



## **Masterarbeit**

# **Umsetzung von Product Lifecycle Management im Schienenfahrzeugbau**

## **PLM als Nutzen im IRIS- Prozess**

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

## **Master of Science**

unter der Leitung von

**Ao. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Kurt Matyas**

(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Betriebstechnik und Systemplanung)

**Proj.-Ass. Dipl.-Ing. Lukas Lingitz**

(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Betriebstechnik und Systemplanung,  
Fraunhofer Austria Research GmbH)

eingereicht an der Technischen Universität Wien

**Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften**

von

**Christoph Handlbauer**

0626063 (066 482)

Fliederweg 2

4223 Katsdorf

Katsdorf, im November 2013

---

Vorname, Nachname



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN

Vienna University of Technology

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

## **Masterarbeit**

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters Eides statt, dass ich meine Masterarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbstständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, genannt habe.

Weiters erkläre ich, dass ich dieses Masterarbeitsthema bisher weder im In- noch Ausland (einer Beurteilerin/einen Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Katsdorf, im November 2013

---

Vorname, Nachname

## **Danksagung**

In erster Linie möchte ich mich bei jenen bedanken, die die Voraussetzungen geschaffen haben, dass ich mein Studium absolvieren konnte. Dabei gilt ein besonderer Dank meinen Eltern Christine und Michael, die mich über die gesamte Studienzeit unterstützt haben. Ein weiterer Dank gilt meiner langjährigen Lebensgefährtin Melanie. Auch sie unterstützte mich bei jeder Entscheidung und stand stets mit gutem Rat zur Seite.

Zu guter Letzt möchte ich mich noch bei meinem Betreuer Dipl.-Ing. Lukas Lingitz bedanken, welcher mich hervorragend betreut und unterstützt hat.

## Kurzfassung

Globalisierung führt zu stetig steigenden Produkthanforderungen und damit zu einer Erhöhung der Produktkomplexität. Um erfolgreich diesen Technologie- und Preiswettbewerb zu meistern, müssen Unternehmen in der Lage sein, ihre Informationsflüsse zu kontrollieren und zu steuern. In diesem Zusammenhang spielt das Konzept des Product Lifecycle Management eine entscheidende Rolle.

Die Veränderung des Marktes hat auch erheblichen Einfluss auf die Schienenfahrzeugindustrie. Hinzu kommt, dass diese Industrie durch Privatisierungsmaßnahmen besonders gerüttelt wurde bzw. wird. Um dennoch Qualität über die gesamte Wertschöpfungskette sicherzustellen wurde deshalb die branchenspezifische Qualitätsnorm IRIS in die Welt gerufen. Diese baut auf der ISO 9001 auf und bewertet dabei Managementsysteme.

Aus diesem Hintergrund hat sich diese Arbeit zum Ziel gesetzt, den Nutzen von Product Lifecycle Management bei der IRIS- Zertifizierung aufzuzeigen. Es werden dabei die Anforderungen der IRIS- Norm mit den Möglichkeiten einer PLM-Umsetzung verglichen. Es zeigt sich, dass Anforderungen dieser Qualitätsnorm vor allem auf die Notwendigkeit von Informationen abzielen, welche generiert, gelenkt und überwacht werden müssen. Die Wichtigkeit von Prozessdenken und Dokumentation zeigt sich dabei in der Notwendigkeit von 16 zu dokumentierenden Verfahren und 25 zu dokumentierenden Prozessen. Da Product Lifecycle Management die Integration von Daten/ Informationen und Prozessen über den gesamten Lebenszyklus zum Ziel hat, ist hier ein hoher Nutzen zu erwarten.

## **Abstract**

The globalisation of markets leads to continuously rising product requirements and it also increases the complexity of products. If companies want to survive in this jungle of technology and price competition, they need to be able to manage their flow of information. In this context, the concept of Product Lifecycle Management plays an important part.

The ever changing markets also influence the rail vehicle industry. This is aggravated by the fact that this industry is strongly influenced by privatisation processes. Nevertheless, to ensure quality along the value chain, the industry- specific quality standard IRIS was developed. This standard builds on the ISO 9001 and assesses management systems.

With this background in mind, this master thesis aims to show the benefit of Product Lifecycle Management during the IRIS certification. In order to do this, requirements from the IRIS standard will be compared with the opportunities of PLM implementations. It will be shown that requirements of the quality standard are mainly aimed at the necessity of information which has to be generated, controlled and monitored. The importance of process orientation and documentation is reflected in 16 documented procedures and 25 documented processes. Product Lifecycle Management integrates data/ information and processes into the entire life cycle, so this concept can be expected to be highly beneficial in the IRIS certification process.

---

## Inhaltsverzeichnis

|       |                                                                       |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Einleitung.....                                                       | 1  |
| 1.1   | Ausgangssituation und Zielsetzung.....                                | 1  |
| 1.2   | Aufbau der Arbeit .....                                               | 2  |
| 2     | Product Lifecycle Management.....                                     | 3  |
| 2.1   | Notwendigkeit von Product Lifecycle Management.....                   | 3  |
| 2.1.1 | Globalisierung als Treiber der Komplexität .....                      | 3  |
| 2.1.2 | Multidisziplinäre Produkte .....                                      | 3  |
| 2.1.3 | Einzug der Informationstechnologie.....                               | 4  |
| 2.1.4 | Steigende Kundenanforderungen .....                                   | 4  |
| 2.2   | Das Produkt und sein Zyklus.....                                      | 5  |
| 2.2.1 | Das klassische Produktlebenszyklusmodell .....                        | 5  |
| 2.2.2 | Das ingenieurwissenschaftliche Produktlebenszyklusmodell .....        | 6  |
| 2.3   | Bedeutung von Product Lifecycle Management .....                      | 8  |
| 3     | Elemente einer PLM- Umsetzung.....                                    | 13 |
| 3.1   | Die Grundbausteine Produktmodell, Prozessmodell und Rollenmodell..... | 13 |
| 3.2   | Produktdaten- und Dokumentenmanagement.....                           | 16 |
| 3.3   | Klassifizierungsmanagement .....                                      | 18 |
| 3.4   | Produktstrukturmanagement .....                                       | 24 |
| 3.5   | Prozess- und Workflowmanagement.....                                  | 28 |
| 3.6   | Freigabe-, Änderungs- und Konfigurationsmanagement.....               | 36 |
| 3.7   | Projektmanagement .....                                               | 41 |
| 3.8   | Systemarchitektur.....                                                | 44 |
| 4     | Die Schienenfahrzeugindustrie .....                                   | 57 |
| 4.1   | Entwicklung der Schienenfahrzeugindustrie in der EU.....              | 57 |
| 4.2   | IRIS- International Railway Industry Standard.....                    | 60 |
| 4.2.1 | Der Zertifizierungsprozess von IRIS .....                             | 60 |
| 4.2.2 | Inhalt von IRIS .....                                                 | 63 |
| 5     | PLM als Nutzen im IRIS Prozess.....                                   | 70 |
| 5.1   | Produktentwicklung .....                                              | 70 |
| 5.2   | Projektmanagement.....                                                | 73 |

---

|     |                                    |    |
|-----|------------------------------------|----|
| 5.3 | Lenkung von Änderungen .....       | 76 |
| 5.4 | Konfigurationsmanagement .....     | 78 |
| 5.5 | Erstmusterprüfung (FAI).....       | 78 |
| 5.6 | Inbetriebnahme/ Kundendienst ..... | 79 |
| 5.7 | RAMS/ LCC.....                     | 81 |
| 5.8 | Obsoleszenzmanagement.....         | 83 |
| 6   | Zusammenfassung und Ausblick ..... | 86 |
| 7   | Literaturverzeichnis.....          | 89 |
| 7.1 | Verwendete Literatur.....          | 89 |
| 8   | Abbildungsverzeichnis .....        | 96 |
| 9   | Tabellenverzeichnis .....          | 97 |
| 10  | Abkürzungsverzeichnis.....         | 98 |

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation und Zielsetzung

Globalsierung führt zu stetig steigenden Produkthanforderungen und dadurch zu einer Zunahme der Komplexität. Produkte müssen in immer mehr Varianten angeboten werden und das bei immer kürzeren Entwicklungszyklen. Der dabei entstandene Preis- und Technologiewettbewerb kann dabei nur erfolgreich bestritten werden, wenn es dem Unternehmen gelingt, seine Informationsflüsse zu kontrollieren bzw. zu steuern. Das beinhaltet die Integration von allen Daten und Prozessen über den gesamten Lebenszyklus. In diesem Zusammenhang spielt das Konzept des Product Lifecycle Management (PLM) eine entscheidende Rolle.

Diese Zunahme der Komplexität der Produkte betrifft alle Branchen und somit auch den Schienenfahrzeugbau. Der Beginn der Liberalisierung des Schienenfahrzeugmarktes führte zusätzlich zu gravierenden Veränderungen, weshalb in den letzten Jahren Anforderungen an die Qualität des Rollmaterials ständig gestiegen sind. Aus diesem Grund wurde im Jahr 2005 begonnen eine Norm einzuführen, welche Managementsysteme beurteilt und dadurch hohe Qualität entlang der gesamten Wertschöpfungskette sicherstellt. Diese Norm wird als IRIS bezeichnet und stellt eine branchenspezifische Erweiterung der ISO 9001 dar.

Basierend auf dieser Ausgangssituation besteht das Ziel dieser Arbeit, den Nutzen von PLM im IRIS- Zertifizierungsprozess aufzuzeigen. Um diese Forschungsfrage beantworten zu können, müssen zuerst folgende „Unterfragen“ beantwortet werden:

- Was bedeutet Product Lifecycle Management?
- Wie können PLM- Strategien umgesetzt werden und was beinhalten diese Realisierungen?
- Wie ist die Schienenfahrzeugindustrie charakterisiert und warum bedarf es einer eigenen Qualitätsnorm?
- Wie erfolgt eine IRIS- Zertifizierung und was beinhaltet diese Norm?

## 1.2 Aufbau der Arbeit

Abbildung 1 veranschaulicht den Aufbau dieser Arbeit. Es ist daraus ersichtlich, dass die Kapitel 2 bis 4 die Grundlage dafür geben, um die Frage nach dem Nutzen von PLM bei der IRIS- Zertifizierung zu beantworten. Kapitel 5 vergleicht die Anforderungen von IRIS relevanten Themen mit den Möglichkeiten von PLM-Umsetzungen. Kapitel 6 fasst diese Gemeinsamkeiten nochmals zusammen.

