen.....	77
Abbildung 6-19: Funktionsweise der Normteilibibliothek.....	79
Abbildung 6-20: Auswahldialog der VarBox.....	80
Abbildung 6-21: Hilfsgeometrien zum Anlagenaufbau.....	81
Abbildung 6-22: Eine einzelne Station der Anlage.....	82
Abbildung 6-23: Station verknüpft mit Hilfsgeometrien.....	82
Abbildung 6-24: Komplette Station.....	83
Abbildung 6-25: Schematische Darstellung der Layoutphilosophie.....	83
Abbildung 6-26: Vereinfachung einer Baugruppe.....	84
Abbildung 6-27: Ersatzmodell einer Baugruppe.....	86
Abbildung 6-28: Zeichnungsvorlage mit Schriftfeld.....	88
Abbildung 6-29: Organisation der Dateiablage.....	90
Abbildung 6-30: PDM-Lifecycle-Status.....	91
Abbildung 6-31: Lifecycle Operationen.....	92
Abbildung 6-32: Schematischer Ablauf der Speichern-Funktion.....	99
Abbildung 6-33: Schriftfeld einer SolidWorks-Zeichnung.....	103
Abbildung 6-34: Architektur der Integrationssoftware.....	105
Abbildung 6-35: Beispielhafter Auszug der SolidWorks Objekt-Hierarchie.....	106
Abbildung 6-36: Beispiel-Code - Attributdefinition in SolidWorks.....	108
Abbildung 6-37: Zuweisung von Funktionen zu PDM-Ereignissen.....	110
Abbildung 6-38: Beispiel-Code - Aufruf COM-Server aus Visual Basic.....	111
Abbildung 6-39: Inhaltsverzeichnis des Konstruktionshandbuchs.....	114
Abbildung 6-40: Auszug aus dem Entwicklungshandbuch.....	115
Abbildung 7-1: Grobkonzept für die Einführung der 3D-Konstruktion.....	119
Abbildung 7-2: Online - Hilfe für das Konstruktionshandbuch.....	129
Abbildung 7-3: Algorithmus zum automatischen Löschen nicht mehr benötigter Dateien.....	130
Abbildung 7-4: Photorealistische Darstellung eines Bechers mit SolidWorks.....	131
Abbildung 7-5: Tiefziehwerkzeug.....	132
Abbildung 7-6: Variante des Tiefziehwerkzeuges gemäß Abbildung 7-5.....	133
Abbildung 7-7: Produktzuführung (Verrohrung) einer Verpackungsmaschine.....	134
Abbildung 7-8: 3D-Darstellung einer Verpackungsmaschine.....	135

Abbildung 7-9: Abgeleitete Zeichnung der 3D-Darstellung.....	135
Abbildung 7-10: 3D-Darstellung einer Tiefzieh-Station.....	136
Abbildung 7-11: Traverse mit FEM-Berechnung.....	137

11. Anhang: Konstruktionsrichtlinien für Solid Works

11.1 Anwendungsbereiche

11.1.1 Intern

Innerhalb des IWKA-Konzerns und der Tochter Hassia sind dies

- alle Konstruktionsabteilungen
- alle Anwender von SolidWorks

11.1.2 Extern

Außerhalb des Konzerns sind entsprechende Beziehungen zu pflegen und zwar zu den

- Konstruktionsbüros,
- Kunden und
- Lieferanten

damit diese eventuell auch nach dieser Richtlinie arbeiten. Bei der Auswahl neuer Partner ist darauf zu achten, dass diese mit einer derartigen Zusammenarbeit einverstanden sind. In diesem Fall sind im Zusammenhang mit SolidWorks insbesondere die

- Release
- Zeichnungsvorlagen
- Blöcke
- Normteile
- Bibliotheksfeatures

gegenseitig abzugleichen. Wenn der Partner nicht mit SolidWorks arbeitet, sind die Daten in einer Form zu übergeben, die eine Weiterverarbeitung in SolidWorks gestatten

11.2 Zuständigkeit und Einhaltung

Für die Einhaltung der Konstruktionsrichtlinien sind die Zuständigkeiten zu regeln, dies sind:

- ein CAD-Verantwortlicher und ein Vertreter für jede Abteilung
- alle SolidWorks Anwender
- VMNO

Die CAD-Verantwortlichen bilden ein Team und nehmen gemeinsam die Verantwortung für diese Konstruktionsrichtlinie durch die Organisation und Durchführung bezüglich der

- Änderungen und Erweiterungen
- Umsetzung und Verteilung
- Schulung und Anwender-Besprechungen.

11.3 Allgemeingültig

11.3.1 Grundregeln beim Speichern

11.3.1.1 Wohin wird gespeichert

Grundsätzlich erfolgt die Speicherung immer über SmarTeam in dem benutzerdefinierten Arbeitsverzeichnis: S:\workdirs → die erste Speicherung erzeugt die Profilkarte. (vgl. Abbildung 11-22).

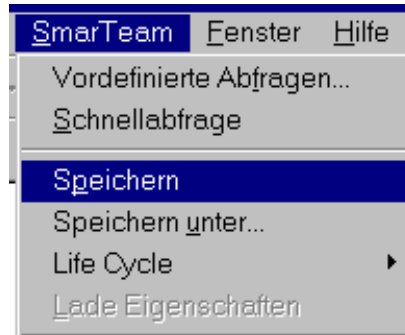


Abbildung 11-1: Funktion Speichern in SmarTeam:

11.3.1.2 In welchem Zustand werden Modelle / Zeichnungen gespeichert

Modelle und Zeichnungen haben beim Speichern folgenden Zustand:

- 3D-Teil hat die Isometrieansicht
- 3D-Teil / Zeichnung komplett im Fenster zoomen
- Alle temporären Achsen, Ebenen usw. sollten ausgeblendet werden (unter Ansichtssymbol - Darstellung ohne Häkchen)

Baugruppen nach Möglichkeit komplett darstellen und zwar in der Lage, in welcher sie später auch eingebaut werden soll.

Bei der Darstellung von Isometrien sind die Ansichten in einer bereits bekannten Form zu wählen.

11.3.2 Dokumentvorlagen

Alle firmenspezifischen IWKA-Vorlagen liegen in Form von SolidWorks-Dokumenten auf dem Laufwerk mit dem Suchpfad: Extra / Optionen / Systemoptionen / Standardvorlagen, zum Beispiel

- Teile: S:\SolidWorks\Vorlagen\Teilevorlagen\Teil IWKA.prt dot
- Baugruppen: S:\SolidWorks\Vorlagen\Baugruppenvorlagen\Baugruppen\ IWKA.asmdot
- Zeichnungen: S:\SolidWorks\Vorlagen \ Zeichnungsvorlagen \ IWKA A4.drwdot

Diese Dokumentvorlagen beinhalten alle spezifischen Eigenschaften des jeweiligen Dokumentes und können deshalb von einem Anwender nicht verändert werden.

11.3.3 Systemoptionen

Die Systemoptionen werden von einer zentralen Stelle einheitlich für alle vorgegeben und durch das System SolidWorks zu Beginn einer Sitzung bereitgestellt.




11.3.4 Sicherungsverzeichnis der Sicherungskopien

Der Anwender ist aus Gründen der Datensicherheit persönlich verpflichtet, in bestimmten Abständen über den Suchpfad: Extra / Optionen / Systemoptionen / Sicherungen Sicherungskopien zu erzeugen und diese auch zu gegebener Zeit wieder zu löschen und zwar:

- 2x Sicherungskopien auf Laufwerk C: \ Temp_SWX_Sicherung
- 1x wöchentlich den Inhalt dieses Laufwerks löschen

11.3.5 Lokaler Dateexplorer

Der lokale Dateexplorer zeigt alle Dateien aus dem Arbeitsverzeichnis (Work directory) eines Anwenders an. So zeigt zum Beispiel S:\workdirs\kam die folgenden Stati an:

- ? → Status neu oder Verbindung zur SmarTeam verloren
-  → Status schreibgeschützt geöffnet
-  → Status kopiert
-  → Status ausgecheckt

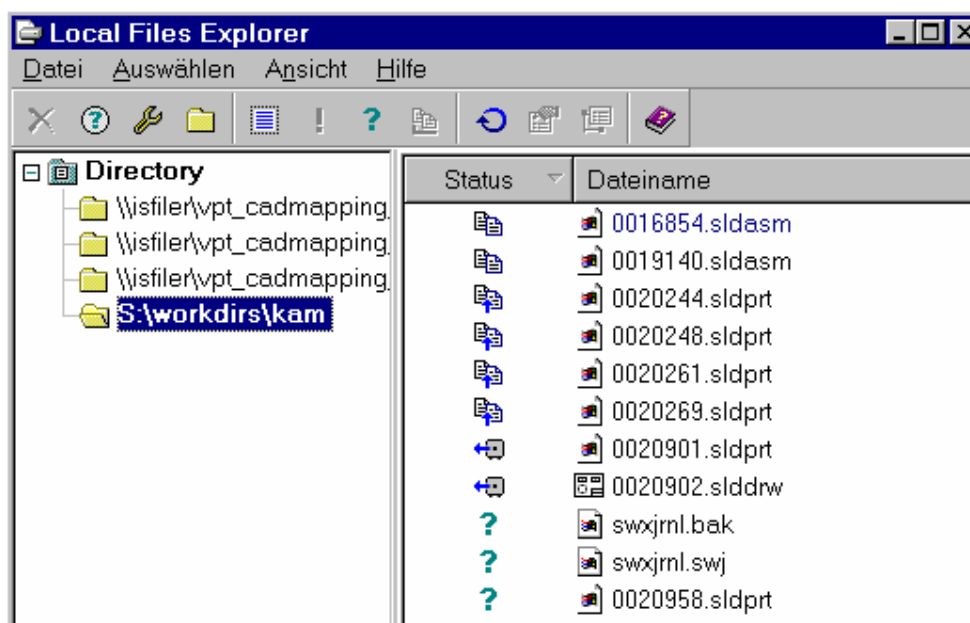




Abbildung 11-2: Lokaler Dateexplorer in SmarTeam

Um zukünftige Probleme mit unterschiedlichen Versionen zu vermeiden, ist der Anwender verpflichtet, in regelmäßigen Abständen alle Dateien aus dem Arbeitsverzeichnis (Work directory) in den Tresor einzuchecken und anschließend alle Dateien aus dem lokalen Dateieexplorer  zu löschen.

Beim Löschen der Dateien gilt die folgende Vorgehensweise:

- nach Status auf- oder absteigend sortieren
- als Block markieren, die erste Datei anklicken dann die Shift-Taste gedrückt halten und die letzte Datei auswählen
- markierte Blockdateien mit dem Schalter  löschen

11.4 Einzelteile (Part)

11.4.1 Skizzen

Jeder Teilekonstruktion liegt eine so genannte Basis-Skizze zugrunde.

11.4.1.1 Ausrichtung

- Bei einer Skizze, die ansonsten nicht voll definiert werden kann, muss ein logischer Bezug zum Ursprung bestehen.
- 3D-Modelle müssen bei Bedarf mittig ausgetragen werden.

11.4.1.2 Komplexität

Um eine unübersichtliche Skizzendarstellung zu vermeiden, sind Geometrien wie Fasen, Verrundungen, Bohrungen usw. , die als extra Feature im 3D-Modell erstellt werden können, aus der Grundskizze herauszulassen.

11.4.1.3 Definition / Bemaßung / Gleichungen

- Eine Skizze muss immer voll definiert sein (Farbe: schwarz).
- Bei der Bemaßung gibt es keine Einschränkung (horizontale, vertikale Bemaßung, Ordinatenbemaßung usw.).
- Gleichungen dürfen nur nach Absprache mit dem CAD-Verantwortlichen eingesetzt werden.

Wichtig: Bei der Anwendung der Gleichungen sind keine Konfigurationen erlaubt.

11.4.2 Features

11.4.2.1 Feature Benennung

Die von SolidWorks vorgenommene Benennung wird häufig dem Feature nicht gerecht, deshalb müssen diese bei Bedarf sinngemäß umbenannt werden.

zum Beispiel $\varnothing 10H7$ → siehe Anhang Richtlinie 1

11.4.2.2 Muster-Feature

Bei einer mehrfachen Anordnung sind die Muster-Feature zu verwenden und zwar sind hier

- Linear-, Kreis- und Komponentenmuster zu verwenden.