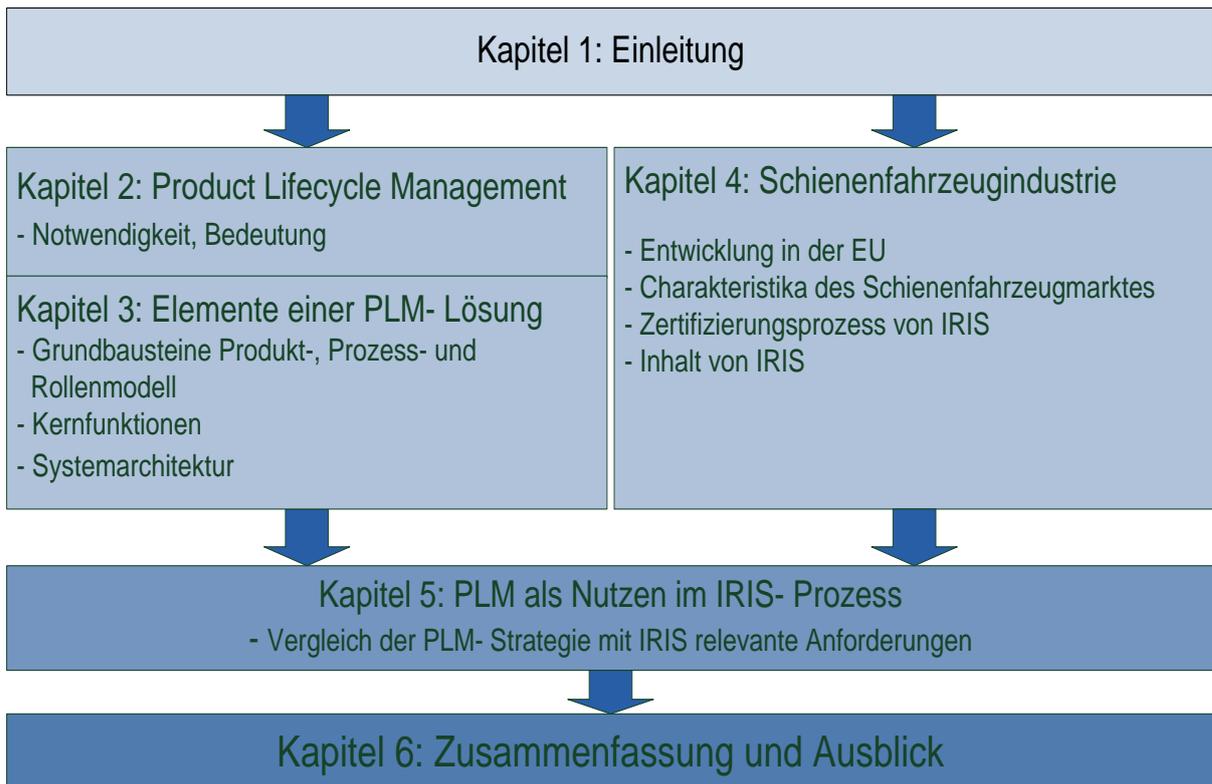


Abbildung 1: Aufbau der Arbeit

## 2 Product Lifecycle Management

In diesem Kapitel wird der Begriff Product Lifecycle Management (PLM) näher erläutert. Dazu wird zuerst auf die Notwendigkeit dieser Strategie eingegangen. Danach wird der Lebenszyklus von Produkten mit seinen einzelnen Phasen näher betrachtet, welcher die Grundlage für PLM- Umsetzungen darstellt. Abschließend werden Ziel und Bereiche von PLM- Strategien aufgezeigt bzw. vorgestellt.

### 2.1 Notwendigkeit von Product Lifecycle Management

Die Notwendigkeit von PLM ist durch die hohe Komplexität heutiger Produkte gerechtfertigt. Komplexe Produkte zeichnen sich durch eine hohe Elemente- und Beziehungsvielfalt aus. Die Vielfalt beinhaltet dabei neben der Anzahl auch die Art der Elemente bzw. Beziehungen. Damit sind beispielsweise unterschiedliche Dateiformate oder bestimmte systemübergreifende Beziehungen zu verstehen. Diese steigende Komplexität zeigt sich in der Veränderung der Produkte. So werden Produkte in immer mehr Varianten, mit stetig wachsenden Kundenanforderungen angeboten.<sup>1</sup>

#### 2.1.1 Globalisierung als Treiber der Komplexität

Die steigende Komplexität in Unternehmen ist vor allem durch die Globalisierung begründet. Faktoren wie nationale und internationale Marktsituationen, vorhandene Wettbewerber, Anforderungen und Erwartungen der Kunden, technischer Fortschritt oder auch Einflüsse aus Politik und Gesellschaft zeigen sich in steigenden Produkt- und Prozessvarianten, Anzahl an Partnerschaften, Organisationstiefe usw. Unternehmen befinden sich deshalb in einem Preis- und Technologie-/ Innovationswettbewerb, weshalb Kostenreduktionsmaßnahmen und Einführungen neuer Technologien oder Innovationen eine Notwendigkeit darstellen, um sich am Markt zu etablieren bzw. sich von anderen Mitbewerbern abzusetzen. Dieser Wettbewerb führt zu einer verkürzten Marktpräsenz von Produkten und somit zu kürzeren Entwicklungszyklen.<sup>2</sup> Diese Zunahme von Produkt- und Prozesskomplexität hat somit auch erheblichen Einfluss auf die Veränderung des Produktentwicklungsprozess.<sup>3</sup>

#### 2.1.2 Multidisziplinäre Produkte

Das Zusammenspiel der Disziplinen Maschinenbau, Elektronik, Informationstechnik und Regelungstechnik stellt eine weitere Schwierigkeit für Unternehmen dar. Der

---

<sup>1</sup> Vgl. Trippner, 2002, S.8f

<sup>2</sup> Vgl. Feldhusen,2008, S.1ff

<sup>3</sup> Vgl. Eigner, 2009, S. 9

immer höhere Anteil an elektronischen Komponenten und softwaretechnischen Lösungen, beispielsweise im Fahrzeugbau, führt zu zahlreichen Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Fachdisziplinen und erfordert deshalb eine wirksame Koordination dieser multidisziplinären Produkte.<sup>4</sup> Die Wechselwirkung der einzelnen Komponenten hat erheblichen Einfluss auf das Verhalten des mechatronischen Gesamtsystems, weshalb auch hier dem Entwicklungsprozess große Bedeutung zukommt. Eine organisatorische Unterstützung durch geeignete Formen interdisziplinärer Zusammenarbeit sollte hier als eine Notwendigkeit angesehen werden.<sup>5</sup>

### **2.1.3 Einzug der Informationstechnologie**

Der Einzug der Informationstechnologie in Produkte und derer Entwicklungsprozesse brachte eine enorme Veränderung mit sich. Durch Computer Aided Design (CAD) wurde der Beginn des digitalen Zeitalters der Produktentwicklung eingeläutet. Während erste 2D-CAD-Systeme lediglich das Medium veränderten auf dem Konstruiert wurde, konnten mit der Weiterentwicklung zu 3D-CAD-Systeme neue Möglichkeiten für die Entwicklungsmethodik erschlossen werden. Durch diese Umstellung werden Produkte heutzutage von dreidimensionalen Modellen repräsentiert, welche als ganzheitliche Abbildung der verkörperten Geometrie interpretiert werden können. Dieser höhere Informationsgehalt erlaubt auch eine Weiterverwendung der Modelle über die Konstruktion hinaus. So können diese Modelle beispielsweise in der Simulation, der Fertigung oder auch im Service verwendet werden. Da sich 3D-Modelle ohne Datenverlust nur digital verwalten lassen, kam mit dieser Einführung auch ein Umdenken im Bereich der Datenverwaltung, wodurch in den letzten Jahren die Begriffe Engineering Data Management (EDM) und Produktdatenmanagement (PDM) an Wichtigkeit gewonnen haben.<sup>6</sup> (siehe Kapitel 2.3)

### **2.1.4 Steigende Kundenanforderungen**

Das Qualitätsbewusstsein der Kunden steigt stetig. Anforderungen an Zuverlässigkeit, Handhabung, Service, Energieeffizienz, Umweltfreundlichkeit etc. spielen für den Kunden eine immer bedeutendere Rolle, weshalb produzierende Unternehmen dazu gedrängt werden, hohe Qualität sicherzustellen. Während vor der Kaufentscheidung vor allem der Faktor Kosten von Bedeutung ist, nimmt die Qualität des Produktes nach dem Kauf eine nachhaltige Bedeutung ein. Qualitätsdefizite führen deshalb schnell zum Abgang von Kunden. Statistiken zeigen, dass 9 von 10 Kunden die mit der Qualität des Produktes nicht zufrieden sind, diesen Hersteller in

---

<sup>4</sup> Vgl. Eigner, 2009, S. 11f und vgl. Langlotz, 2011, S.11

<sup>5</sup> Vgl. VDI 2206, 2004, S.4

<sup>6</sup> Vgl. Arnold, 2011, S.2f

Zukunft meiden. Nur 4% dieser Kunden beschwerten sich beim Hersteller, jedoch teilt jeder Kunde mindestens 9 Personen seine Unzufriedenheit mit. Das führt natürlich zu erheblichen Imageverluste und dadurch zu Umsatzeinbußen.<sup>7</sup>

## 2.2 Das Produkt und sein Zyklus

Der Produktlebenszyklus mit seinen einzelnen Phasen stellt eine Grundlage zur Erläuterung von PLM dar und gilt als einer der wichtigsten Kernprozesse im Unternehmen.<sup>8</sup> Er beschreibt das Leben eines Produktes aus Sicht des Unternehmens und vermittelt dabei eine umspannende Sichtweise. Da die Entwicklung heutzutage von allen Phasen beeinflusst wird, ist der Ausdruck Zyklus völlig berechtigt. So gehen Informationen von Vorgängerprodukte in Neuprodukte ein, somit selbst das Recycling zum Thema der Produktentwicklung wird.<sup>9</sup> Der Begriff des Produktlebenszyklus wird in der Literatur vielfältig verwendet. Je nach Sichtweise bzw. Forschungsgebiet existieren verschiedene Modelle.<sup>10</sup>

### 2.2.1 Das klassische Produktlebenszyklusmodell

Das klassische Modell wird überwiegend zur Untersuchung betriebswirtschaftlicher Zusammenhäng genutzt und unterscheidet dabei fünf Phasen: Einführung, Wachstum, Reife, Sättigung und Rückgang. Sobald das Produkt zum ersten Mal auf dem Markt angeboten wird, beginnt die Einführungsphase. Häufige technische Anlaufschwierigkeiten, wie der Aufbau der Absatzorganisation oder die vollständige Versorgung aller Vertriebskanäle führen zu einer langsameren Steigerung der Absatz- bzw. Umsatzraten als in der Wachstumsphase.<sup>11</sup> Auch das Kaufverhalten spielt eine zentrale Rolle. Bei Produkteinführungen herrscht oft Unsicherheit beim Kunden, da sich das neue Produkt noch nicht am Markt etabliert hat. Mit der Zeit erhöht sich jedoch die Produktakzeptanz und der Marktwiderstand verringert sich. Diese Wachstumsphase ist gekennzeichnet durch hohe Zuwachsraten, jedoch auch einer Zunahme der Konkurrenz. Der wachsende Markt lockt Wettbewerber an und führt zu sinkenden Preisen. Der steigende Absatz führt jedoch auch zu Produktionserweiterungen, wodurch ein Degressionseffekt hinsichtlich fixer Kosten und Erfahrungswerte genutzt werden kann. Beim Maximum der Grenzabsatzkurve ist auch das Ende der Wachstumsphase erreicht. In der Reifephase sind die Produkte ausgereift und es wird schwierig, neue Marktanteile zu erschließen. Der Wettbewerb unter den Anbietern nimmt weiter zu, was zu einer Verdrängung von Konkurrenten führt und zu noch tieferen Preisen. Markentreue prägt in dieser Phase das Kundenverhalten. In der Sättigungsphase beginnt der Absatz zu stagnieren und es

---

<sup>7</sup> Vgl. Brüggemann, 2012, S.1ff

<sup>8</sup> Vgl. Eigner, 2009, S. 9

<sup>9</sup> Vgl. Sendler, 2009, S.9f

<sup>10</sup> Vgl. Langlotz, 2011, S.12

<sup>11</sup> Vgl. Herrmann, 2010, S. 70f

treten erstmals Absatzrückgänge auf. Durch hohe Anzahlen von Produktvarianten versuchen Wettbewerber den Bedarf an individuellen Produkten zu schaffen. Die Sättigungsphase kann einige Jahre andauern. Die letzte Phase des klassischen Modells ist charakterisiert durch einen stetigen Rückgang des Absatzvolumens. Gründe hierfür sind oft das Nichterfüllen von Anforderungen/ Technologien. Werden alte Produkte von Neuen ersetzt wird auch von einem Relaunch gesprochen.<sup>12</sup>

Während das klassische Produktlebenszykluskonzept lediglich den Marktzyklus betrachtet, wird beim integrierten Produktlebenszyklusmodell auch der Entstehungszyklus und Entsorgungszyklus mit einbezogen. Durch diese Integration erfolgt eine Ausweitung des Modells auf zumeist nicht beachtete Nebenwirkungen der Entstehung, Herstellung, Nutzung und Beseitigung eines Produktes.<sup>13</sup> Abbildung 2 zeigt das integrierte Produktlebenszyklusmodell. Der Produktlebenszyklus i.e.S. entspricht dem klassischen Modell.