11.4.2.3 Fasen / Verrundungen

Die Fasen oder Verrundungen müssen

- als Feature ausgeführt,
- zusammengefasst und
- am Ende des Konstruktionsprozesses hinzugefügt werden.

Damit können diese bei Bedarf schneller als Block am Ende des Feature-Manager unterdrückt werden, um zum Beispiel eine Standard- Konfiguration zu erzeugen.

vgl. Kapitel 11.4.6 Konfigurationen

11.4.3 Toleranzangaben / Bearbeitungssymbole

Passungen und Toleranzen müssen immer im 3D-Modell zugefügt werden, da diese bei einer Ableitung einer Zeichnung dann automatisch erscheinen. Umgekehrt ist dies nicht der Fall.

11.4.4 Gewindedarstellung

Gewinde werden in einem 3D-Modell nicht dargestellt, deshalb muss

- die Gewindedarstellung (Feature) gekennzeichnet werden in der Standard-Farbtabelle: Farbe rot 2. Zeile 1. Spalte → RGB = 255 / 0 / 0.
- bei einem Außengewinde (zum Beispiel M8x15) auf einer Welle (zum Beispiel $\varnothing 8 \times 100$) die Gewindelänge mit einer Trennlinie begrenzt werden, um den Gewindebereich einfärben zu können.

11.4.5 Referenzgeometrie

11.4.5.1 Ebenen

Ebenen sind für die Erstellung von Skizzen erforderlich. Hierbei ist zu beachten:

- Nur logische Namen für die Zusatzebenen verwenden (zum Beispiel Mittelebene).
- Mit dem Ende Konstruktion müssen unbenutzte Zusatzebenen gelöscht werden. (Überprüfen der Abhängigkeiten!!!)

11.4.5.2 Achsen

Achsen sind für die Spiegelung und die Rotation hilfreich:

- Achsen können bei Bedarf hinzugefügt werden.
- Mit dem Ende Konstruktion müssen alle unbenutzte Achsen gelöscht werden. (Überprüfen der Abhängigkeiten!!!)

11.4.6 Konfigurationen

Die primäre Konfiguration „Standard“ zeigt das Einzelteil in der vereinfachten Darstellung an (zum Beispiel ohne Fasen und Verrundungen). Das vollständig ausdetaillierte Einzelteil wird in der Konfiguration „Standard (vol)“ dargestellt.

Wichtig: Die Zeichnungsableitung erfolgt immer aus der vollständigen Konfiguration.

Jede zusätzliche Konfiguration bekommt einen mit Klammern umfassten, abgekürzten Zusatznamen, der „Standard (xxx)“ lautet. Der abgekürzte Zusatzname "(xxx)" → muss aus drei kleingeschriebenen Buchstaben von a-z (keine Umlaute) oder Zahlen von 0-9 bestehen, der unter „Konfiguration hinzufügen / Anmerkung“ vollständig eingetragen werden muss.

Die folgenden Standardkonfigurationen sind bei einem Einzelteil vorgegeben:

- „Standard (abw)“ → Blechabwicklung
- „Standard (gus)“ → Gusstdarstellung
- „Standard (sch)“ → Schnittdarstellung
- „Standard (vol)“ → Vollständig ausdetaillierte Darstellung

Wichtig: Nicht benötigte Konfigurationen müssen immer gelöscht werden.

11.4.7 Externe Referenzen

Die Externen Referenzen sind so genannte Beziehungen zu anderen Teilen, auch in anderen Dateien und können deshalb eine Belastung für das Systems verursachen, deshalb ist ihre Verwendung eingeschränkt.

11.4.7.1 In Skizzen

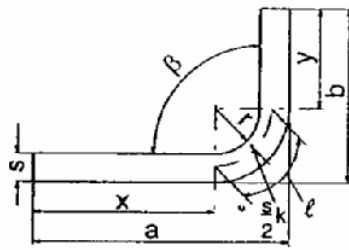
- Vor dem Einchecken müssen alle externen Referenzen in Skizzen gelöscht werden.
- Ausnahmefälle sind mit dem CAD-Verantwortlichen zu besprechen. (Externe Referenzen sind die Performance-Killer bei einem Baugruppenaufbau.)

11.4.7.2 In Features

Hier gelten ebenfalls die in Kapitel 11.4.7.1 aufgestellten Einschränkungen

11.4.8 Blechteile

Biegeradien und kleinstmögliche Schenkellängen



r = Biegeradius
 s = Blechdicke
 β = Öffnungswinkel
 ℓ = Länge der Abwicklung

Zul. Abw. der Schenkellängen a oder b

Blechdicke s	Biegeradien r		zul. Abw.	kleinstmögliche Schenkellänge b	Matrizen- Öffnungsweite w
	Baustahl	Edelstahl			
1	1,5	1,5	+ 0,5 - 0,3	7,5	8
1,5	2	2,5		10	12
2	2,5	3,5		12,5	16
2,5	3,5	5		17	24
3	4,5	5,5	+ 1,0 - 0,5	17,5	24
4	5	6		21,5	30
5	5,5	8		22,5	30
6 *)	6,5	9		33,5	50

*) Bleche mit 6 mm Dicke dürfen nur mit dem geraden Biegestempel gebogen werden. Die dafür erforderliche Preßkraft übersteigt die zul. Belastung des gekrümmten Biegestempels.

s	1 bis 3	über 3 bis 6	Die zul. Abw. gilt direkt nur für den nach Maßeinstellung gebogenen Schenkel. In den freien Schenkel geht zusätzlich die Zuschnittstoleranz ein.
zul. Abw.	± 0,5	± 1,0	

Abbildung 11-3: Richtlinien für Biegeradien

11.4.8.1 Aufbau

Beim Aufbau der Blechteile muss grundsätzlich vom Volumenmodell ausgegangen werden.

11.4.8.2 Blechparameter

11.4.8.2.1 Biegeradius

→ Siehe Anhang der Konstruktionsrichtlinie 1/97 (nicht veröffentlicht!)

11.4.8.2.2 Biegezugabe

vgl. Kap. 11.4.8.2.1 Biegeradius

11.4.8.2.3 Freischnitt-Optionen

→ Siehe Anhang Richtlinie 8

11.4.8.3 Abwicklung

Die Blechabwicklung muss unter der Konfiguration → „Standard (abw)“ abgelegt werden.

11.4.9 Farbe

Mit Hilfe der Farbe werden unterschiedliche Gruppen von Materialien dargestellt und gekennzeichnet (Die zweite Zeile beinhaltet die Standard-Voreinstellung):

- **Einzel- und Verbundteile** Farbe **grau**
 → Standard-Farbtabelle 6. Zeile 6. Spalte RGB = 192 / 192 / 192
- **Passungen** Farbe **gelb**
 → Standard-Farbtabelle 2. Zeile 2. Spalte RGB = 255 / 255 / 0
- **Gewinde** Farbe **rot**
 → Standard-Farbtabelle 2. Zeile 1. Spalte RGB = 255 / 0 / 0
- **Kaufteile** Farbe **blau**
 → Standard-Farbtabelle 2. Zeile 5. Spalte RGB = 0 / 255 / 255
- **Varboxteile / Normteile** Farbe **lila**
 → Standard-Farbtabelle 2. Zeile 8. Spalte RGB = 0 / 0 / 255
- **Bearbeitete Flächen in komplexen Teile** Farbe **burgundrot**
 → Standard-Farbtabelle 3. Zeile 7. Spalte RGB = 128 / 0 / 64

In der Baugruppe werden die Einzelteile nach Bedarf eingefärbt. Hierbei sind die folgenden Farben in der Baugruppe **nicht erlaubt**:

- **Hellgrün** → Standard-Farbtabelle 3. Zeile, 3. Spalte RGB = 0 / 255 / 0
- **blau** → Standard-Farbtabelle 4. Zeile, 5. Spalte RGB = 0 / 0 / 255
- **rosa** → Standard-Farbtabelle 1. Zeile, 1. Spalte RGB = 255 / 128 / 128

11.4.10 Normteile / Varbox

Normteile wie zum Beispiel Schrauben, Scheiben, Muttern etc. werden nicht manuell gezeichnet. Diese Teile werden innerhalb von SolidWorks über die Zusatzapplikation VarBox bereitgestellt. Alle bereits im PPS-System angelegten Teile stehen zur Verfügung.

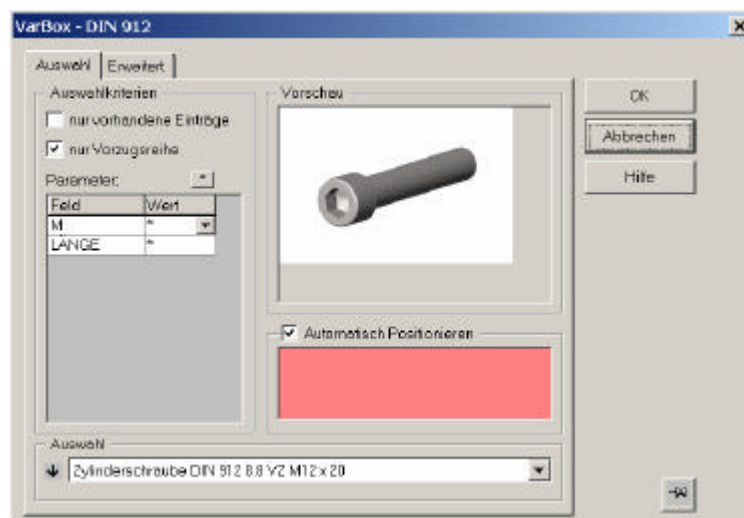


Abbildung 11-4: VarBox Dialogfenster

Die SmarTeam – Profilkarten der VarBox-Teile werden beim ersten Verbauen eines Teiles von der Applikation automatisch angelegt. Dies erfolgt anhand der bereits hinterlegten Daten (Farbe, Dichte, Sachnummer, Festigkeit etc.) in die SmarTeam-Klasse NORMTEILE. Falls Normteile benötigt werden, welche im aktuellen Teileumfang nicht vorhanden sind, ist dies an die Normenstelle zu melden. Von dort werden nach einer Prüfung die entsprechenden Teile in der VarBox bereitgestellt.

Im Normfall ist in der Abbildung 11-4 der Haken „*nur Vorzugsreihe*“ zu setzen. Dann werden nur die gängigen Größen des betreffenden Teiles angeboten. Falls eine Sondergröße unumgänglich ist, so ist der Haken temporär zu entfernen. Dann werden alle Größenvarianten des Teiles angeboten.

11.5 Baugruppe (Assembly)

In SolidWorks können Einzelteile zu Baugruppen zusammengefasst werden. Darüber hinaus können Hauptbaugruppen auch aus verschiedenen Unterbaugruppen ohne eine Begrenzung der Verschachtelungstiefe zusammengesetzt werden. Die einzelnen Teile werden innerhalb einer Baugruppe durch Beziehungen hinsichtlich ihrer Lage und Ausrichtung definiert durch

- eine absolute Positionierung, indem die Einzelteile hinsichtlich ihres Koordinatensystems so in die Baugruppe eingebracht werden, dass jeweils der Ursprung zu einem Ursprung oder eine Fläche zu einer Fläche passt. Für die Handhabung nicht immer ideal.
- eine relative Positionierung, indem die Einzelteile durch eine direkte Verbindung paarweise in Bezug zu ihrem Basisteil verknüpft werden. Für die Handhabung bei hoher Teilezahl nicht mehr überschaubar.
- ein Layout, wobei Skizzen als Gerüst dienen, mit dem die Einzelteile verknüpft sind. Das Gerüst ist gegenüber dem Koordinatensystem positioniert. Diese Methode ist die am besten handhabbare Vorgehensweise.