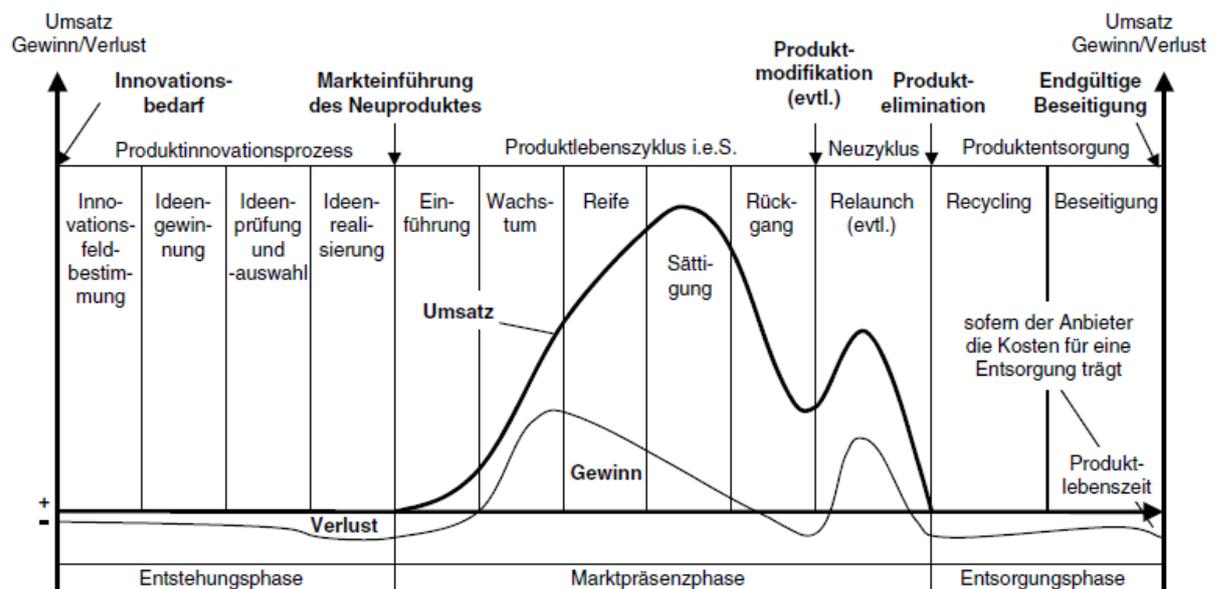


Abbildung 2: betriebswirtschaftliche Produktlebenszyklusmodell<sup>14</sup>

## 2.2.2 Das ingenieurwissenschaftliche Produktlebenszyklusmodell

Das ingenieurwissenschaftliche Modell des Produktlebenszyklus beschreibt und analysiert die in einem Produktleben ablaufenden Geschäftsprozesse. Es ermöglicht dabei eine umfassende Prozessbetrachtung, indem Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Phasen transparent dargestellt werden. Das beinhaltet auch eine Einbeziehung aller beteiligten Organisationseinheiten und IT- Lösungen.<sup>15</sup> Das

<sup>12</sup> Vgl. Jacobs, 2009, S.12ff

<sup>13</sup> Vgl. Herrmann, 2010, S. 73

<sup>14</sup> Abbildung entnommen aus Herrmann, 2010, S. 73

<sup>15</sup> Vgl. Langlotz, 2011, S.12

Modell enthält Aspekte des integrierten Modells und der Wertschöpfung und hat vor allem im PLM- Umfeld große Bedeutung. Abbildung 3 zeigt diesen Produktlebenszyklus mit seinen einzelnen Phasen und seinen zugeordneten Tätigkeiten. Die sequentielle Darstellung dient nur einer Vereinfachung und stellt keineswegs den Unternehmensalltag dar. Nachgelagerte Phasen müssen bereits beginnen, bevor vorherige Phasen beendet wurden. Im Produktlebenszyklus spielt der Produktentwicklungsprozess eine wesentliche Rolle. Er hat zum Ziel verkaufsfähige Produkte vollständig zu beschreiben. Das beinhaltet alle Produkt- und Produktionsunterlagen inklusive aller Dokumenten, Spezifikationen, digitalen Modellen etc. Nach Abschluss der Produktentwicklungsphase existiert eine vollständige elektronische Beschreibung des virtuellen Produktes. Dieses Produkt wird auch als digitaler Master bezeichnet. In der Literatur wird das Wirkungsfeld der Produktentwicklung sehr unterschiedlich definiert. In manchen Fällen wird er als Synonym für den Produktlebenszyklus verstanden und umfasst somit alle Phasen von den Anforderungen bis zum Recycling. Viele Autoren setzten auch die Begriffe Produktentstehung und Produktentwicklung gleich.<sup>16</sup> In dieser Arbeit erfolgt eine Abgrenzung der Begriffe Produktentstehung, Produktnutzung, Produktentwicklung und Produktherstellung wie sie der Abbildung 3 graphisch zu entnehmen ist. Desweiteren zeigt die Abbildung auch, dass sich die verschiedenen Sichtweisen ergänzen. So spielt die Produktnutzung vor allem bei der betriebswirtschaftlichen Sichtweise eine zentrale Rolle.<sup>17</sup>

Die Entstehung von Kosten spielt auch beim ingenieurwissenschaftlichen Modell eine wesentliche Rolle. So werden in den Phasen der Produktplanung und Entwicklung nicht nur die Produkteigenschaften festgelegt, sie sind auch maßgeblich dafür verantwortlich wie hoch die gesamten Lebenszykluskosten (Life Cycle Costs) ausfallen. Lebenszykluskosten sind definiert als die kumulierten Kosten eines Produktes über seinen gesamten Lebenszyklus. In den frühen Phasen ist es mit geringem Aufwand möglich, diese Kosten aktiv zu beeinflussen.<sup>18</sup> Abbildung 3 zeigt diese Einflussmöglichkeiten und darüber hinaus, wie sich die Lebenszykluskosten zusammensetzen. Es sei darauf hingewiesen, dass die Zusammensetzung der LCC von Produkt zu Produkt verschieden ausfallen.<sup>19</sup>

---

<sup>16</sup> Vgl. Bitzer, 2008, S.10ff und vgl. Eigner, 2009, S.10f

<sup>17</sup> Vgl. Langlotz, 2011, S.12

<sup>18</sup> Vgl. Herrmann, 2010, S.257f und DIN EN 60300-3-3, 2004, S.6

<sup>19</sup> Vgl. Herrmann, 2010, S.257f

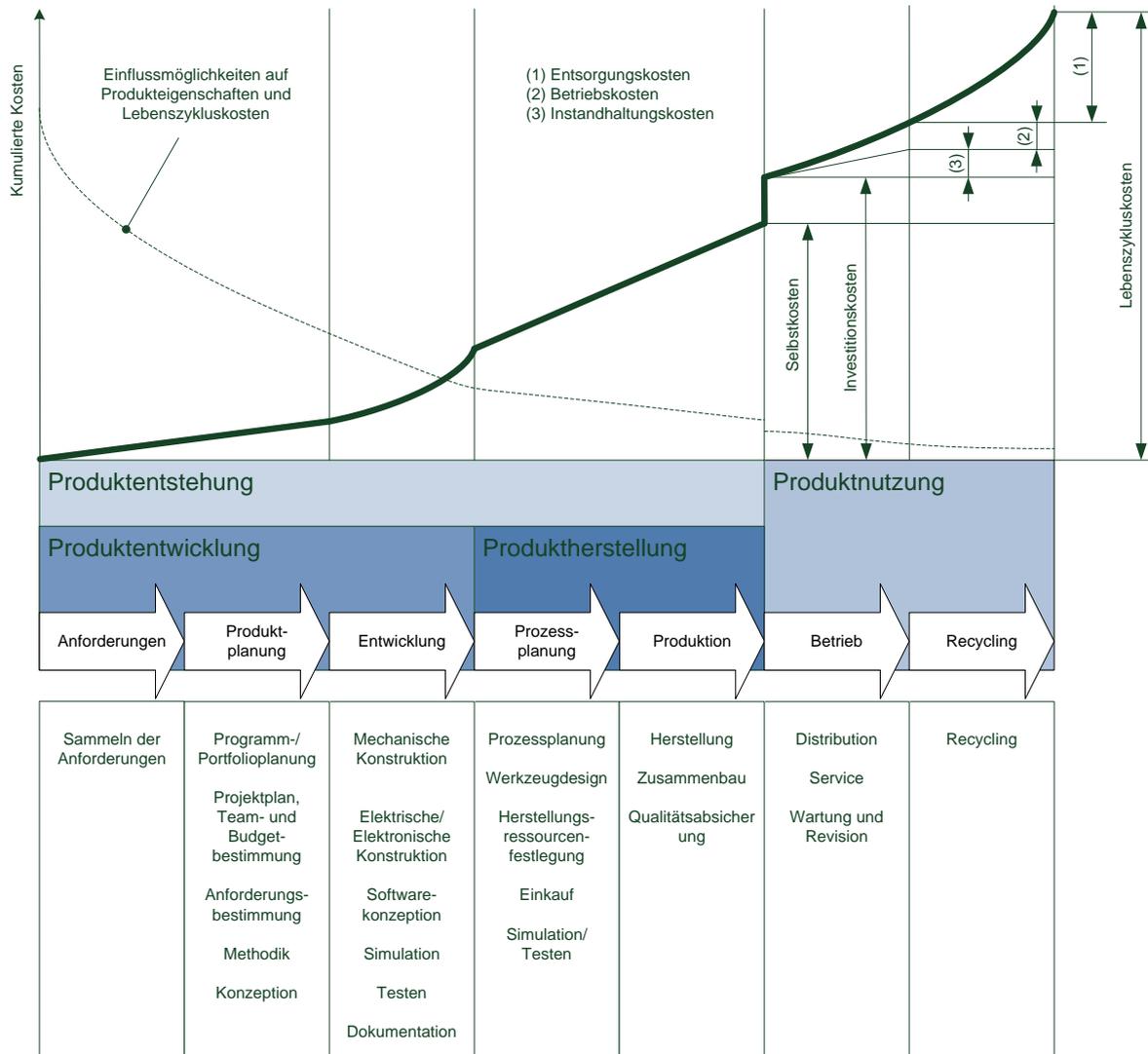


Abbildung 3: ingenieurwissenschaftliche Produktlebenszyklusmodell<sup>20</sup>

## 2.3 Bedeutung von Product Lifecycle Management

Zur Beherrschung des schnellen Anstieges von Entwicklungsdaten wurde in den 80er Jahren zuerst der Begriff Engineering Data Management (EDM) eingeführt und wurde schließlich in den 90er von dem Begriff Produktdatenmanagement abgelöst.<sup>21</sup> Diese Begriffe werden in der Fachliteratur heutzutage oft synonym verwendet. Der PDM Begriff wird folgend nach der VDI 2219- Richtlinie definiert:<sup>22</sup>

*„EDM- bzw. PDM- Systeme sind technische Datenbank- und Kommunikationssysteme, die dazu dienen, Informationen über Produkte und deren Entstehungsprozesse bzw. Lebenszyklen konsistent zu speichern, zu verwalten und transparent für alle relevanten Bereiche eines Unternehmens*

<sup>20</sup> Abbildung in Anlehnung an Eigner, 2009, S.9 und Bitzer, 2008, S.11 und Hermann, 2010, S.258

<sup>21</sup> Vgl. Saaksuari, 2008, S.1 und vgl. Stark, 2011, S.70

<sup>22</sup> Vgl. Hänsch, 2009, S.275

*bereitzustellen. Sie stellen damit eine Integrationsplattform für die verschiedenen Erzeugersysteme bzw. CAx-Systeme, die während des gesamten Produktentwicklungsprozesses eingesetzt werden, dar.“<sup>23</sup>*