11.5.1 Layout

Für den Aufbau von SolidWorks-Baugruppen sind abteilungs- und produktspezifische Baugruppenvorlagen in SolidWorks abgelegt. Diese beinhalten Referenzgeometrien (Ebenen, Skizzen etc.), mit denen die Unterbaugruppen positioniert werden. (vgl. Kap. 11.5.2)

11.5.1.1 Blistermaschinenvorlagen / Abteilung VMBP

11.5.1.2 Kartoniermaschinenvorlagen / Abteilung VMKB

Umgang mit der Kartoniermaschinenvorlage siehe Richtlinie 14 „...VMKB intern“

11.5.1.3 Tubenfüllmaschinenvorlagen / Abteilung VMTU

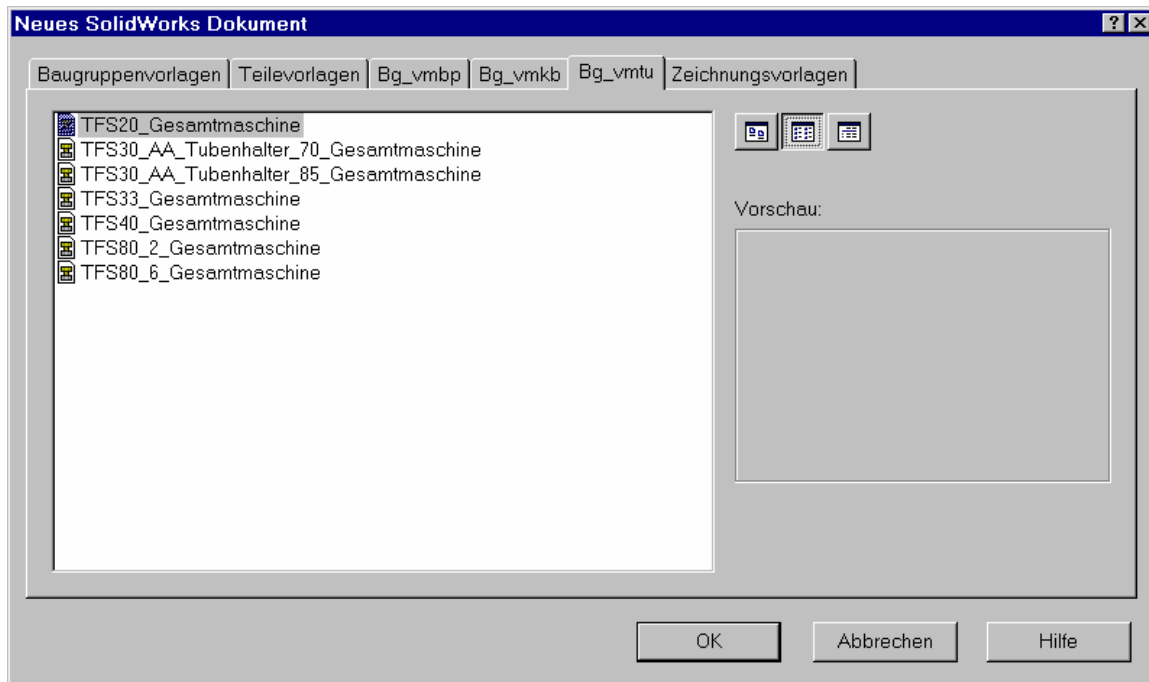


Abbildung 11-5: Bildschirm-Maske für die Tubenfüllmaschinenvorlagen

11.5.2 Referenzgeometrie

Die Maschinenbaugruppen dürfen untereinander nur über die Maschinenebenen und die Maschinenachsen, die in den Abteilungsbezogenen Maschinenvorlagen festgelegt sind, verknüpft werden.

11.5.3 Baugruppenhierarchie

Die Hierarchie ergibt sich aus der Gliederung von Einzelteilen über Unterbaugruppen bis zur Hauptbaugruppe und zwar ohne eine Beschränkung der Anzahl der Ebenen.

11.5.3.1 Baugruppenstruktur

Ohne eine gut angelegte Struktur wird jede Baugruppe sehr unübersichtlich, deshalb muss immer die folgende Struktur eingerichtet werden:

- Anlage
- Maschine
- Hauptfunktionsgruppe
- Baugruppe → entspricht der Materialstücklistenstruktur im SAP (CS03)
- Baugruppe → Verbundteile

Achtung: In SolidWorks muss die Baugruppennummer der Stückliste mit der des 3D-Modells und der Zeichnung übereinstimmen.

11.5.3.2 Baugruppengröße

In der Baugruppe ist die Anzahl der Teile möglichst gering zu halten.

11.5.4 Verknüpfungen

Innerhalb der Baugruppe müssen Teile vorzugsweise über die konzentrischen Befestigungsbohrungen oder über gemeinsame Achsen verknüpft werden.

11.5.5 Komponentenmuster

Die Funktion Komponentenmuster in der SolidWorks Baugruppe sollte nach Möglichkeit angewendet werden. Das Einsetzen einer Reihe von gleichen Komponenten, welche in gleichen Abständen (Winkel oder Abstand) in einer Baugruppe eingesetzt werden sollen, erfolgt mit einer einzigen Operation. Des weiteren können Muster (zum Beispiel für Schraubenlöcher), welche im Teil erstellt wurden, als Basis für das Komponentenmuster erhalten. Eine Änderung des Musters im Teil schlägt dann automatisch auf das Baugruppenmuster durch.

11.5.6 Baugruppenfeatures

Die Handhabung der Feature entspricht der Vorgehensweise bei Einzelteilen.

11.5.6.1 Schnitte

Der Voll-, Halbschnitt usw. wird nur über die Konfiguration definiert. → zum Beispiel „Standard (sch)“

11.5.6.2 Bohrungen

In einer Baugruppe (Verbundteil) müssen je nach Konstruktionsbedarf die Bohrungen, Gewinde usw. entweder vor oder nach dem Zusammenfügen dargestellt werden. (zum Beispiel Schweißen)

11.5.6.3 Schweißnähte

Schweißnähte müssen im 3D-Modell nicht dargestellt werden und kommen deshalb nur in der Beschriftung vor.

11.5.7 Konfigurationen

ie unter 1.4.6 getroffenen Festlegungen für Konfigurationen des Einzelteils gelten ebenso für Konfigurationen in Baugruppen.

Beispiele für Baugruppenkonfigurationen sind:

- Explosionsansicht → „Standard (exp)“
- Ansicht im Schnitt → „Standard (sch)“
- Fertigungszustand → „Standard“
- Schweißzustand → „Standard (shw)“
- Gussmodell → „Standard (gus)“

11.5.7.1 Baugruppe vereinfachen

Eine Baugruppe kann vereinfacht dargestellt werden

- durch unterdrückte Normteile
- durch unsichtbare Teile
- durch Bildung einer Konfiguration „Standard (ver)“.

11.5.7.2 Bewegungssimulation

Eine Bewegungssimulation muss durch Konfigurationen wie folgt abgebildet werden:

- „Standard“ → der Anwender muss die Baugruppe voll definieren und darf diese kinematisch nicht verändern!!!
- „Standard (dyn)“ [dynamisch] → darf kinematisch verändert werden

11.5.7.3 Min. / Max. – Zustände

Einzelteile werden in Konfigurationen durch Min. / max. – Zustände wie folgt abgebildet:

- „Standard (min)“ → zum Beispiel minimale Hubverstellung
- „Standard (max)“ → zum Beispiel maximale Hubverstellung

11.5.8 Ersatzkomponenten (Hülle)

Für Kundenbestellungen (vgl. Kap. 11.7.1.7) oder für Aufstellpläne sind aus den SolidWorks-Baugruppen Einzelteile zu erstellen. Zunächst wird ein neues Teil in die betreffende Baugruppe eingefügt. Anschließend werden im Kontext dieses Teiles über den Befehl „Einfügen – Feature – Verschmelzen“ alle Komponenten der Baugruppe zu einem Teil verschmolzen. Zur Performance-Steigerung müssen nach dieser Operation die externen Referenzen zwischen Teil und Baugruppe über den Befehl „Externe Referenzen“ gesperrt werden.

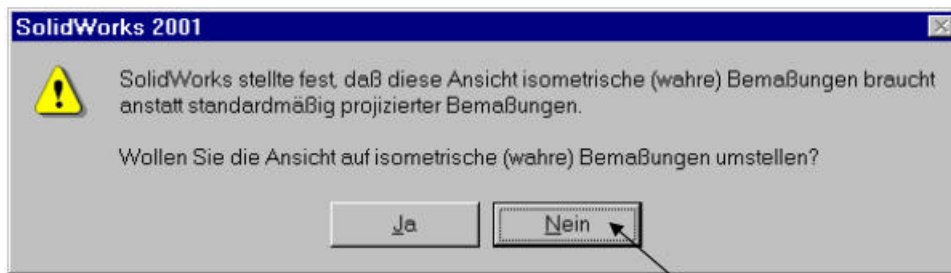
11.6 Zeichnungen (Drawing)

Vorrang muss immer die eindeutige Zeichnungsdarstellung haben, die aus einem 3D-Modell abgeleitet ist.

11.6.1 Zeichenansichten

Die erste Zeichenansicht muss immer als benannte Ansicht und aktuelles Modell angelegt werden → siehe Anlage Richtlinien 5 und 11.

Die isometrische Ansicht muss immer als benannte Ansicht und aktuelles Modell angelegt werden, die auf der Zeichnung rechts unten verkleinert dargestellt werden muss. Einfache Teile sind aus dieser Regelung ausgenommen.



Immer Nein drücken

Abbildung 11-6: Umschaltung auf wahre Bemaßungen in SolidWorks

11.6.2 Bemaßung

Horizontale, vertikale Bemaßung, Ordinatenbemaßung usw. sind erlaubt.

Bei Bedarf (zum Beispiel Passung) muss die Modellbemaßung in die Zeichnung übernommen werden, nicht benutzte Maße bitte markieren und ausblenden (RMT = rechte Maustaste).

Über den Befehl „*Ansicht Beschriftungen einblenden/ausblenden*“ können die Maße (in grau dargestellt) wieder eingeblendet werden und durch Markieren (Kreis schwarz / weiß) voll in der Farbe schwarz dargestellt werden.

Vereinfachte Bohrung-, Gewinde-, Senkungsdarstellung nach DIN30 ist noch zu prüfen.

11.6.3 Schnittlinien

In der Zeichnung muss der Schnittlinienverlauf mit Beziehungen voll definiert sein (Farbe: schwarz).

Bei abgeknickten Schnittlinien ergeben sich in der Schnittansicht zusätzliche Kanten, die nicht normgerecht sind, aber von der VMNO akzeptiert werden.

11.6.4 Mittellinien / Mittelkreuze

Die Mittellinien und Mittelkreuze sollten erst zum Schluss der Zeichnungserstellung eingesetzt werden, da sonst die temporären Achsen überdeckt werden. Diese aber müssen für die Bemaßungserstellung verwendet werden, damit keine gesteuerten Bemaßungen entstehen.

Für zusammenhängende Bohrungen, Wellen usw. müssen immer die Mittellinien verwendet werden, die mit Beziehungen zu Achsen (deckungsgleich) versehen sind.

Für einzelne Bohrungen sind die Mittelkreuze zu bevorzugen.

11.6.5 Beschriftungen

11.6.5.1 Zeichenansicht

Beschriftungen in der Zeichenansicht sollten nur bei Bedarf angewendet werden.

11.6.5.2 Zeichenblatt

Der Zeichnungskopf muss automatisch über die SmarTeam-Profilkarte ausgefüllt werden.

Achtung: Keine manuellen Einträge in den Zeichnungskopf einfügen.

11.6.5.3 Blocksymbole

Blocksymbole sind abgelegt unter **S:\SolidWorks\Blöcke**

- Allgemein
- Brenn- und Plasmaschnitt
- Kunststoffschichten
- Kurven
- Oberflächenbehandlung
- Schweißen und Nieten
- Skala
- Toleranzen
- Verzahnung
- Wärmebehandlung
- Werkstückkanten
- Zentrierung

Achtung: Blöcke müssen der jeweiligen Ansicht angehören, deshalb muss immer der „*Ansichtfocus sperren*“ aktiviert werden und somit der Blockeinfügekpunkt gesetzt werden. Leider wird der Block irgendwo in der Zeichnung platziert und gehört nicht mehr der zuvor gesperrten Ansicht an, sondern zum Blatt. (SW-Fehler)

11.6.6 Abwicklungen von Blechteilen

Die Konfiguration „Standard (abw)“ muss immer als *benannte Ansicht* und *aktuelles Modell* angelegt werden.

11.6.7 Stückliste

Grundsätzlich sind für Stücklisten zwei Vorlagen verfügbar. Die Vorlage „STÜCKLISTE_LANG“ unterscheidet sich von der „STÜCKLISTE_KURZ“ durch zusätzlich eingeblendete Herstellerangaben für Kaufteile. Für Baugruppen in denen Kaufteile verbaut sind, ist eine Stückliste auf Basis der Vorlage „STÜCKLISTE_LANG“ zu erstellen. Ist dies nicht der Fall, kann die „STÜCKLISTE_KURZ“ verwendet werden. Bei Zeichnungen, in denen keine Stückliste auf dem Zeichnungsblatt erscheinen soll, wird für die PPS - Übergabe die Stückliste neben dem eigentlichen Zeichnungsblatt positioniert. In jedem Fall sind die Positionsnummern in der Zeichnung durch die Sachnummern der Einzelkomponenten zu ersetzen. Dies geschieht mittels der Funktion „*Stücklistensymbole*“ aus der VarBox.

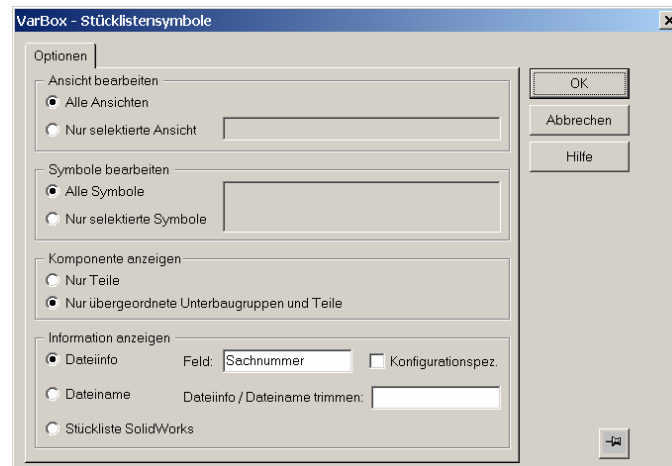


Abbildung 11-7: Ersetzen der Positionsnummern gegen Sachnummern in der VarBox

11.7 Sonderfälle im Einzelteile- und Verbundteilaufbau

11.7.1 Einzelteile (Part)

11.7.1.1 Gespiegelte Teile

Teile, die mit der Funktion „Teil spiegeln“ erstellt sind, besitzen Abhängigkeiten, die so genannte „Kinder / Elternbeziehung“ und sind deswegen nicht erlaubt.

Ausnahmefälle müssen mit dem CAD- Verantwortlichen besprochen werden.

Achtung: Bei gespiegelten Teilen wird die Gewindedarstellung verworfen. → siehe Anhang Richtlinie 6

11.7.1.2 ZF7 Teile

Alle unten aufgeführten ZF7 Teile bekommen in der SmarTeam-Profilkarte und in SAP die Benennung **ZF7 Abschnitt**. (Hinweis: SML = Sachmerkmaleiste)

- **Unbearbeitete ZF7 Abschnitte mit SML** (Wiederholteile ohne mechanische Bearbeitung) sollen weiterhin Gültigkeit haben und eingesetzt werden.

Achtung: Bei einer Änderung der Geometrie von einem unbearbeiteten zu einem bearbeiteten ZF7 Abschnitt muss eine neue Sachnummer vergeben werden.

- **Bearbeitete ZF7 Abschnitte ohne SML** (im Verbund eindeutig oder in separater Ansicht dargestellt) müssen immer mit eigener Sachnummer versehen werden. Vorhandene 2D-System-Sachnummern müssen bei der Übernahme in SolidWorks per Änderungsantrag durch neue ersetzt werden.

Bei Änderung der Geometrie am bearbeiteten ZF7 Abschnitt (Part) ist daran zu denken, dass nicht nur das dazugehörige Verbundteil (Assembly) sondern auch der bearbeitete ZF7 Abschnitt mit einem Änderungsantrag geändert werden muss. Es ist dabei zu prüfen, ob der ZF7 Abschnitt mehrere Verwendungen hat. Wenn dies zutrifft, muss eine neue Sachnummer vergeben werden.

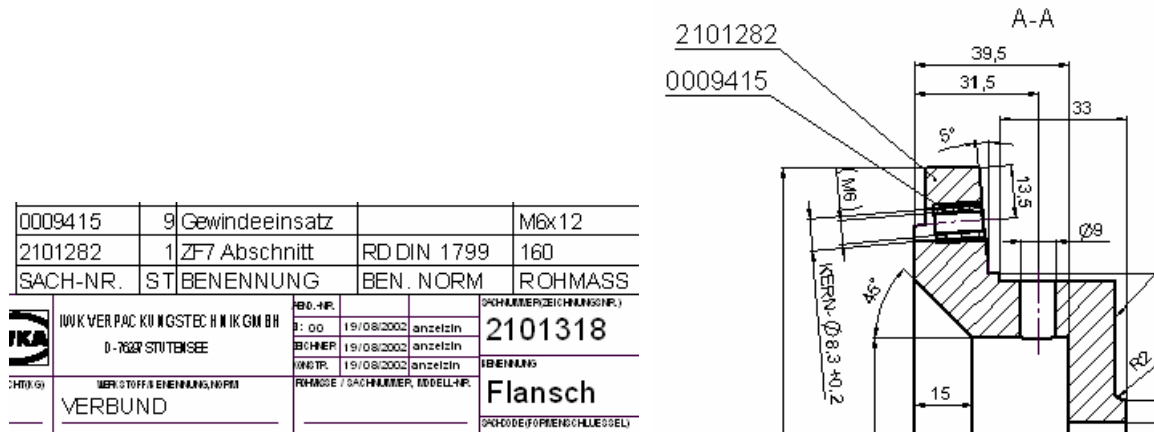


Abbildung 11-8: Stückliste bei ZF7 Abschnitten

- Fertigbearbeitete Rohlingsteile (zum Beispiel 2101282), die zum Beispiel im Verbund mit Gewindeeinsätzen zusammenlaufen, müssen als ZF7 Abschnitte benannt werden.
Vorhandene 2D-System-Zeichnungen müssen bei der Übernahme in SolidWorks per Änderungsantrag durch neue ZF7 Abschnitte ergänzt werden.
- Zulaufteile, die mit dem Verbundteil komplett nach einer Zeichnung von externen Lieferanten bezogen werden, sind als ZF Abschnitte zu benennen.

vgl. auch 11.7.2.2

11.7.1.3 Kaufteile

Ein Kaufteil (Part) ist nur ein Katalogteil ohne Zeichnung. In SmarTeam muss die Sachnummer immer 7-stellig (zum Beispiel 0027910) eingetragen werden, zum Beispiel bei einem:

Gelenkkopf: muss im 3D-Modell eine Zusatzebene „Ursprung2 Drehpunkt“ und eine Skizze mit einem Punkt aufgebaut werden. (vgl. Teil 0027910)

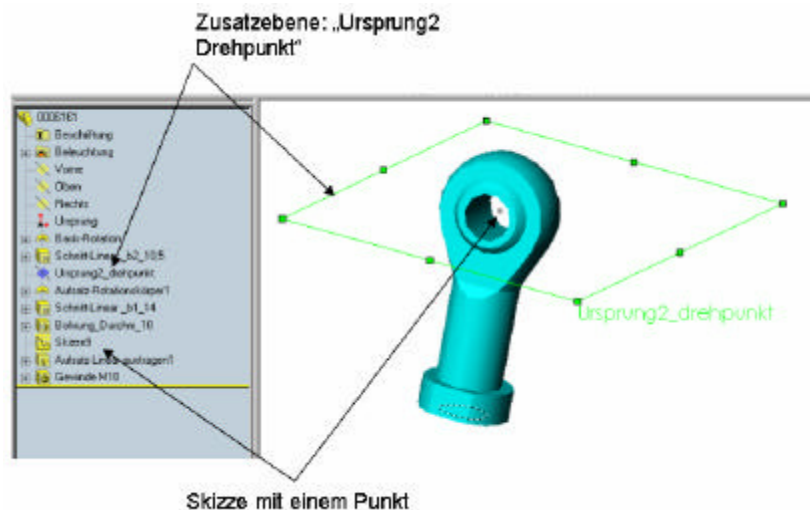


Abbildung 11-9: Gelenkkopf

Ausnahmefälle, die nicht als Einzelteile sondern als Baugruppe gelten, müssen mit dem CAD-Verantwortlichen besprochen werden und sind unter dem Kapitel 11.7.1.3 festgelegt.

11.7.1.4 Katalogteile nach Zeichnung

Katalogteile nach Zeichnung sind immer Einzelteile (Part).

Beispiel:

- Zahnriemen 2094342 und Zahnriemenrad 2116860
- Kette und Kettenrad

Zahnriemen, Zahnriemenrad, Ketten und Kettenrad werden in der Standardkonfiguration vollständig dargestellt. Aus der Standardkonfiguration wird dann die Zeichnung abgeleitet, wie die beiden nachfolgenden Abbildungen zeigen:

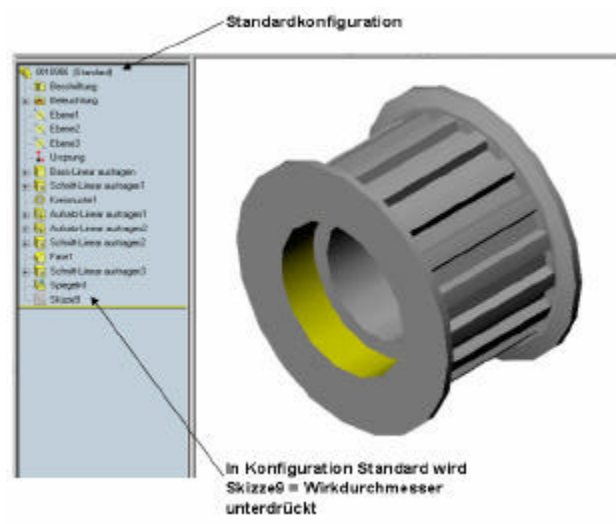


Abbildung 11-10: Zahnriemenrad 2116860 (Teil) in der Standardkonfiguration

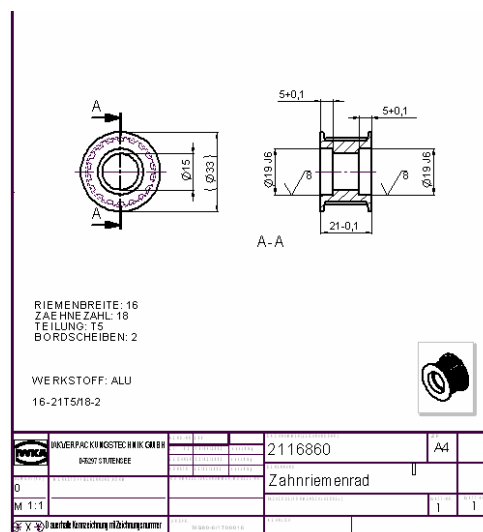



Abbildung 11-11: Zahnriemenrad 2116860 (Zeichnung)

Die vereinfachten Konfigurationen von Zahnriemen, Zahnriemenrad, Ketten und Kettenrad ermöglichen für die Baugruppe erheblich schnellere Aufbauzeiten.

Beispielhafte Vorgehensweise beim Erstellen einer vereinfachten Konfiguration am Beispiel Zahnriemenrad 2116860:

- KonfigurationsManager  aktivieren,
- Konfiguration markieren, mit der rechten Maustaste Kontextmenü öffnen und **Konfiguration hinzufügen** anklicken,

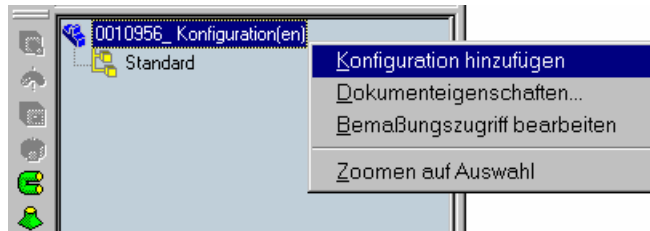


Abbildung 11-12: Kontextmenü in SolidWorks

- Konfigurationsname „**Standard (ver)**“ eintragen und mit **OK** bestätigen,

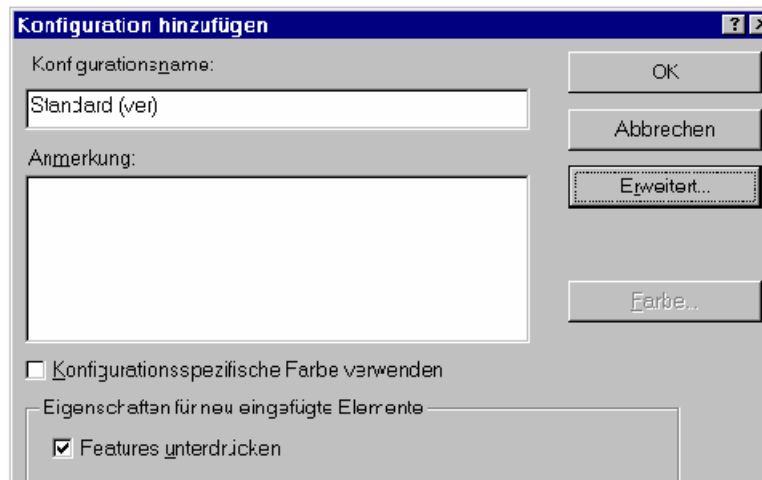



Abbildung 11-13: Dialogfeld für neue Konfigurationen

- Konfiguration **Standard (ver)** mit **Doppelklicken** aktivieren,



Abbildung 11-14: neu angelegte Konfiguration

- **FeatureManager**  aktivieren,
- Feature: **Schnitt-Linear austragen1** und **Kreismuster1**, die die Zahnkonstruktion darstellen, werden **unterdrückt**.