PDM- Systeme versuchen dabei, Produktmodelle mit seinen produktdefinierenden Daten und Prozessmodelle mit seinen technischen und organisatorischen Geschäftsprozessen, miteinander zu verbinden. Dadurch erfolgt eine Dynamisierung des Produktmodells, wodurch zeitliche Veränderungen abgebildet, verwaltet und dokumentiert werden können. Dieses methodische Gerüst wird auch als Konfigurationsmodell bezeichnet. Das Modell beinhaltet Regeln, Beziehungen und Kontrollmechanismen für die einzelnen Objekte, wodurch Einflüsse von Änderungen automatisch verfolgt werden können.<sup>24</sup>

Experten prognostizierten Ende der 90er Jahren, dass bei erfolgreichen Einführungen von PDM- Projekten der Benutzer im Mittelpunkt des Informationssystems steht, dem Informationen im gefilterten Zustand aus verschiedenen inner- und außerbetrieblichen Datenquellen zur Verfügung gestellt werden. Das Informationssystem referenziert dabei die Informationen aus betriebsspezifischen Fremdsystemen oder aus dem Inter- bzw. Intranet als Objekte. Diese umfangreiche Sichtweise der Informationsverarbeitung und –beschaffung geht jedoch weit über die Möglichkeiten von PDM-Systemen hinaus, weshalb sich der Begriff Product Lifecycle Management (PLM) etabliert hat. PLM ersetzt dabei keineswegs PDM, es wird vielmehr als Kernelement einer PLM- Umsetzung angesehen.<sup>25</sup> Ohne Integrationsmöglichkeiten verschiedener Erzeugersystemen und ihrer Daten, ohne gezieltes Management von Produktdaten und ohne ein durchgängiges Konfigurationsmanagement wäre PLM nicht machbar.<sup>26</sup> PLM wird deshalb von vielen Autoren als eine Weiterentwicklung von PDM gesehen. In der Fachliteratur finden sich zu diesem Begriff vielfältige Definitionen, weshalb im folgendem die wichtigsten Aspekte von PLM zusammengefasst werden.<sup>27</sup>

Im Gegensatz zu PDM-Systemen ist unter Product Lifecycle Management ein Managementkonzept bzw. eine Strategie zu verstehen. Im Mittelpunkt steht dabei der Lebenszyklus, beginnend bei der Idee und endend beim Recycling. Das Ziel von PLM ist, alle Informationen/ Daten die das Produkt betreffen über den gesamten Produktlebenszyklus zu integrieren. Das erfordert auch die Einbeziehung von Kunden und Zulieferer. Neben den Daten, die entlang der Wertschöpfung anfallen, wird auch auf die Prozesse Augenmerk gelegt. PLM versucht dabei produktbezogenen Geschäftsprozesse durch Kontrolle der Informationsflüsse zu

---

<sup>23</sup> VDI 2219, 2002, S.4

<sup>24</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.30f

<sup>25</sup> Vgl. ebenda, S.36f

<sup>26</sup> Vgl. Sendler, 2009, S.23

<sup>27</sup> Vgl. Bitzer, 2008, S.13

optimieren. PLM berücksichtigt alle am Wertschöpfungsprozess beteiligten Personen und hat deshalb auch erheblichen Einfluss auf das Supply Chain Management.<sup>28</sup> Ziel von PLM ist ein definierter Sollzustand des Prozesses. Das beinhaltet auch die Steuerung aller Schritte zur Erreichung von diesem Zustand. Dabei erfolgt eine Orientierung aller Daten auf die Prozesse.<sup>29</sup> Neben der Integration von Daten und Prozessen, ist das Ziel einer PLM- Strategie auch eine Vernetzung und Korrelation mit den betriebswirtschaftlichen Kenngrößen. In diesem Zusammenhang spielen die Lebenszykluskosten eine wesentliche Rolle. Damit wird eine wirtschaftlich- effiziente Entwicklung sichergestellt und das Zusammenspiel von Produktentwicklung und Markteinführung verbessert. Diese Integration von Daten in ERP- Systemen sollte bereits frühzeitig erfolgen, um eine erfolgreiche Produktentwicklung voranzutreiben.<sup>30</sup> Die IT- gestützte Organisation und Verwaltung aller Informationen über Produkte erfolgt mithilfe eines Integrationssystems. Ein Integrationssystem ist ein Verbund an unterstützenden IT- Systemen, wie beispielsweise PDM- oder ERP- Systeme. Diese einzelnen Systeme mit ihren Teilkonzepten ergeben eine Gesamtlösung für das Informationsmanagement im Unternehmen.<sup>31</sup>

Zusammenfassend zur Begriffserklärung von Product Lifecycle Management werden die „Liebensteiner Thesen“ zitiert, welche 2004 bei einer Mitgliederversammlung des „sender\circle it- forum“ entstanden sind. Sie definieren PLM wie folgt:<sup>32</sup>

- *Product Lifecycle Management (PLM) ist ein Konzept, keine (in sich abgeschlossene) Lösung.*
- *Zur Umsetzung/Realisierung eines PLM-Konzeptes werden Lösungskomponenten benötigt. Dazu zählen CAD, CAE, CAM, VR, PDM und andere Applikationen für den Produktentstehungsprozess.*
- *Auch Schnittstellen zu anderen Anwendungsbereichen wie ERP, SCM oder CRM sind Komponenten eines ganzheitlichen PLM-Konzeptes.*
- *PLM-Anbieter offerieren Komponenten und/oder Dienstleistungen zur Umsetzung von PLM-Konzepten.*

Die Funktionalitäten einer PLM- Umsetzung können in mehrere Bereiche aufgeteilt werden. Dazu zählen die bereits sehr ausgereiften Bereiche des bereits erwähnten *Produktdatenmanagement* sowie dem *Engineering Collaboration*. Engineering Collaboration ist eine Weiterentwicklung des Simultaneous Engineering. SE ist eine Methode in der Produktentstehung und hat das Parallelisieren von Arbeitsabläufen, sowie die Beteiligung aller Fachbereiche am Wertschöpfungsprozess zum Ziel. Es wird auf Vorgehen eingegangen, wie verschiedene Entwicklungsteams an

---

<sup>28</sup> Vgl. Langlotz, 2011, S.18 und vgl. Bitzer, 2008, S.13 und vgl. Schuh, 2012, S.355

<sup>29</sup> Vgl. Sandler, 2009, S.24

<sup>30</sup> Vgl. Scheer, 2006, S.8f

<sup>31</sup> Vgl. Arnold, 2011, S.10

<sup>32</sup> Sandler, 2009, S.27f

verschiedenen Arbeitsschwerpunkten an ein und denselben Erzeugnis oder Baugruppe kooperierend tätig sind. Dieses Vorhaben zielt jedoch primär auf unternehmensinterne Abläufe ab. Durch die Einbeziehung von Aspekte der Globalisierung sowie Strukturen virtueller Unternehmen, wird von einer kooperativen verteilten Produktentwicklung oder dem Engineering Collaboration gesprochen.<sup>33</sup> Der Begriff umfasst somit alle Prozesse, Anwendungen und Funktionen, mit denen die Zusammenarbeit von Anwendern zur Ausführung einer Aufgabe innerhalb des Produktlebenszyklus beschrieben wird. Aufgrund dieser Definition ergeben sich für das Engineering Collaboration nach Scheer folgende Aufgabenbereiche:<sup>34</sup>

- *Integriertes Projektmanagement*
- *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*
- *Kommunikation und Datenaustausch*
- *Dokumentation der Collaboration*
- *Sicherheitsmechanismen zum Datenschutz*
- *Berechtigungskonzepte und Rollen innerhalb einer Collaboration*

Ein weiterer Bereich ist das *Customer Needs Management*. Es ist dafür Verantwortlich, dass der Kunde bereits früh in den Entwicklungsprozess eingebunden wird. Dabei werden Produkthanforderungen des Kunden an alle weitergegeben, die für die Produktentwicklung verantwortlich sind. Das führt zu verkürzten Innovationsprozessen, Erhöhung der Qualität und Kostensenkung. Diese Vorgehensweise wird als Frontloading bezeichnet und betrifft die frühe Phase des Produktentwicklungsprozess. Da dort Großteils der Kosten entstehen, Änderungen wenig kosten und dadurch Kostenreduktionspotenziale vorhanden sind, werden Ressourcen und ergebniskritische Teilprozesse vorverlagert. CNM ist somit in der Lage, Design- und Funktionsfehler frühzeitig zu verhindern und Verzögerungen durch Kommunikationsprobleme entgegen zu wirken. Eine weitere Möglichkeit des Frontloading sind Unterstützungsfunktionen, um intelligente Produktkataloge und Produktbaukästen auf Webseiten bereitzustellen, die mithilfe von Sachmerkmaleisten und Produktkonfiguratoren aufbereitet werden. Der Kunde ist somit in der Lage, Informationen über bestimmte Produkttypen über das Internet einzuholen. CNM ist auch zuständig für die After- Sales- Unterstützung und bezieht sich somit auf das Ersatzteilmanagement, dem Service und den administrativen Teil von Wartung, Reparatur und Instandhaltung. (MRO)<sup>35</sup>

*Material Sourcing* als eine weitere Komponente von PLM- Umsetzungen unterstützt die frühe Einbindung des Ingenieurs in den Beschaffungsprozess. Dadurch wird eine frühe Abstimmung der Systemkomponenten bewerkstelligt. Deshalb spielt Material

---

<sup>33</sup> Vgl. Krause, 2007, S.62

<sup>34</sup> Scheer, 2006, S131f

<sup>35</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.38ff

Sourcing vor allem bei Anbiiterverbunde mit gemeinsamer Systementwicklung eine entscheidende Rolle. Unter Material Sourcing sind Aspekte des Supply Chain Management zu verstehen. Unterstützt wird dieser Prozess von PLM- Lösungen durch Datenaustausch auf Basis verschiedener Standards, wie beispielsweise STEP, PDX, PDML etc. Dadurch können Zugriffe auf e- Market Places bzw. elektronische Zulieferkataloge und die Einbindung von Component Supplier Management (CSM) Systeme bewerkstelligt werden. CSM- Systeme informieren über Komponenten, Zulieferer, Konstruktionsanleitungen, Einbauanweisungen, sowie alle weiteren notwendigen Daten für den Auswahl- und Einkaufsprozess. CSM- Systeme sind besonders ausgeprägt, wenn das Unternehmen einen hohen Zukaufanteil besitzt, wie es beispielsweise in der Elektronikindustrie der Fall ist.<sup>36</sup>

Der Bereich des *Produktionsentwicklungsmanagement* befasst sich mit Funktionalitäten, die vorwiegend im Rahmen der Digitalen Fabrik auftreten. Dazu gehört die Unterstützung von Prozess- und Ressourcenleistung, Simulation, Optimierung von Fertigung und Montage oder die Prozessanlauf und –umsetzung. Die Verbindung zu ERP- Systemen ist in diesem Funktionsbereich besonders ausgeprägt. Als letzter Bereich in einer PLM- Umsetzung werden *Managementfunktionen* angeführt. Diese unterstützen bei der Planungs- und Entscheidungsfindung. Manager bekommen gefilterte Informationen geliefert und können Auswirkungen von alternativen Entscheidungen simulieren. Diese Lösungen werden durch verschiedene Business- Intelligence- Ansätze unterstützt und finden Großteils Anwendung im betriebswirtschaftlichen Sektor.<sup>37</sup>

---

<sup>36</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.41f

<sup>37</sup> Vgl. ebenda, S.40ff

### 3 Elemente einer PLM- Umsetzung

Nachdem im vorherigen Kapitel der Begriff PLM im Allgemeinen erläutert wurde, wird in diesem Kapitel versucht einen Überblick zu schaffen, wie PLM- Umsetzungen realisiert werden können. Dabei werden zuerst das Produktmodell, Prozessmodell und Rollenmodell erläutert. Diese Grundbausteine ermöglichen den Ablauf von Kernfunktionen, wie beispielsweise Produktdaten- und Dokumentenmanagement, Prozessmanagement, Projektmanagement usw. Es sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass PDM als das Backbone von PLM angesehen wird und somit die in diesem Kapitel beschriebenen Funktionen z.T. auch Kernfunktionen von PDM- Systemen darstellen.