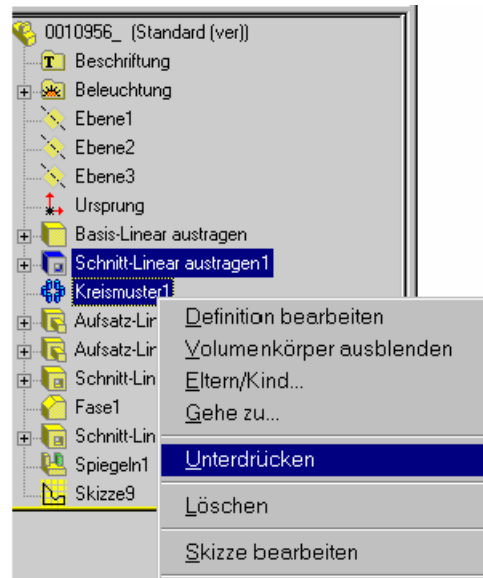


Abbildung 11-15: Unterdrücken von Features in SolidWorks

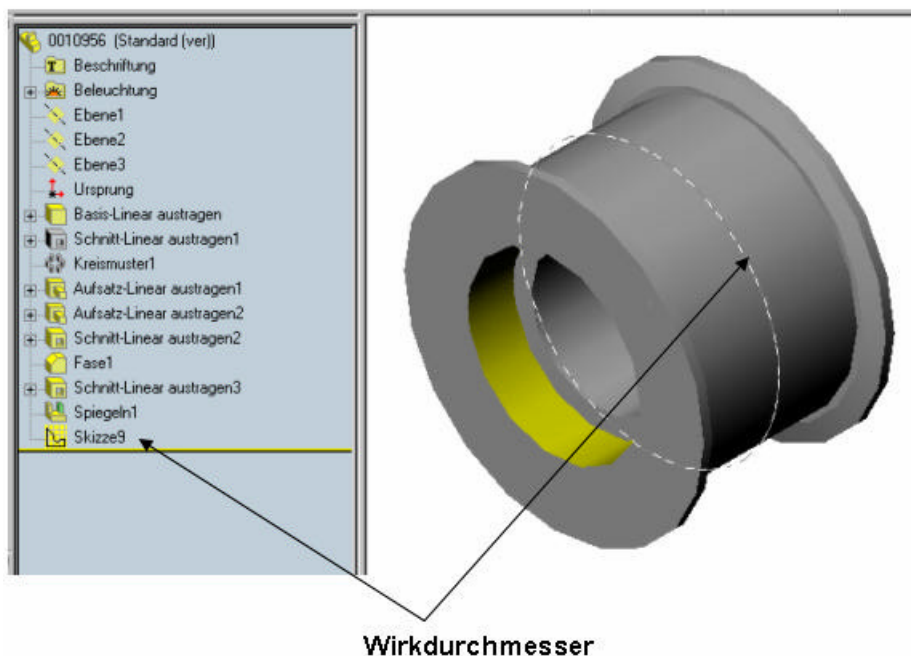


Abbildung 11-16: Zahnriemenrad 2116860 (Part) in der vereinfachten Konfiguration

11.7.1.5 Teile ohne Halbzeug nach Zeichnung

Teile ohne Halbzeug nach Zeichnung sind immer Einzelteile (Part).

Beispiel:

- Kunststoff- oder Sicherheitsglas-Scheiben zum Beispiel PMMA- Scheibe

11.7.1.6 Geklebte Abdeckhauben

Geklebte Abdeckhauben sind aus einem Teil (Part) zu konstruieren. Dadurch wird auf die Darstellung der Stossstellen (Gehrung) auf der Zeichnung (Drawing) verzichtet. Wenn es konstruktiv notwendig ist, werden die Stossstellen nur auf der Zeichnung dargestellt.

11.7.1.7 Kundenbeistellung

Kundenbeistellungen werden als Einzelteil (Part) behandelt. Jedes Teil bekommt eine neue Sachnummer. Beim Halbzeug sind die folgenden Sachnummern zu verwenden:

- **301002** Kundenbeistellung
- **301119** Kundenbeistellung Lieferung erfolgt an VMTU

11.7.1.8 Elektroteile

Elektroteile werden immer als Kaufteil (Part) behandelt. Die unterschiedlichen Einbaustände müssen über Konfigurationen definiert werden. In der mechanischen Baugruppe müssen alle befestigten elektrischen Komponenten wie zum Beispiel Sensoren, Initiatoren, Motoren usw. dargestellt werden.

11.7.2 Verbundteile (Assembly)

11.7.2.1 Einzelteile mit Gewindebuchsen

Ein Einzelteil mit Gewindebuchse ist als Baugruppe (Verbund in der Profilkarte auswählen) zu behandeln. Eine Gewindebuchse muss immer als Kaufteil in der Profilkarte definiert werden.

11.7.2.2 Schweißkonstruktionen

- Eine **einfache Schweißkonstruktion** → **Zeichnung besteht aus einem Blatt** und ist ein Verbund (Assembly) , bisher nur mit einer Konfiguration „Standard“, die dem Fertigungsmodell entspricht, im 2D-System „geschweißt“. Die abgeleitete Zeichnung enthält sowohl die Schweißmaße als auch die Fertigungsmaße.
- Eine **komplexe Schweißkonstruktion** → **Zeichnung besteht aus zwei oder mehreren Blättern** (zum Beispiel Rahmen-Gestellkonstruktion) und ist ein Verbund (Assembly).

Bisher im 2D-System „geschweißt“ mit einer Konfiguration „Standard“ für das **Fertigungsmodell** und einer zusätzlichen Konfiguration „Standard (shw)“, die dem **Schweißmodell** entspricht.

Jetzt enthält die abgeleitete Zeichnung gemäß Abbildung 11-17 mindestens zwei Blätter, die umbenannt werden müssen. Das **Blatt1** in „geschweißt“ und **Blatt2** (Blatt3...) in „**Bearbeitung**“.

Vorgehensweise: **RMT** (rechte Maustaste) drücken → Eigenschaften → Name „Blatt1“ überschreiben → **OK** drücken.

Aus den zwei Blättern resultieren dann zwei Zeichnungen, die immer das gleiche DIN-Format haben müssen.

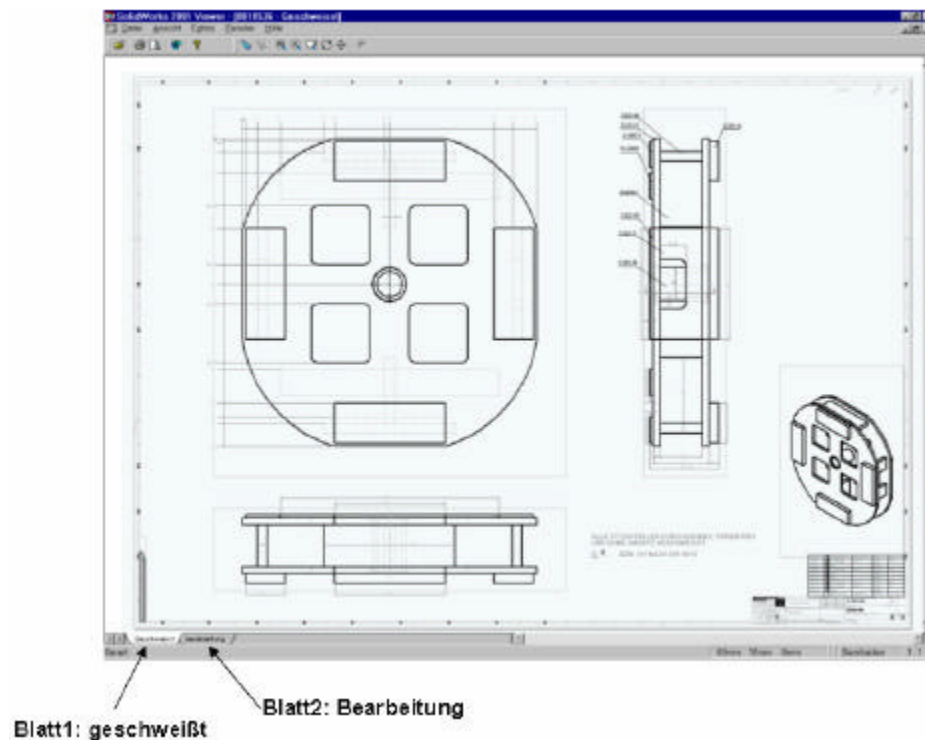


Abbildung 11-17: Dokumentation von geschweißten Baugruppen

Achtung:

- a) Bei Anwendung von **unbearbeiteten ZF7 Abschnitten mit SML** müssen die burgunderrot gekennzeichneten Bearbeitungsflächen (vgl. Kap. 11.4.9) in der Rahmenkonstruktion erst nach dem Schweißen als Baugruppenfeatures erfolgen.
 - b) Beim Einsetzen **der bearbeiteten ZF7 Abschnitte ohne SML** darf die Bearbeitung im Einzelteil erfolgen. In der Verbundzeichnung (Drawing) wird das Einzelteil in einer separaten Ansicht dargestellt und mit einer Sachnummer des 3D-Modells versehen.
- Eine **Schweißkonstruktion externer Lieferanten (zum Beispiel Fa. Neumo)** ist ein Verbund (Assembly). Die Zulaufteile werden als Einzelteile behandelt, bekommen eine Sachnummer (im SAP Materialart: ZZNG→Z-Zeichnung siehe Beispiel 2126553), eine Standardbenennung ZF7 Abschnitt und einen Halbzeugeintrag in der Profilkarte mit einer „K-Nummer“ (zum Beispiel K75).

Für diese Fälle muss die erweiterte Excel-Stückliste (Schweißstempel) „Stückliste_lang.xls“ verwendet werden.

Bei Bedarf die unbenutzten Spalten ausblenden

SACH-NR.	ST	BENENNUNG	BEN. NORM	ROHMASSE	WERKSTOFF	HERSTELLER	HERST. BEZ.	ENTSPR. NORM	SACH-NR.
2126553	1	ZF7 Abschnitt	RCHRBOGEN DIN11852	DN 125	14404				K75
2126539	1	ZF7 Abschnitt	RCHRBOGEN DIN11852	DN 125	14404				K75
2118914	1	Halter	BL EN 10029	5	14571+2D				7293
2126555	1	ZF7 Abschnitt	RCHR DIN 11850	DN 125	14404				K76

Abbildung 11-18: Stückliste_lang.xls

11.7.2.3 Kaufteile

Nur nach Absprache mit dem CAD-Verantwortlichen dürfen bestimmte Katalogteile als Verbund (Assembly) angelegt werden. Die Katalogteile können mit oder ohne Zeichnung sein.

Beispiel:

- **Linearführung** ist ein Verbund (Assembly). Die IWKA-Sachnummer wird dem Verbund zugeordnet. Die Einzelteile: Wagen und Führungsleiste werden nur mit der ID-Nummer versehen. Beim Einbauen in die Baugruppe ist darauf zu achten, dass die Konfiguration „Standard“ fest fixiert ist (keine Freiheitsgrade dürfen offen bleiben).