#### 3.1 Die Grundbausteine Produktmodell, Prozessmodell und Rollenmodell

Um Transparenz von Produktionsprozessen mit Hilfe von Standardabläufen und Grundmuster zu erreichen, müssen Produkte und Prozesse mit allen zugehörigen Daten in einem Modellkonstrukt berücksichtigt und geeignet abgebildet werden.<sup>38</sup> Das beinhaltet, dass Produkte in Abhängigkeit von Beteiligten, Lebensphase und dem Anwenderbezug, verschiedene Facetten annehmen können. So kann beispielsweise das Abbild eines mechatronischen Produktes ein Schaltplan für den Elektroingenieur und ein CAD- Modell für den Maschinenbauingenieur sein. Desweiteren treten innerhalb einer Fachdisziplin verschiedene Sichten auf. Unter einer Sicht auf ein Modell wird ein bestimmter Ausschnitt verstanden. Das ermöglicht, dass nur relevante Informationen für den jeweilig Beteiligten sichtbar sind und somit eine Informationsflut verhindert wird und eine bessere Fokussierung auf den jeweiligen Kompetenzbereich erreicht werden kann. Beispiele für Sichten sind die Funktionssicht, Montagesicht, Entwicklungssicht usw. Für diese ganzheitliche, disziplinübergreifende Produktmodellierung hat sich der Begriff integriertes Produktmodell etabliert. Neben den einzelnen Modellen beinhaltet das integrierte Produktmodell auch Struktur- und Stammdaten.<sup>39</sup> Zusammenfassend liegen dem integrierten Produktmodell hauptsächlich die folgenden Anforderungen zugrunde:<sup>40</sup>

- *Abbildung von Produktinformationen aus allen Phasen des Produktlebenszyklus*
- *Vereinigung von verschiedenen physikalischen Produkteigenschaften*
- *Berücksichtigung der Sichtweise eines Anwendungsgebietes*

---

<sup>38</sup> Vgl. Arnold, 2011, S.34f

<sup>39</sup> Vgl. ebenda, S.35f

<sup>40</sup> Grabowski, 1993, S.6

Im Rahmen der ISO 10303 oder auch STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data) werden sogenannten Partial- oder Basismodelle definiert und zum integrierten Produktmodell zusammengeführt. Diese modular aufgebauten Modelle legen die gemeinsame Grundstruktur für alle Anwendungsprotokolle des integrierten Produktmodells fest. Dabei wird zwischen anwendungsabhängigen und anwendungsunabhängigen Modellen unterschieden. Anwendungsunabhängige Basismodelle sind beispielsweise das Geometriemodell, das Produktstrukturmodell (siehe später), das Formelementmodell etc. Die Integration der Partialmodelle in das integrierte Gesamtmodell erfolgt mithilfe des Kernmodell, welches die grundlegende Architektur vorgibt und dem Repräsentationsmodell, welches eine Methode zur Repräsentation von beliebigen Produktmerkmalen zur Verfügung stellt. Bei den anwendungsabhängigen Partialmodellen werden die allgemeinen Basismodelle um anwendungsspezifische Konstrukte erweitert. Beispiele hierfür sind das Kinematikmodell, das Finite- Elemente- Modell, Modelle für Anlagen- und Maschinenbau, Elektrik und Elektronik etc. Die Basismodelle bilden das integrierte Produktmodell konsistent und redundanzfrei ab. Um dies zu bewerkstelligen werden von dieser Norm Modellierungsregeln formuliert, welche u.a. Beziehungen zwischen Elementen, Prinzipien der konzeptionellen Modellierung oder eben die Redundanzfreiheit des Modells regeln.<sup>41</sup> Aufgrund dieser Standardisierung ist STEP eine tragfähige Lösung für den Austausch von Modelldaten zwischen verschiedenen Erzeugersystemen.<sup>42</sup> Zur Beschreibung des integrierten Produktmodells gewinnt die Notation UML (Unified Modeling Language) immer mehr an Bedeutung. UML verfügt über eine Vielzahl von Diagrammtypen und hat ihren Ursprung in der Softwareentwicklung. Mithilfe von Klassen- bzw. Objektdiagramme können die für das integrierte Produktmodell notwendigen Datenmodelle modelliert werden.<sup>43</sup>

Der Bedarf an Produktdaten lässt sich nur im Kontext zur Prozessbeschreibung erkennen, da hier Daten erzeugt und konsumiert werden. Die Formalisierung von Prozessbeschreibungen wird als Prozessmodell bezeichnet und ergänzt die statischen Produktdaten um eine dynamische Sicht.<sup>44</sup> Prozesse im Rahmen des PLM- Umfeldes sind die Abbildung von technischen und organisatorischen Geschäftsabläufen. Dabei wird zwischen langfristige, stabile und kurzfristige, temporäre Prozesse unterschieden. Langfristige Prozesse sind beispielsweise Freigabe- und Änderungsprozesse und werden i.d.R. im Qualitätshandbuch definiert. Kurzfristige Prozesse, wie z.B. das Delegieren von Tätigkeiten oder Benachrichtigungen, können vom Benutzer oder einer Projektgruppe eigenständig definiert werden.<sup>45</sup>

---

<sup>41</sup> Vgl. Grabowski, 1993, S. 14ff und S. 49

<sup>42</sup> Vgl. VDI 2219, 2002, S.14

<sup>43</sup> Vgl. Arnold, 2011, S.37

<sup>44</sup> Vgl. ebenda, S.36

<sup>45</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.29f

Durch das Kombinieren der Funktionen des Produkt- und Prozessmodell erhält man das Konfigurationsmodell, wodurch Veränderungen abgebildet, verwaltet und dokumentiert werden können. Informationen können dadurch nach Inhalt, Status oder Version verwaltet werden.<sup>46</sup> Diese Dynamisierung muss folgende drei wesentliche Aufgaben erfüllen:<sup>47</sup>

- *Verwaltung der Informationsverarbeitung (Arbeitsmanagement)*
- *Steuerung des Informationsflusses zwischen den am Prozess beteiligten Mitarbeitern (Workflow Management)*
- *Protokollierung des Informationsflusses bzw. Prozesses (Arbeitsprotokollverwaltung)*

Arbeitsmanagement bezeichnet das Verwalten der Informationsverarbeitung. Dadurch können Änderungen am Produktmodell erfasst werden und beliebige frühere Zustände des Produktmodells abgerufen werden. Diese einzelnen Zustände werden als Versionen bezeichnet und sind eine wesentliche Voraussetzung für ein funktionierendes Konfigurationsmanagement. Workflow Management ist die Steuerung des Informationsflusses zwischen den am Prozess beteiligten Mitarbeitern. Die Arbeitsprotokollverwaltung ermöglicht die Protokollierung aller im Prozess durchlaufenden Zustände, mitarbeitenden Personen und angewandten Methoden und ermöglicht somit ein Revisionsmanagement. Die Protokollierung ist auch Voraussetzung zur Nachverfolgung und somit zur Erteilung internationaler Qualitätsnormen.<sup>48</sup>

Prozesse lassen sich nur in Verbindung mit Akteuren durchführen. Diese werden dabei den einzelnen Prozessaktivitäten zugewiesen und mit bestimmten Berechtigungen ausgestattet. Der Begriff Akteur bezieht sich nicht nur auf Mitarbeiter, sondern kann auch bestimmte Systemfunktionalitäten beschreiben, welche beispielsweise automatisch Dokumente generieren, an Termine erinnern etc. Den Akteuren wird dabei eine bestimmte Rolle zugeordnet, welche wiederum an bestimmte Regeln gebunden ist. Eine Rolle ist somit für die Beziehung zwischen Akteur und Recht verantwortlich. Sie besitzt ein Regelwerk zur Steuerung von Berechtigungen. Mithilfe dieses Regelwerkes ist es möglich, Zugriffe auf bestimmte Objekte nur für bestimmte Rollen zu erlauben. Es kann dabei festlegen, was mit einem Objekt gemacht werden darf. Dabei kann z.B. zwischen Lese- und Schreibrecht unterschieden werden. Rechte sind auch vom Lebenszyklus und somit vom Objektstatus abhängig. Die Gesamtheit der Rollen und Regeln wird in einem Rollenmodell definiert.<sup>49</sup>

---

<sup>46</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.30

<sup>47</sup> Eigner, 2009, S.32

<sup>48</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.32f

<sup>49</sup> Vgl. Feldhusen, 2008, S.71 und vgl. Gerhard, 2011, S.87ff

## 3.2 Produktdaten- und Dokumentenmanagement

Produktdaten- und Dokumentenmanagement ist für die Verwaltung von Objekte zuständig. Dazu gehört das Management von Produktdaten inklusiver anfallender Dokumente. Der Umgang mit den verschiedenen Dateitypen sowie deren Kopplung zu den einzelnen Erzeugersystemen stellen weitere wesentliche Anforderungen an dieses Kernelement von PLM- Lösungen.<sup>50</sup>

Zu den zentralen Bausteinen von PLM- Lösungen gehören Objekte, welche nach der VDI- Richtlinie 2219 folgendermaßen definiert werden:<sup>51</sup>

- *Ein real oder begrifflich existierender Gegenstand mit fester, bekannter Menge von Eigenschaften (Attributen).*
- *Objekte oder auch Entitäten sind Ausprägungen eines Objekttypen und werden durch Werte der Attribute beschrieben*

Zu den wichtigsten Objekttypen zählen Artikel und Dokumente. Neben Artikel und Dokumente existieren in PLM- Umsetzungen noch weitere Objekttypen, wie beispielsweise Benutzer, Projekte, Ordner/Mappe und andere Ressourcen.<sup>52</sup>

Ein Artikel oder auch Teil kann vieles sein. Er kann ein komplexes Produkt darstellen, eine Baugruppe oder auch ein Einzelteil. Des Weiteren ist nicht von Bedeutung, wie der Artikel entstanden ist. Artikel können zugekauft worden sein oder auch der eigenen Produktion entstammen. Sie besitzen eine eindeutige Bezeichnung und können somit über ihren ganzen Lebenszyklus identifiziert werden.<sup>53</sup>

Dokumente können als Informationsträger angesehen werden.<sup>54</sup> Zu den wichtigsten Informationen bei PLM- Umsetzungen gehören die Produktinformationen. Sie werden unterteilt in technische, kommerzielle und Qualitätsinformationen. Bei technischen Informationen wird noch zwischen primären, sekundären und tertiären Informationen unterschieden. Diese weitere Unterteilung erfolgt nach dem Zeitpunkt ihrer Entstehung. Primäre Dokumente entstehen bei der ersten Planung und existieren über den gesamten Lebenszyklus. Beispiele hierzu sind CAD- Modelle, das Lasten- und Pflichtenheft, Berechnungen, technische Zeichnungen usw. Sekundäre Informationen werden aus den primären abgeleitet und werden in fertigungsabhängige (Arbeitspläne, Programme etc.) und fertigungsunabhängige Dokumente (Betriebsanleitungen, Instandhaltung etc.) unterteilt. Die tertiären Dokumente werden vom Betreiber selbst erstellt und betreffen meist Hilfestellungen. Beispiele hierfür sind Betriebs-, Schnittstellen-, Entsorgungsdokumentationen. Unter

---

<sup>50</sup> Vgl. VDI 2219, 2002, S.11

<sup>51</sup> VDI 2219, 2002, S.87

<sup>52</sup> Vgl. VDI 2219, 2002, S.87 und vgl. Eigner, 2009, S.125

<sup>53</sup> Vgl. Sandler, 2011, S.78

<sup>54</sup> Vgl. DIN 6789 Teil 1, 1990, S.2

kommerzielle Informationen versteht man z.B. Kundenanfragen, Gutachten oder auch Abnahmeprotokolle, während Qualitätsinformationen beispielsweise über Prüfberichte oder Qualitätshandbücher informieren.<sup>55</sup>