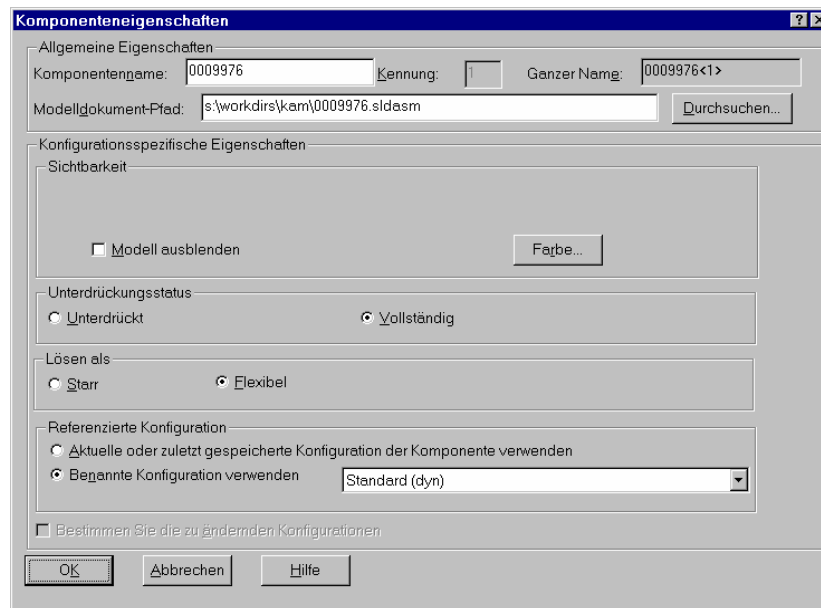


Abbildung 11-19: Komponenteneigenschaften der Linearführung

Achtung:

a) Wenn eine Linearführung zwei oder mehrere Wagen hat, müssen diese bei der dynamischen Konfiguration „Standard (dyn)“ voneinander unabhängig sein, damit die mehrfache Anwendung in den unterschiedlichen Maschinenbaugruppen gewährleistet ist. Bei Beendigung der Konstruktionsbaugruppe muss die Konfiguration „Standard (dyn)“ mit der Maschinenbaugruppe über Abstandsverknüpfungen fixiert werden.

b) Die Konfiguration „Standard (dyn)“ kann nur einmal pro Maschinenbaugruppe flexibel eingebaut werden. Jedes weitere Teil kann nur starr eingebaut werden.

c) Eine Abhilfe bringt die zusätzliche Konfiguration „Standard (dy2)“, die der Linearführung zugefügt wird. Anschließend kann die Konfiguration „Standard (dy2)“ flexibel in die Maschinenbaugruppe integriert werden.

11.7.3 Gussteile

- **Einfaches Gussteil → mit Zeichnung:**

Im 2D-System besteht ein einfaches Gussteil aus einer Zeichnung zum Beispiel 1016010 und ist als Gussmodellhalbzeug im Zeichnungskopf 347932 / D eingetragen.

In SmarTeam ist das Gussfertigungsteil 1016010 als Einzelteil (Part) mit der Konfiguration „Standard“ und das Gussmodellhalbzeug 347932 ohne Änderungsstand in der Werkstoffliste einzutragen.

Die abgeleitete Zeichnung (Drawing) enthält sowohl die Gussmaße, als auch die Fertigungsmaße auf einem Blatt.

Der Änderungsstand des Gussmodellhalbzeugs 347932 / **04** wird im Zeichnungskopf (Zahl, nicht Buchstabe) eingetragen.

- **Gussfertigungsteil und Gussmodell → mit zwei separaten Zeichnungen:**

Im 2D-System besteht ein Teil aus zwei separaten Zeichnungen, einem Gussmodell 300834 und einem Fertigungsteil 2036798.

In SmarTeam ist das Gussmodell 300834 ein Einzelteil (Part) mit einer abgeleiteten Gussmodellzeichnung (Drawing). Das Fertigungsteil 2036798 ist ein Verbund (Assembly), zu dem das Gussmodell als Komponente zuläuft. Die Fertigungszeichnung (Drawing) wird aus dem Verbund abgeleitet.

11.7.4 Brenn-, Plasmaschnitt-, Laserschnitt-Teile

Brennteile	→	Baustahl
Plasmaschnitt-, Laserschnitt-Teile	→	Stahl rostfrei

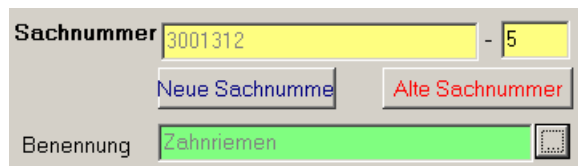
- **Brenn-, Plasmaschnitt-, Laserschnitt-Teil ohne Bearbeitung** ist ein Einzelteil (Part) mit einer abgeleiteten Zeichnung. Das Einzelteil als Komponente wird direkt in die Baugruppe oder zu einem Verbund (Assembly) eingebracht. Im Verbund ist die Bearbeitung durch die Baugruppenfeatures dargestellt.
- **Brenn-, Plasmaschnitt-, Laserschnitt-Teil mit Bearbeitung** ist ein Einzelteil (Part) mit einer abgeleiteten Zeichnung. Das 3D-Modell (Part) entspricht der Geometrie nach dem Bearbeiten. Erst in der Zeichnung wird die Rohlingsgeometrie mit der Strich-Punkt-Punkt-Linie und mit Außenmaßen in Klammern dargestellt.

11.7.5 Nacharbeiten

- **Nacharbeiten** können sowohl ein Einzelteil (Part) als auch ein Verbund (Assembly) sein. Je nach dem Ursprungsteil, aus dem das Nacharbeitsteil kopiert wird. Die kopierte Zeichnung muss so verputzt werden, dass nur die nachgearbeiteten Maße und eventuell Außenmaße in Klammern platziert werden. Die „NACHARBEIT“ in Schrifthöhe 5mm und das Material in Schrifthöhe 3,5mm wird oberhalb des Zeichnungskopfes dargestellt.

11.7.6 Elastische Teile (Riemen, Federn, Ketten usw.)

Einfache "elastische Teile" wie zum Beispiel Federn werden anhand von Konfigurationen abgelegt. (vgl. Kap. 0) Für kompliziertere Teile wie zum Beispiel Riemen oder Ketten, deren variierenden Einbausituationen nicht mittels Konfigurationen in einer einzigen Datei hinterlegt werden können, muss für jede Einbausituation eine separate Datei angelegt werden. Diese Dateien bekommen in SmarTeam immer die gleiche Sachnummer. Die Eindeutigkeit der Sachnummer wird durch einen automatisch angehängten, fortlaufenden Zähler gewährleistet.



The screenshot shows a software interface for entering part information. At the top, there is a label 'Sachnummer' followed by a text input field containing '3001312' and a small box containing '5'. Below this are two buttons: 'Neue Sachnummer' (highlighted in blue) and 'Alte Sachnummer' (highlighted in red). At the bottom, there is a label 'Benennung' followed by a text input field containing 'Zahnriemen' and a small icon button.

Abbildung 11-20: Sachnummernvergabe in SmarTeam

Bezüglich des Modellieren einer Schraubenfeder:

→ Siehe Anhang Richtlinie 4

11.7.7 Kleber, Öle, Tuben

Kleber, Öle oder ähnliche Zugabepositionen sind Stücklisteneinträge hinter denen eigentlich keine Geometrie liegt. Um dennoch automatisch eine vollständige Stückliste ableiten zu können, werden für diese Komponenten SolidWorks-Teiledaten ohne Geometrie in SmarTeam angelegt. Diese tragen die entsprechenden Stücklistenattribute. Die Dateien werden bei Gebrauch auf den Ursprung der betreffenden SolidWorks-Baugruppe abgelegt.

11.7.8 Meterware (Schläuche, Kabel usw.)

Meterware wie zum Beispiel Schläuche, Kabel oder Rohre werden in SmarTeam als Teile ohne Sachnummer gespeichert.

Kennzeichnung für Meterware

Halbzeugsachnummer

Abbildung 11-21: Eintragungen bei Meterware

Als Teiletyp ist in dem entsprechenden Feld „Meterware“ auszuwählen. Wichtig ist die Angabe des verwendeten Halbzeuges. In der Stückliste werden alle Komponenten mit gleicher Halbzeug-Sachnummer in einer Position zusammengefasst. Dabei werden die Inhalte des Feldes der Variablen Dimension (zum Beispiel Länge bei Ketten oder Schläuchen, etc.) aufsummiert. Für den richtigen Stücklisteneintrag ist also das korrekte Eintragen zum Beispiel der Länge in das dafür vorhergesehene Feld wichtig.

11.8 Datenverwaltung

11.8.1 Was muss in einer Profilkarte alles ausgefüllt werden

Die für jedes Teil / Baugruppe auszufüllenden SmarTeam – Felder sind auf der Profilkarte des Objektes in Grün gekennzeichnet. Felder, welche vom System automatisch beschrieben werden, sind an der blauen Farbe zu erkennen. Weiße Felder müssen je nach Bauteiltyp ausgefüllt werden. So müssen bei Kaufteile die entsprechenden Hersteller – Felder beschrieben werden, während dies bei Eigenfertigungsteilen nicht notwendig ist. Die Feldinhalte der Zeichnungsprofilkarte werden alle automatisch befüllt. Die Inhalte der rot eingefärbten Felder stammen aus dem 3D-Modell beziehungsweise der Zeichnungsdatei selbst. Die übrigen Felder sind wie bei Teil / Baugruppe blau eingefärbt. Es handelt sich daher um Systemfelder.

11.8.2 Umgang mit dem Arbeitsbereich (Work directory)

Für jeden Benutzer ist ein Arbeitsbereich eingerichtet, in dem die von ihm im Zugriff befindlichen Dateien abgelegt werden. Beim Auschecken oder bei der Neuanlage von Dateien über SmarTeam werden diese automatisch in diesem Bereich gespeichert.

Der Inhalt des Arbeitsverzeichnisses beziehungsweise die Stati, der sich im Arbeitsverzeichnis befindlichen Dateien, müssen mit dem lokalen Dateieexplorer in SmarTeam regelmäßig überprüft werden (vgl. Kap. 11.3.5).

Beim Arbeiten mit mehreren verschiedenen Dateien füllt sich mit der Zeit das Arbeitsverzeichnis. Um Nebeneffekte beim Bearbeiten dieser Dateien und deren Versionen zu

vermeiden, sowie um die Übersichtlichkeit des Arbeitsverzeichnisses zu bewahren, ist dieses mittels des lokalen Dateixplores von Zeit zu Zeit zu bereinigen.

11.9 Freigabe

Die Freigabe erfolgt durch die VMNO Abteilung.

Als Voraussetzung zur Freigabe gilt:

Bevor ein Dokument zur Freigabe gegeben wird, muss zunächst sichergestellt sein, dass die entsprechenden Felder der Profilkarte ausgefüllt sind (vgl. Kap. 11.8.1). Außerdem ist bei der Freigabe von Baugruppen darauf zu achten, dass in der Gesamtstruktur nur aktuelle Teile (kein roter Punkt) , verwendet werden.

Für die Version und die Revision gilt:

Die Version auf einer Profilkarte besteht aus zwei zweistelligen Zahlen, die durch einen Punkt getrennt sind.

Class	Sachnummer	Version	Benennung	ID-Nummer	Status	Infotext
650	2034925		Achse	0000962		
651	2034925	a.0	Achse	0000962		
652	2046549		Ring	0000436		
653	2046959		Klotz	0000381		
654	2046960		Platte	0000466		
655	2046962		Halter	0000498		
656	2046963		Achse	0000543		
657	2046965		Halter	0000544		
658	2046963		Lager	0000467		
659	2051198	00.03	Duese	0007113	Checked In	Zeichnung in CADAM
660	2051373		Bolzen	0000963		
661	2051564	00.00	Verteiler	0008070		Vorstelteil
662	2062069	00.00	Weiche	0008092		
663	2062069	00.00	Stange	0008089		
664	2068475	00.00	Bolzen	0008025		
665	2069313	00.03	Stange	0007102		Stange IBL Füllrohr M
666	2069851	00.03	Absperstoessel	0007112		Zeichnung in Cadam
667	2069852	00.03	Abspernduese	0007120		Zeichnung in Cadam
668	2072148		Kurve	0000998		
669	2072227		Welle	0000953		
670	2072228		Welle	0000954		
671	2072230		Blech	0000958		Zchnng. siehe CADAM
672	2072231		Platte	0000980		AENDERUNG 01
673	2072231	a.0	Platte	0000980		AENDERUNG 01
674	2072232	a.1	Halter	0000986		
675	2072232		Halter	0000986		AENDERUNG 03 Nr.
676	2072232	a.0	Halter	0000986		
677	2072233		Leiste	0000967		
678	2072233	a.0	Leiste	0000967		
679	2072234		Spindel	0000976		Aenderung 01 Nr. 57
680	2072235		Einzelteil	0001011		AENDER. 02 NR. 57

Version = Zeichnungsindex z.B. 00




Revision = Konstruktionsphasen z.B. 03

Checked In (eingescheckt)

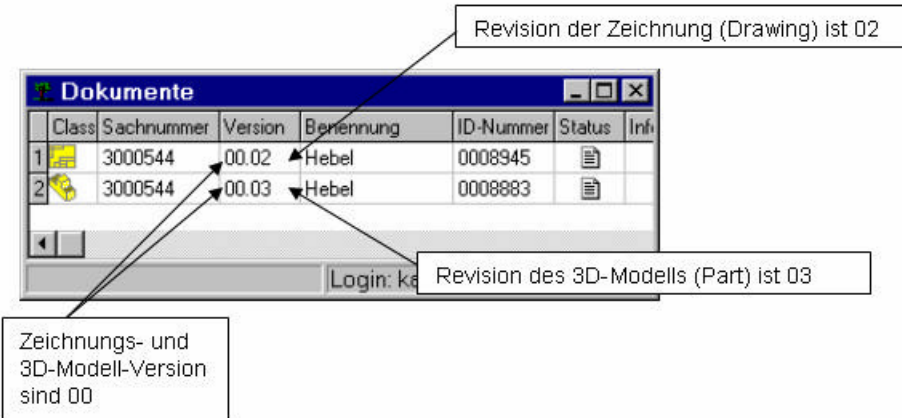
Abbildung 11-22: Anzeige des Dokumentstatus auf der Profilkarte





- Die **vordere Zahl** ist die **Version**, diese entspricht dem Zeichnungsindex (ZI) im SAP-System und wird bei der Funktion → *Lebenszyklus* → *Neue Version* hochgezählt.
- Die **hintere Zahl** ist die **Revision** und stellt die verschiedenen Zustände der Konstruktionsphasen dar.

Revision gibt es nur bei Status:

- **New (neu)** 
- **Checked In (eingescheck)** 
- **Checked Out (ausgescheck)** 

In der Konstruktionsphase müssen abhängige Dokumente (Part/Assembly, Drawing) immer den gleichen Versionsstand haben, aber nicht den gleichen Revisionsstand.



	Class	Sachnummer	Version	Benennung	ID-Nummer	Status	Info
1		3000544	00.02	Hebel	0008945		
2		3000544	00.03	Hebel	0008883		

Revision der Zeichnung (Drawing) ist 02

Revision des 3D-Modells (Part) ist 03

Zeichnungs- und 3D-Modell-Version sind 00

Login: ka

Abbildung 11-23: Darstellung der Versionsstände von Model und Zeichnung

Bei Zeichnungen (Drawing), Einzelteilen (Part) und Baugruppen (Assembly) sind die alten Revisionen zu löschen.

Eine Ausnahme bilden gravierende technische Unterschiede (Lösungen):

Beispiel für das Löschen eines alten Revisionsstandes in SmarTeam:

Alle Dokumente: Dokumente								
	Class	Sachnummer	Version	Benennung	ID-Nummer	Status	Infotext	DB-Objekt erstellt am
1		2500139	00.01	Konsole	0011170		TFS80-2 1697659	28/02/2002 08:36
2		2500139	00.02	Konsole	0011170		TFS80-2 1697659	18/03/2002 11:26
3		2500139	00.03	Konsole	0011170		TFS80-2 1697659	18/03/2002 13:35
4		2500139	00.04	Konsole	0011170		TFS80-2 1697659	21/03/2002 09:31
5		2500139	00.00	0010660	0011170		TFS80-2 1697659	28/02/2002 08:23
6		2500139	00.00	0010660	0010660		TFS80-2 1697659	15/02/2002 12:33
7		2500139	00.01	0010660	0010660		TFS80-2 1697659	28/02/2002 08:13
8		2500139	00.02	Konsole	0010660		TFS80-2 1697659	28/02/2002 08:36
9		2500139	00.03	Konsole	0010660		TFS80-2 1697659	01/03/2002 11:20
10		2500139	00.04	Konsole	0010660		TFS80-2 1697659	18/03/2002 11:26
11		2500139	00.05	Konsole	0010660		TFS80-2 1697659	18/03/2002 13:35
12		2500139	00.06	Konsole	0010660		TFS80-2 1697659	21/03/2002 09:31

Login: kam

Abbildung 11-24: Liste der Versionen eines Dokumentes

→ rechte Maustaste drücken → Löschen und Lösche Objekt auswählen

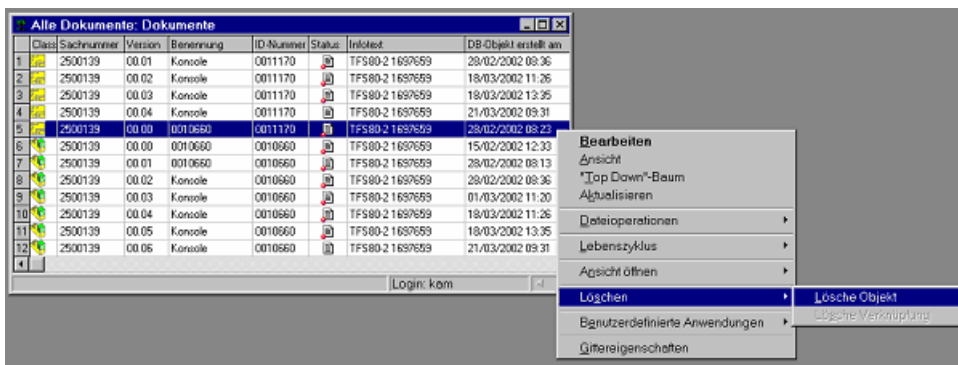


Abbildung 11-25: Aufruf des Kontextmenü zum löschen eines Objektes

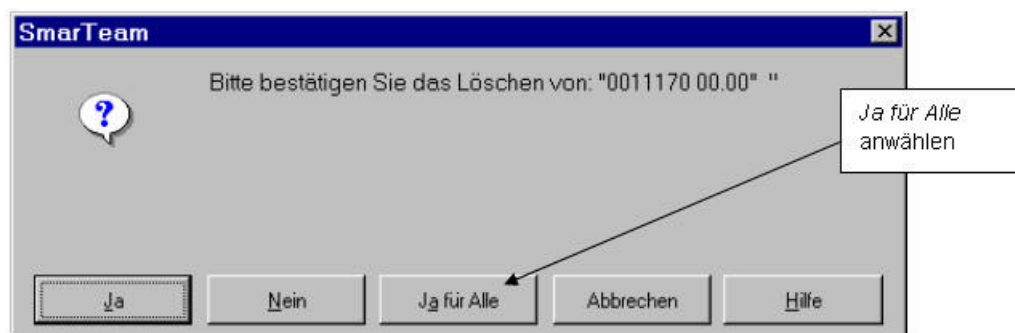


Abbildung 11-26: Bestätigung der Löschaktion für das Dokument

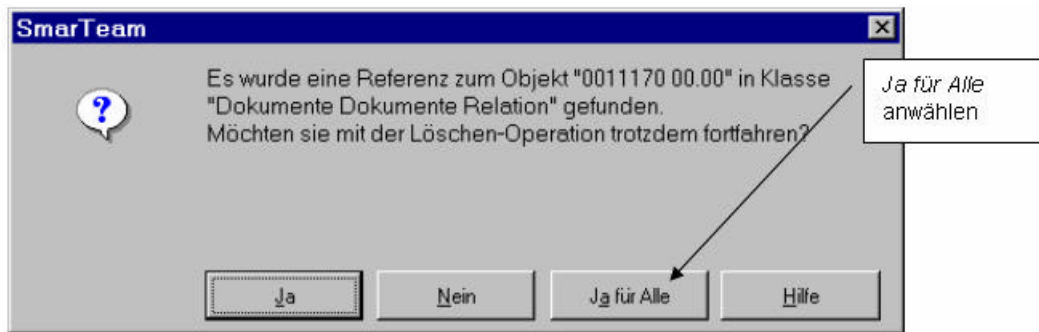


Abbildung 11-27: Bestätigung der Löschung evtl. vorhandener Referenzen

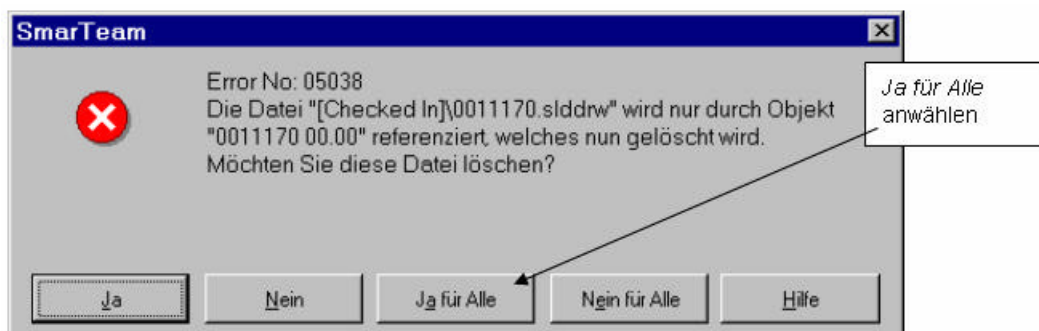


Abbildung 11-28: Bestätigung für das Löschen der Datei im Tresor

11.10 Änderungsdienst

Änderung eines freigegebenen Teils (Released)

- zum Beispiel: über die Schnellabfrage die Sachnummer eingeben und OK drücken.

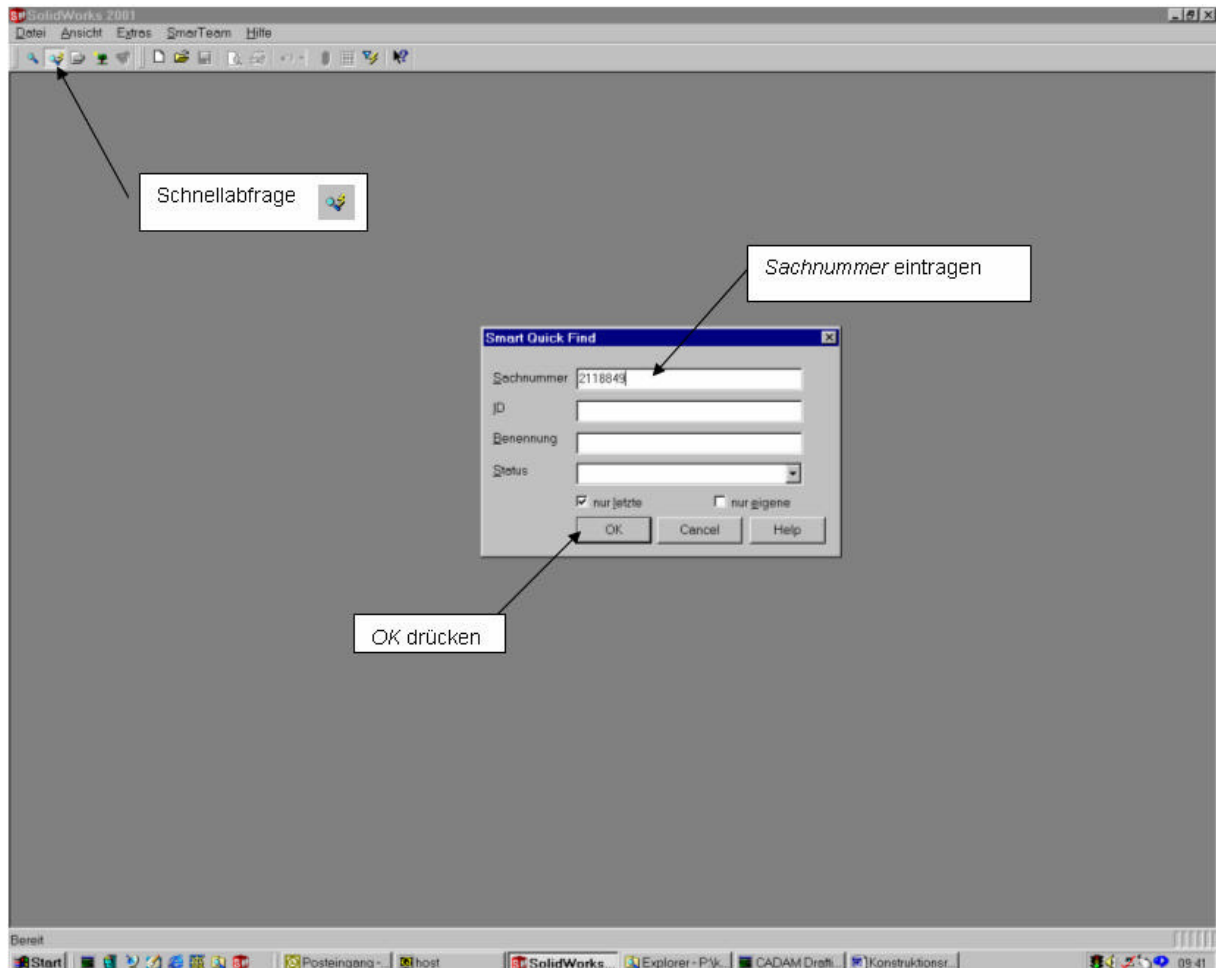


Abbildung 11-29: SmarTeam-Schnellabfrage in SolidWorks

- Im Dokumentverzeichnis das 3D-Modell (Part) durch Anklicken markieren.