Um Objekte effektiv verwalten zu können, besitzen diese sogenannte Stammdaten bzw. Metadaten und Strukturdaten.<sup>56</sup> Stammdaten sind einem Objekt zugewiesene Attribute und haben zum Ziel, Objekte zu identifizieren, klassifizieren und zu beschreiben.<sup>57</sup> Sie sind selbstständig, d.h. ohne Beziehung zu anderen Daten aussagekräftig.<sup>58</sup> Bei Attributen wird üblicherweise zwischen zwei grundsätzlichen Arten unterschieden:

- Standardattribute
- anwenderspezifische Attribute

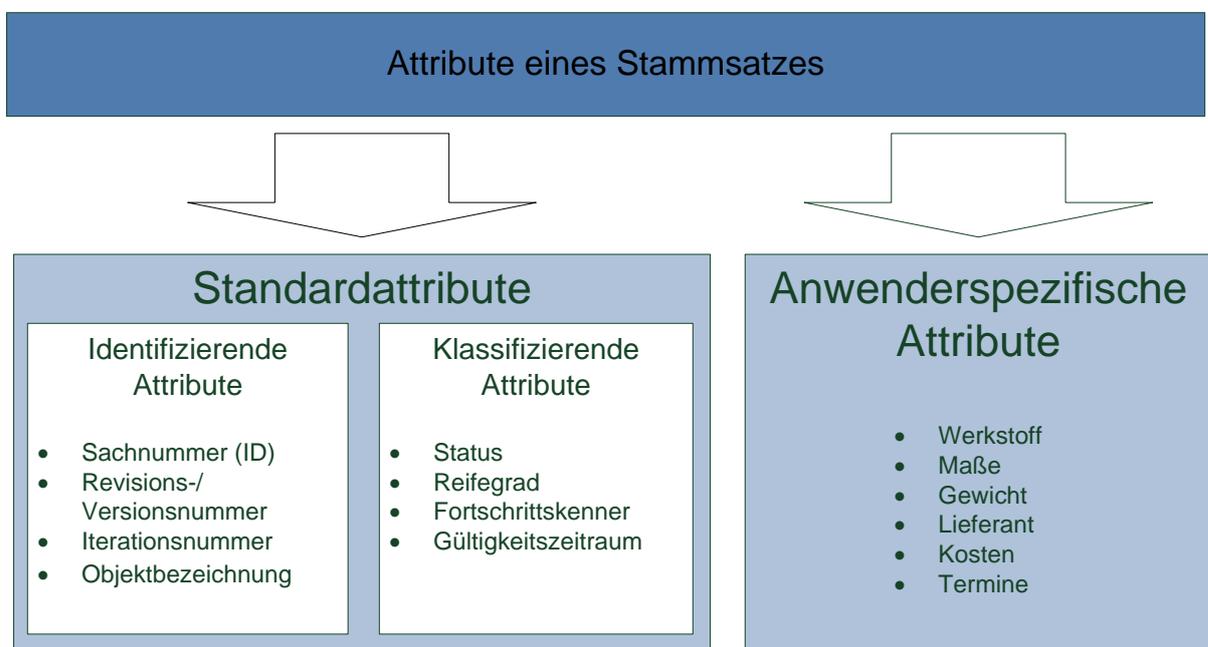


Abbildung 4: Attribute eines Stammsatzes<sup>59</sup>

Standardattribute werden für die Objektverwaltung benötigt und sind somit fester Bestandteil eines Stammsatzes. (Gesamtheit von Stammdaten) Sie werden bei der Objektinstallation vom User gesetzt und danach vom System überwacht und ggf. angepasst. Bei Standardattribute wird desweiteren unterschieden zwischen Identifizierenden und Klassifizierenden Attribute. Identifizierende Attribute werden zur Differenzierung der einzelnen gespeicherten Objekte benötigt und müssen deshalb mit Pflichtattribute belegt werden, während Klassifizierende Attribute zur Verwaltung der Objekte benötigt werden. Die anwenderspezifischen Attribute werden durch den

<sup>55</sup> Vgl. DIN6789 Teil 2, S.1ff und vgl. DIN6789 Teil 4, S.1ff und vgl. Arnold, 2011, S.105

<sup>56</sup> Vgl. Arnold, 2011, S.37

<sup>57</sup> Vgl. ebenda, S.106

<sup>58</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.80

<sup>59</sup> Abbildung in Anlehnung an Gerhard, 2011, S.76

Benutzer eingerichtet und beschreiben deshalb für den Benutzer wichtige Objekteigenschaften. Eine wichtige Eigenschaft ist, dass sie nicht standardmäßig Bestandteil eines Stammsatzes sein müssen.<sup>60</sup> Abbildung 4 veranschaulicht mit Beispielen diese Differenzierung.

Bei der Grunddatenverwaltung gibt es neben den Stammdaten auch noch Strukturdaten. Diese sind dafür verantwortlich, dass Abhängigkeiten zwischen den Ausprägungen von Stammdaten hergestellt sind.<sup>61</sup> Zu den wichtigsten Strukturdaten zählen die Daten der Produktstruktur oder auch Erzeugnisgliederung.<sup>62</sup>

Artikel (Teile) und Dokumente stehen in einer m:n Beziehung zueinander. Dies bedeutet, dass mehrere Dokumente auf einen Artikel verweisen können und umgekehrt.<sup>63</sup> Dokumente sind ähnlich wie Artikel zu behandeln. Sie besitzen einen Dokumentenstammsatz zur eindeutigen Identifizierung, können klassifiziert werden und durch eine Dokumentenstruktur beschrieben werden. Dokumente müssen auch Status und Reifegrad zugewiesen werden.<sup>64</sup>

### 3.3 Klassifizierungsmanagement

*„Aufgabe dieser Kernfunktion ist die Klassifizierung von Teilen und die Bereitstellung von effizienten Mechanismen zum Suchen und Wiederfinden von Teile- bzw. Produktinformationen.“<sup>65</sup>*

PLM- Umsetzungen fordern eine eindeutige Identifizierung der Objekte. Durch eine bestimmte Folge von Ziffern, Buchstaben und Sonderzeichen entsteht dabei eine Systematik und ein Nummernsystem liegt vor. Ein Nummernsystem ist dafür Verantwortlich, dass Objekte voneinander abgrenzt werden (Identifizierung) und auch geeignet zusammengefasst werden können. (Klassifizierung)<sup>66</sup> Identifizieren und klassifizieren wird dabei nach DIN6763 folgendermaßen definiert.<sup>67</sup>

*„Identifizieren ist das eindeutige, unverwechselbare Erkennen eines Objektes anhand von Attributen. Klassifizieren ist dagegen die Bildung von Klassen bzw. Gruppen nach bestimmten Kriterien.“*

---

<sup>60</sup> Vgl. Gerhard, 2011, S.73ff

<sup>61</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.80

<sup>62</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.81 und vgl. VDI 2219, 2002, S.10

<sup>63</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.94

<sup>64</sup> Vgl. ebenda, S.95ff

<sup>65</sup> VDI2219, 2004, S.11

<sup>66</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.65

<sup>67</sup> DIN6763, 1985, S.2f

Weitere Aufgaben von einem Nummernsystem sind die Gliederung von Information und die Prüfung auf Richtigkeit.<sup>68</sup> Dementsprechend können Nummer nach Informationsart und Zweck folgendermaßen eingeteilt werden:<sup>69</sup>

- *Identifizierungsnummer*
- *Klassifizierungsnummer*
- *Informationsnummer*
- *Kontrollnummer*

Die eindeutige Erkennung durch die Identifizierungsnummer kann sich auf einzelne Elemente oder auch auf eine Gruppe von Elementen, wie z.B. Stücklisten, Arbeitspläne usw. beziehen. Beim Aufbau von Identifikationsnummern muss auf einige Grundsätze geachtet werden. Neben der Eindeutigkeit sind das noch die Vollständigkeit der Nummernvergabe, sowie eine Unveränderlichkeit über die gesamte Lebensdauer. Klassifizierungsnummern sind für die Einordnung von Objekten verantwortlich. Die Objekte sind dabei gleich in Bezug auf ein ausgewähltes Merkmal. Die referenzierte Klasse verfeinert sich dabei mit zunehmender Stellenanzahl. Auch hier muss beim Aufbau auf einige Regeln geachtet werden. Dazu zählen die Eindeutigkeit der Zuordnung in eine Klasse, eine ausreichende Ausbaufähigkeit sowie eine sinnvoller Aufbau. Informationsnummern geben unmittelbar Auskunft über Eigenschaften des Elements. Ein Beispiel dafür sind DIN- Nummern. Kontrollnummern gewährleisten das richtige Erkennen von Objekten. Sie sind dann sinnvoll, wenn bei großer Verwechslungsgefahr auf die Auswahl des richtigen Objektes besonders große Bedeutung zugeordnet wird. Ein Beispiel wäre ein Motor derselben Serie, wo mithilfe von Seriennummern, Fabriknummern eine eindeutige Differenzierung erreicht werden kann.<sup>70</sup>

Beim Aufbau von Nummernsystemen wird zwischen zwei Ansätzen unterschieden:<sup>71</sup>

- Verbundnummernsysteme
- Parallelnummernsysteme

Verbundnummernsysteme bestehen aus einem klassifizierenden Teil und einer Zählnummer. Erst die Verbindung von Klassifikation und Zählnummer führt zu einer eindeutigen Identifizierung.<sup>72</sup> Abbildung 5 veranschaulicht grafisch diesen Zusammenhang. Verbundnummern werden häufig im Maschinen- und Anlagenbau eingesetzt. Von Vorteil ist, dass durch den hierarchischen Aufbau der Benutzer schnell in der Lage ist, das Objekt zu erkennen. Verbundnummern gelten auch als sehr kompakte Nummernsysteme, weshalb sie auch eine geringe Stellenanzahl

---

<sup>68</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.66

<sup>69</sup> Eigner, 2009, S.66

<sup>70</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.66f und vgl. Arnold, 2011, S.124

<sup>71</sup> Vgl. Arnold, 2011, S.125

<sup>72</sup> Vgl. Hachtel, 2009, S.86

aufweisen. Von großem Nachteil ist jedoch die geringe Flexibilität. Wird beispielsweise die Klassifikation nachträglich geändert, so hat dies immer Auswirkung auf die Identifizierung. Auch die direkte Zuordnung der Stellen zu der Systematik hat ihre Nachteile, da dadurch eine Erweiterung der Nummer nur mit großem Aufwand möglich ist.<sup>73</sup>

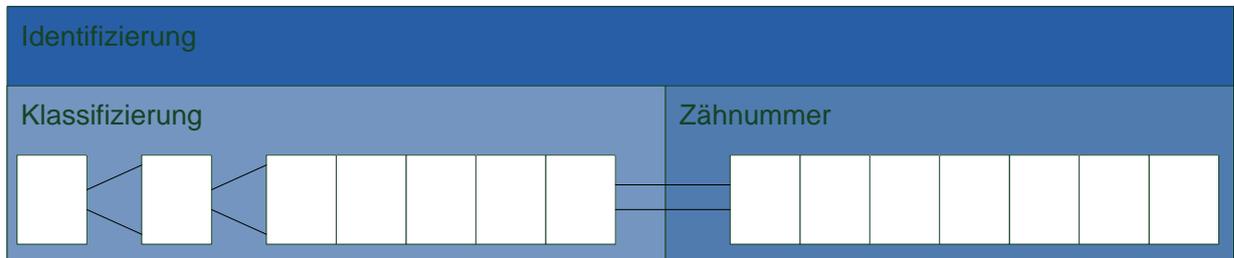


Abbildung 5: Verbundnummer<sup>74</sup>

Im Gegensatz zur Verbundnummer trennt die Parallelnummer (Abbildung 6) immer zwischen Identifikation und Klassifikation. Die Identifizierungs- und Klassifizierungsnummer sind somit voneinander unabhängig, erfüllen jedoch nur in Kombination die Anforderungen an ein Nummernsystem. Klassifikationen können ohne Einfluss auf die Identifikation verändert werden, wodurch sich eine hohe Flexibilität einstellt. Die Identifizierungsnummer ist eine fortlaufende Nummer ohne Freistellen und dadurch beliebig erweiterbar. Von Nachteil bei dieser Darstellungsform ist ein hoher nachträglicher Einführungsaufwand.<sup>75</sup>

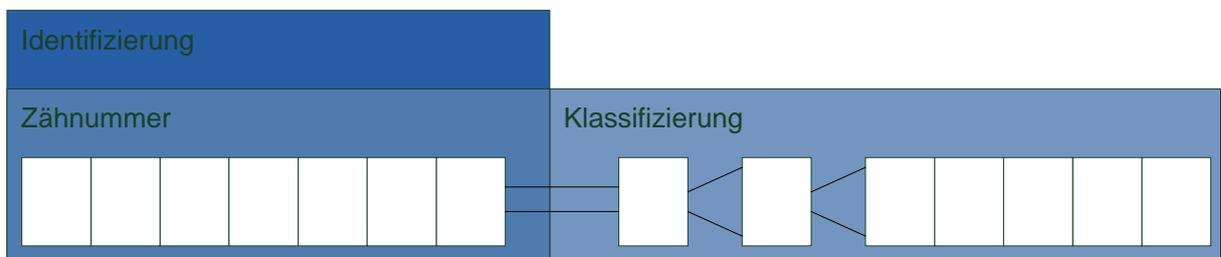


Abbildung 6: Parallelnummer<sup>76</sup>

Durch die Vor- und Nachteile ergibt sich, dass Verbundsysteme bevorzugt in der manuellen Datenverarbeitung eingesetzt werden, während sich Parallelnummern besonders für die elektronische Datenverarbeitung eignen.<sup>77</sup>

Abschließend zu den Nummernsystemen sollte noch auf dessen Einführung bzw. Restrukturierung eingegangen werden. Oft ist es der Fall, dass alte

<sup>73</sup> Vgl. Arnold, 2011, S.125f

<sup>74</sup> Abbildung entnommen aus Arnold, 2011, S.125

<sup>75</sup> Vgl. Arnold 2011, S.126f

<sup>76</sup> Abbildung entnommen aus Arnold, 2011, S.126

<sup>77</sup> Vgl. Arnold 2011, S.126f

Nummernsysteme existieren und diese in Einklang mit den neuen Konzepten zu bringen sind. Sie können historisch gewachsen sein oder aus einer ERP- Einführung resultieren. Die Restrukturierung eines Nummernsystems ist eine sehr aufwendige Aufgabe, da alte Nummern die gesamte Organisation betreffen und Änderungen daher Auswirkungen auf Prozesse, Kalkulationen, Auswertungen etc. haben. Es muss deshalb bei alten Nummern darauf geachtet werden, inwieweit diese Nummern ersetzt oder erhalten werden können. Bevor ein neues Nummernsystem eingeführt werden kann, müssen noch einige grundsätzliche Entscheidungen getroffen werden. Dazu zählen der Aufbau (Parallel- oder Verbundnummern), eine erarbeitete Klassifizierung, eine Abschätzung der zu nummerierenden Objekte oder auch welches IT- System die Hoheit über die Nummernvergabe hat. Bei der Frage der Verantwortung der Nummernvergabe ist zu beachten, dass grundsätzlich zwischen betriebswirtschaftliche Systeme und Entwicklungssysteme entschieden werden muss. Ein Kriterium ist hierfür der Zukaufanteil. Produziert ein Unternehmen Großteils selbst und hat somit einen niedrigen Anteil an zugekauften Teilen, so bietet sich im Normalfall eine Verwaltung der Nummern durch die Entwicklungssysteme an. Umgekehrt sollte bei hohem Zukaufanteil das betriebswirtschaftliche System die Hoheit der Nummernvergabe haben.<sup>78</sup>

Aufbauend auf der Nummernsystematik werden Klassifizierungssysteme eingesetzt. Sie unterstützen die Mitarbeiter beim Suchen von verschiedenste Objekten. Klassifizierungssysteme strukturieren große Datenmengen und stellen dabei umfangreiche Suchmöglichkeiten bereit. Wie schon erwähnt, werden dabei Klassen nach bestimmten Kriterien gebildet. Unter Kriterien wird in diesem Zusammenhang die Auswahl von Merkmalen verstanden. Diese können je nach Produktlebenszyklus variieren. So werden in der Konstruktion häufiger Merkmale wie Form, Abmessung, Normen benötigt, während in der Fertigung beispielsweise Merkmale für Toleranzen, Oberflächengüte bevorzugt. Klassifizierungssysteme lassen sich grundlegend in drei verschiedene Systeme einteilen.<sup>79</sup> Sie werden nachfolgend genauer beschrieben.

#### Nicht- hierarchische Klassifikationssysteme:

Bei diesen Systemen sind die die einzelnen Stellen der Klassifizierungsnummer unabhängig voneinander. Allgemein ausgedrückt handelt es sich um eine unabhängige Zusammenstellung von Informationen. Zu diesen Systemen gehören auch Schlagwortkataloge. Die Objekte werden dabei mit einer beliebigen Anzahl an Schlagwörtern beschrieben. Die Suche erfolgt dabei inkrementell. Das bedeutet, dass durch Angabe eines weiteren Schlagwortes die Suche verfeinert wird. Nach jeder Angabe werden dabei die Ergebnisse aktualisiert, bis nur noch die gewünschte Menge an Objekten vorhanden ist. Die einzelnen Schlagwörter werden dabei sinnvoll

---

<sup>78</sup> Vgl. ebenda, S.129ff

<sup>79</sup> Vgl. Arnold, 2011, S.134ff und vgl. Krause, 2001, S.26

in Kataloge geordnet und auch die Möglichkeit Synonyme für Schlagwörter festzulegen, ist gegeben. Von Vorteil ist die Erfassung aller Objekte. Das hat jedoch einen hohen Speicherbedarf bei geringer Aussagekraft zum Nachteil.<sup>80</sup>

#### Hybride Klassifikationssysteme:

Hybride Systeme sind eine Mischform aus nicht- hierarchischen und hierarchischen Klassifikationssystemen. Die einzelnen Stellen sind dabei teilweise voneinander abhängig und eine Grobklassifizierung ist damit möglich. Ein typischer Vertreter von hybriden Systemen ist der Thesaurus. Er wird dabei oft zur Benennung der Objekte verwendet, die wiederum auf Art und Funktion des Objektes hinweisen. Der gewählte Begriff zur Benennung des Objektes ist dabei gleichzeitig das klassifizierende Merkmal dieser Klasse. Wenn die Benennung frei vergeben werden kann, gibt es oft das Problem, dass Suchanfragen nicht zu dem gewünschten Erfolg führen. Das ist dadurch begründet, dass Namen unzuweckmäßig gewählt werden oder Schreibweisen leicht voneinander abweichen. Abhilfe schafft eine vorgegebene Namensauswahl. Wird ein neues Objekt installiert, so muss ein Begriff aus diesem Thesaurus gewählt werden. Wird kein passender Begriff gefunden, so muss ein passender Begriff bei der verantwortlichen Abteilung beantragt werden.<sup>81</sup>

#### Hierarchische Klassifikationssysteme:

Bei hierarchischen Systemen sind die einzelnen Stellen voneinander abhängig. Das hat zum Vorteil, dass eine kompakte Darstellung entsteht. Von Nachteil ist jedoch, dass der dabei entstehende alphanumerische Code durch die Begrenzung der Stellenanzahl auch nur eine grobe Aussage über den Inhalt zulässt.<sup>82</sup>

Von besonderer Bedeutung bei Klassifizierungssystemen sind die Merkmal- Listen, besser bekannt als Sachmerkmalleisten nach DIN 4000. Sie können keinem der drei Klassifizierungssysteme zugeordnet werden, da sie teilweise hierarchisch aufgebaut sind, teilweise auch hybride oder nicht hierarchische Formen annehmen. Die Gesamtmenge der Objekte wird dabei grob klassifiziert und somit in Gruppen größtmöglicher Ähnlichkeit zusammengefasst. Die dabei entstehenden Klassen werden auch als Gegenstandsgruppen bezeichnet. Die Eigenschaften der geordneten Objekte der Gruppen werden als (Sach-) Merkmale tabellarisch erfasst. Durch das Hinzufügen von Merkmalen kann die Gruppe genauer klassifiziert werden.<sup>83</sup>

Nach einer Überarbeitung dieser Norm im September 2012, wurde aus den Sachmerkmalleisten die Merkmal- Listen, welche sich vor allem im Aufbau

---

<sup>80</sup> Vgl. Arnold, 2011, S.136 und vgl. Eigner, 2009, S.72 und S.153

<sup>81</sup> Vgl. ebenda, S.138 und vgl. ebenda, S.72 und S.154

<sup>82</sup> Vgl. Eigner, 2009, S. 73

<sup>83</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.74 und vgl. Gerhard, 2011, S.112

unterscheiden. Es wird bei Neuanlagen empfohlen, auf die Merkmal- Listenstruktur umzustellen. Der generelle Aufbau ist in Tabelle 1 ersichtlich. Im Unterschied zu den Sachmerkmalelisten werden hier die einzelnen Merkmale in einer Listenform dargestellt. Desweiteren werden Merkmal- Listen mit den Feldern Format, Merkmaldefinition und Bevorzugtes Symbol erweitert. Eine Merkmal- Liste ist die Zusammenstellung von Merkmalen einer Gegenstandsgruppe. Sie besitzt immer eine Überschrift mit der genauen Bezeichnung, was unter anderem auch die Gegenstandsgruppe beinhaltet. Die Merkmal- Kennung ist durch die DIN 4000 vorgegeben. Sie besteht aus einer Folge von alphanumerischen Zeichen. Je nach Merkmal- Art wird der Merkmal- Kennung dabei ein bestimmter Wertebereich zugeordnet. Die Merkmal- Art unterscheidet dabei zwischen Bild- Kennung, Normnummer, Sachmerkmal und einem Merkmal. Durch Angabe der ID- Nummer wird das Merkmal eindeutig gekennzeichnet. Die Merkmal- Benennung soll in kurzer Form angegeben werden. ID- Nummern und Merkmal- Benennungen sind genormt und können unter DINsml.net nachgeschlagen werden. Das Bevorzugte Symbol wird aus der Merkmals- Benennung abgeleitet und findet bei Konformitätsklassen Anwendung. Einheiten sind anzugeben, da Sie für die Sicherstellung der Vergleichbarkeit von Merkmalausprägungen zuständig sind, während die festgelegten Formate die Darstellung der Ausprägungen garantieren. Die Merkmal- Definition gibt einen Verweis an, in welchem die Definition des Merkmals zu finden ist.<sup>84</sup>

Tabelle 1- Merkmal- Liste DIN 4000-77-1  
Schneidkörper, geklemmt, zur Stech- und Gewindebearbeitung

| <b>Merkmal- Kennung</b> | <b>ID- Nummer</b> | <b>Merkmal- Benennung</b>  | <b>Bevorzugtes Symbol</b> | <b>Einheit</b> | <b>Format</b> | <b>Merkmal- Definition</b> |
|-------------------------|-------------------|----------------------------|---------------------------|----------------|---------------|----------------------------|
| NSM                     | DIN-AAD941        | Normnummer Sachmerkmal     | NSM                       | -              | CHAR 20       | siehe 4.3                  |
| A1                      | DIN-AAD932        | Profilform                 | PFS                       | -              | INT 2         | siehe 4.3                  |
| A2                      | DIN-AAD939        | Stechbreite, Nennmaß       | CW                        | mm             | REAL7.3       | siehe 4.3                  |
| A3                      | DIN-AAD744        | Stechbreite, oberes Abmaß  | CWUD                      | mm             | REAL7.4       | siehe 4.3                  |
| A4                      | DIN-AAD800        | Stechbreite, unteres Abmaß | CWLD                      | mm             | REAL7.5       | siehe 4.3                  |
| ...                     | ...               | ...                        | ...                       | ...            | ...           | ...                        |