Die rechte Maustaste betätigen → *Lebenszyklus* und *Neue Version* auswählen → *OK* drücken (vgl.

Abbildung 11-30 ,

Abbildung 11-31,

Abbildung 11-32,

Abbildung 11-33).

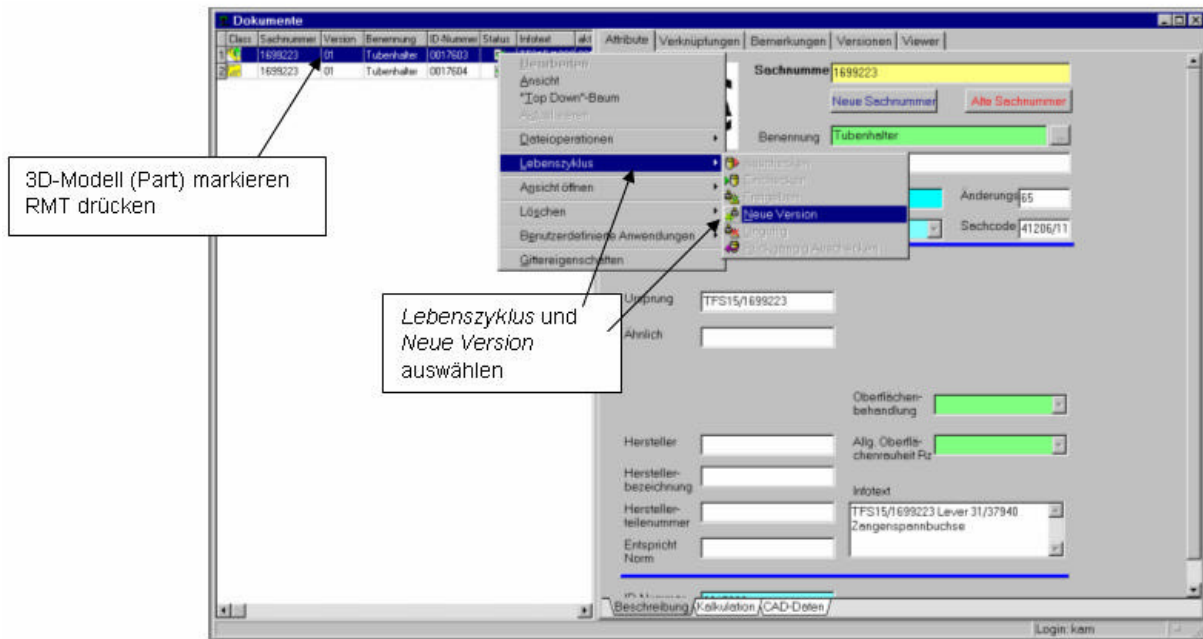


Abbildung 11-30: Aufruf des Befehls „Neue Version“ in SmarTeam

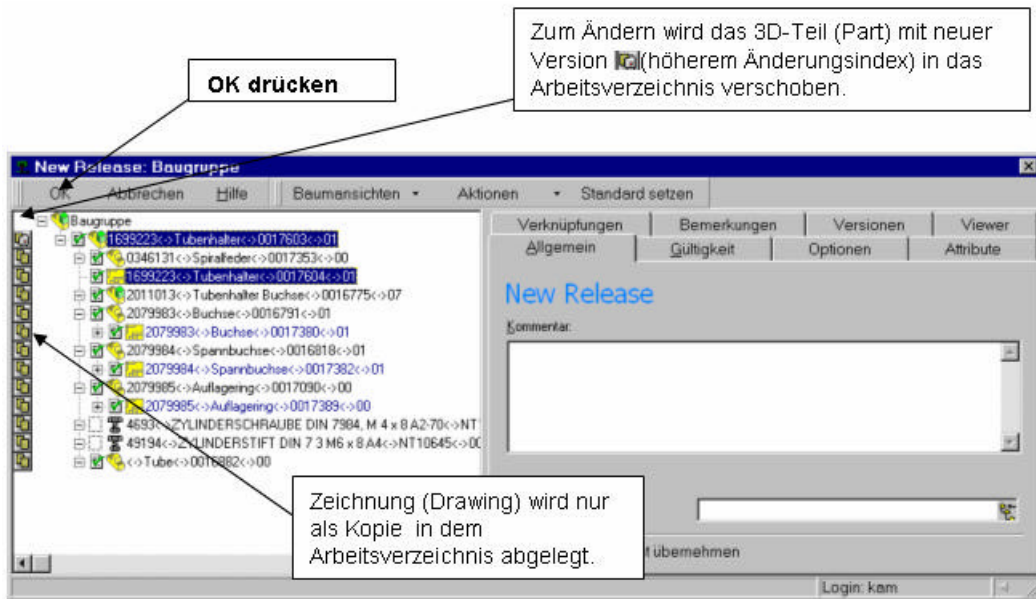


Abbildung 11-31: Anzeige der Operationen bei abhängigen Dokumenten

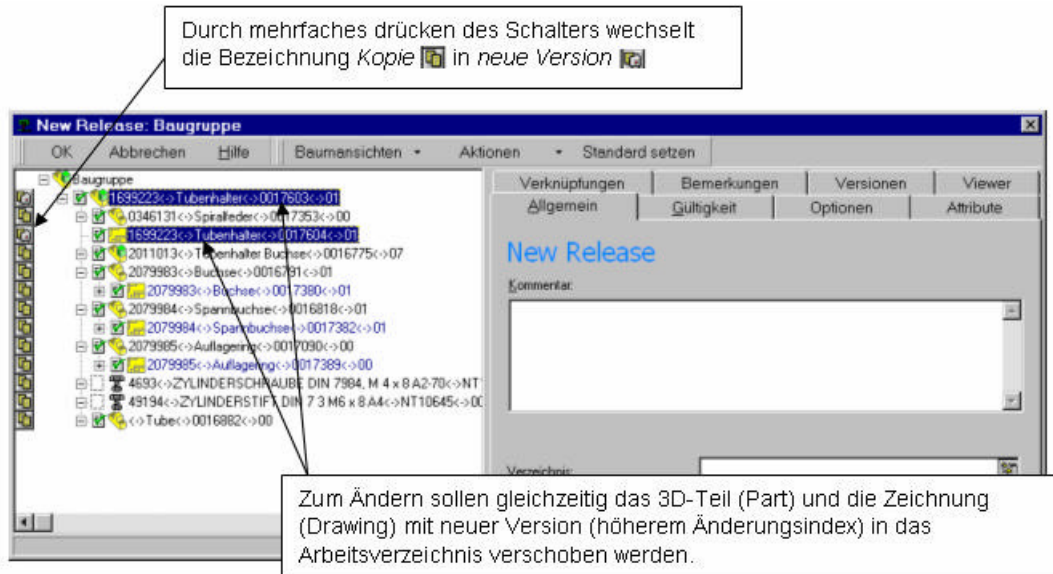


Abbildung 11-32: Ändern der Objektoperation beim Versionieren

Im Arbeitsverzeichnis wird das 3D-Modell (Part) und die Zeichnung (Drawing) geändert. Die Änderungsnummer muss nur in die vorhandene Profilkarte des 3D-Modells (Part) eingetragen werden (vgl. Abbildung 11-33). Im Zeichnungskopf werden die Daten automatisch aus der Profilkarte des 3D-Modells (Part) übernommen (vgl. Abbildung 11-34 und Abbildung 11-35).

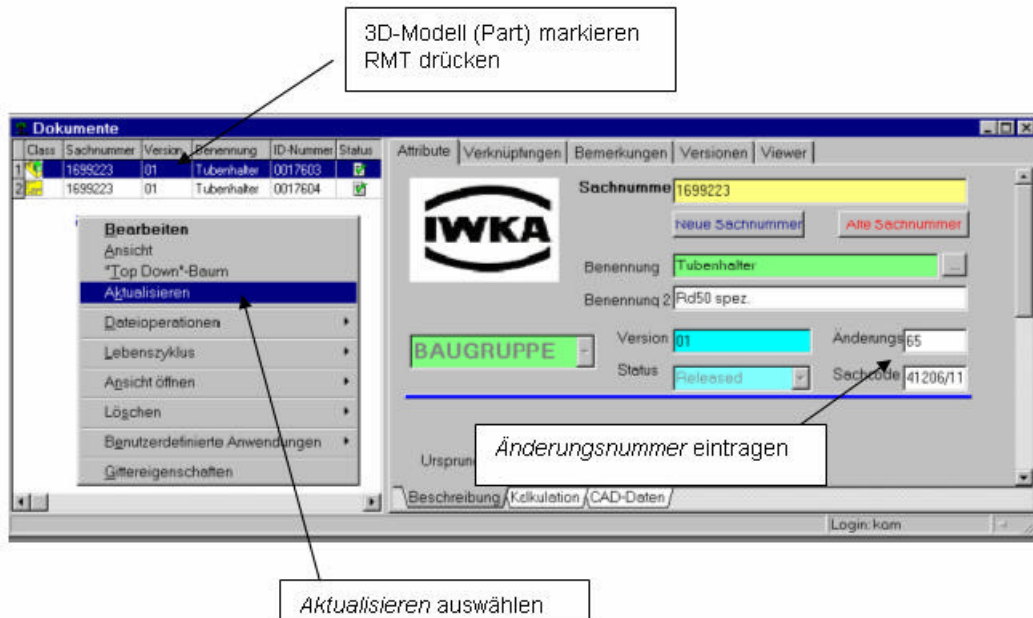


Abbildung 11-33: Aktualisieren der Änderungsnummer auf der Profilkarte

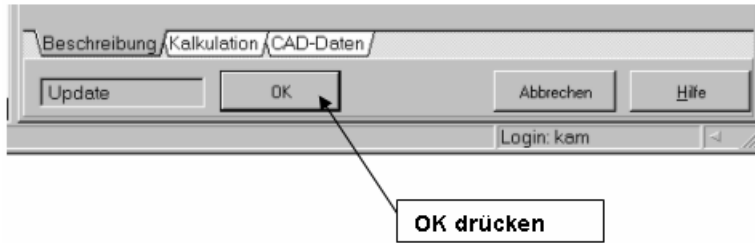


Abbildung 11-34: Bestätigung der Aktualisierung

Geänderte Änderungsnummer

	INV K VER PAC KIM GSTECH NIKGN BH D-70271 STUTTGART	VERB. NR.	65	DOKUMENT(ÄNDERUNGSNR.)	1699223	Z1	A4				
		ST. 01	15/10/2002					BESCHRIEBUNG	Rd50 spez. Tubenhalter		
		ÄNDERUNG	15/10/2002								
		KOMPL.	16/10/2002								
VERB. NR. 01	NEBENSTUFEN EINGETRÄGEN	FRAGENBELEG (SACHVERHÄLTNIS, ERGÄNZUNG)		DOKUMENT(ÄNDERUNGSNR.)	41206/112	BLATTNR.	1	BLATTZAHL.	1		
M 1:1		VERB. NR. 01		DOKUMENT(ÄNDERUNGSNR.)		41206/112		BLATTNR.		1	
Dauerhafte Kennzeichnung mit Zeichnungsnummer		VERB. NR. TFS15/1699223		DOKUMENT(ÄNDERUNGSNR.)				BLATTNR.			

Geänderter Index

Abbildung 11-35: Ergebnisse im Zeichnungskopf