Tabelle 1: Beispiel einer Merkmal- Liste<sup>85</sup>

<sup>84</sup> Vgl. DIN 4000-1, 2012, S.5ff

<sup>85</sup> Abbildung in Anlehnung an DIN 4000-1, 2012, S.18

### 3.4 Produktstrukturmanagement

Das Produktstrukturmanagement ist zuständig für die Erstellung und Bearbeitung von Produktstrukturen. Dazu zählt auch die Generierung von Stücklisten bzw. von Teilverwendungsnachweisen. Da Produktstrukturen kein starres Gebilde darstellen, wird in diesem Zusammenhang auch auf die zeitliche Veränderung der Strukturen eingegangen. Diese Änderungen werden in Form von Versionen und Varianten ausgedrückt und können mithilfe des Konfigurationsmanagement verwaltet werden.<sup>86</sup>

*„Unter einer Produktstruktur wird die strukturierte Zusammensetzung des Produkts aus seinen Komponenten, im Sinne einer Bestandteilhierarchie verstanden.“<sup>87</sup>*

Dabei wird das Endprodukt über Knoten in seine Baugruppen und Einzelteile zerlegt. Jeder Strukturzweig endet dabei an einem Einzelteil, welches als nicht weiter zerlegbar definiert wird.<sup>88</sup> (Abbildung 7) Die Zuordnung der Produktkomponenten zueinander kann als Beziehung der Art „gehört zu“ (Komponentenverwendung) und „besteht aus“ (Komponentenauflösung) verstanden werden.<sup>89</sup> Jede Baugruppe oder jedes Einzelteil wird dabei einer Strukturstufe zugeordnet. Die Dispositionsstufe ist die tiefste Stufe einer Komponente in irgendeiner Stückliste.<sup>90</sup> Zur Abbildung dieser Strukturen wird innerhalb eines PDM- System ein Datenmodell definiert, welches die verschiedenen Objekte analog zu den Produktstrukturen über Relationen miteinander verbindet.<sup>91</sup>

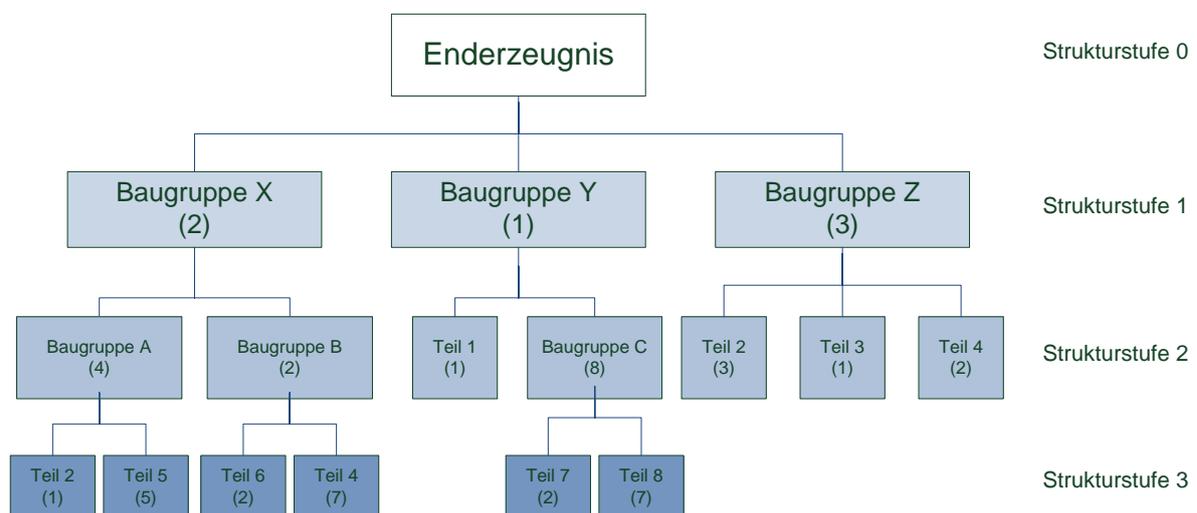


Abbildung 7: Beispiel einer Produktstruktur<sup>92</sup>

<sup>86</sup> Vgl. DIN2219, 2002, S.11 und vgl. Arnold, 2011, S.82

<sup>87</sup> Schönsleben, 2011, S.22

<sup>88</sup> Vgl. Arnold, 2011, S.39

<sup>89</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.28

<sup>90</sup> Vgl. Schönsleben, 2011, S.22f

<sup>91</sup> Vgl. VDI 2219, 2002, S.10

<sup>92</sup> Abbildung in Anlehnung an Schönsleben, 2011, S.23

Mit einer geeigneten Wahl des Aufbaus von Produktstrukturen werden folgende Ziele verfolgt.<sup>93</sup>

- *strukturelle Gliederung der enthaltenen Bauteile*
- *Strukturierung des Konstruktionsprozess*
- *einheitlicher Zeichnungs- und Stücklistenaufbau*
- *höhere Mehrfachverwendung von Objekten (Baugruppen, Einzelteile)*
- *Transparenz und Reduktion von Produktdaten*
- *Unterstützung und Vereinfachung des Informationsflusses bzw. -verarbeitung*
- *Wettbewerbsvorteile durch geeignete Wahl von Baugruppen und somit der Strukturierung*

Werden der Produktstruktur produktbeschreibende Daten, wie Partialmodelle, Dokumente und andere Objekte hinzugefügt, so nähert sich das Kernmodell der Produktstruktur sukzessive dem integrierten Produktmodell an. In diesem Zusammenhang spielen die Begriffe Sichtenkonzept, Version, Variante und Konfiguration eine wesentliche Rolle. So erfordert auch die Produktstruktur eine Anpassung auf die verschiedenen Sichtweisen.<sup>94</sup>

Eine Ausprägung der Produktstruktur stellt eine bestimmte Sichtweise auf ein Produkt dar. Die Anzahl der notwendigen Sichten ist dabei von der Komplexität des Produktes abhängig. Ein Rezept dafür, wie viele Sichten benötigt werden gibt es nicht. Da die Anforderungen an eine Produktstruktur von Prozessphasen abhängen, kann der Produktlebenszyklus als eine Abgrenzung der einzelnen Sichten angesehen werden.<sup>95</sup> Der Phase Anforderungen wird dabei die Anforderungsstruktur zugeordnet, der Produktplanung die Funktionsstruktur, der Entwicklung die Entwicklungsstückliste usw. Da eine neue Sichtweise viele neue Verknüpfungen verlangt, bedeutet das auch eine Komplexitätszunahme. So wird in Industrie und Praxis ständig an Integrationsstrategien gearbeitet, um Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Phasen zu erzeugen, wie es vor allem bei Änderungen notwendig ist.<sup>96</sup> Bei mechatronischen Produkten bieten sich auch disziplinabhängige Sichtweisen an. Die Sichtweisen können dabei den verschiedenen Disziplinen, wie beispielsweise Mechanik, Elektronik, Hydraulik, Software etc. zugeordnet werden.<sup>97</sup>

Wird die Produktstruktur vom Enderzeugnis bis zu den Einzelteilen durchlaufen, spricht man auch von der konvergierenden Produktstruktur oder Stückliste. Eine Stückliste ist die Aufschlüsselung aller Komponenten die in ein Enderzeugnis eingehen. Umgekehrt beschreibt der Teilverwendungsnachweis in welchen

---

<sup>93</sup> Schuh, 2005, S.119f

<sup>94</sup> Vgl. Arnold, 2011, S.40

<sup>95</sup> Vgl. Arnold 2011, S.95ff

<sup>96</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.78f

<sup>97</sup> Vgl. Arnold, 2011, S.99f

übergeordneten Baugruppen sich ein Teil befindet.<sup>98</sup> Stücklisten können in verschiedenen Varianten auftreten und besitzen gerade im Bereich Maschinenbau einen hohen Stellenwert.<sup>99</sup> Zu den wichtigsten Erscheinungsformen von Stücklisten zählen:<sup>100</sup>

- Mengestückliste
- Strukturstückliste
- Baukastenstückliste
- Variantenstückliste

| Mengestückliste |                   | Strukturstückliste |      |   |       | Baukastenstückliste |       |             |       |
|-----------------|-------------------|--------------------|------|---|-------|---------------------|-------|-------------|-------|
| Enderzeugnis E  |                   | Enderzeugnis E     |      |   |       | Enderzeugnis E      |       | Baugruppe Z |       |
| Teil            | (kumulierte)Menge | Pos. Nr.           | Teil |   | Menge | Teil                | Menge | Teil        | Menge |
| X               | 2                 | 1                  | X    |   | 2     | X                   | 2     | 2           | 3     |
| Y               | 1                 | 2                  |      | A | 8     | Y                   | 1     | 3           | 1     |
| Z               | 3                 | 3                  |      |   | 2     | Z                   | 3     | 4           | 2     |
| A               | 8                 | 4                  |      |   | 5     | Baugruppe X         |       | Baugruppe B |       |
| B               | 4                 | 5                  |      | B | 4     | Teil                | Menge | Teil        | Menge |
| C               | 8                 | 6                  |      |   | 6     | A                   | 4     | 6           | 2     |
| 1               | 1                 | 7                  |      |   | 4     | B                   | 2     | 4           | 7     |
| 2               | 17                | 8                  | Y    |   | 1     | Baugruppe Y         |       | Baugruppe C |       |
| 3               | 3                 | 9                  |      | 1 | 1     | Teil                | Menge | Teil        | Menge |
| 4               | 34                | 10                 |      | C | 8     | 1                   | 1     | 7           | 2     |
| 5               | 40                | 11                 |      |   | 7     | C                   | 8     | 8           | 7     |
| 6               | 8                 | 12                 |      |   | 8     | Baugruppe A         |       |             |       |
| 7               | 16                | 13                 | Z    |   | 3     | Teil                | Menge |             |       |
| 8               | 56                | 14                 |      | 2 | 9     | A                   | 4     |             |       |
|                 |                   | 15                 |      | 3 | 3     | B                   | 2     |             |       |
|                 |                   | 16                 |      | 4 | 6     |                     |       |             |       |

Abbildung 8: Ausprägungen von Stücklisten<sup>101</sup>

Die Mengestückliste stellt die einfachste Form eines Stücklistenaufbaus dar. Durch ihre unstrukturierte Darstellungsform gibt sie lediglich Auskünfte über Mengenangaben der einzelnen Artikel. Geeignet ist diese Stückliste für die Kalkulation, da aus ihr direkt der Bedarf pro Erzeugnis abzulesen ist.<sup>102</sup> (Abbildung 8) Die Strukturstückliste zeigt die strukturierte Zusammensetzung eines Produktes über alle Strukturstufen. Bei nicht allzu umfangreichen Strukturen, ist eine gute Übersicht gegeben, wobei Teile bei mehrfacher Verwendung auch mehrfach in der Stückliste vorkommen. Nachteilig ist der erhöhte Speicheraufwand, höherer Aufwand im Änderungsdienst und die Ermittlung des Bedarfes. Die Strukturstückliste

<sup>98</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.82 und vgl. Schönsleben, 2011, S.22

<sup>99</sup> Vgl. Mertens, 2009, S.124

<sup>100</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.82

<sup>101</sup> Abbildung in Anlehnung an Dangelmaier, 2009, S.226f

<sup>102</sup> Vgl. Dangelmaier, 2009, S.226 sowie vgl. Eigner, 2009, S.83

entspricht inhaltlich genau der möglichen graphischen Darstellung eines Produktes als Baumstruktur.<sup>103</sup> ( Abbildung 8) Bei der Baukasten- Stückliste entfällt die wiederholte Auflistung der Gruppen und Einzelteile über mehrere Strukturstufen, weshalb gerade bei Wiederholteileverwendung ein geringerer Speicheraufwand zu erwarten ist. Auch das Änderungswesen gestaltet sich dadurch leichter. In jeder Baugruppe werden nur die Einzelteile und Gruppen (mit höherer Strukturstufe) angegeben, die unmittelbar in die im Stücklistenkopf angegebene Baugruppe eingehen. Mengenangaben beziehen sich dabei nur auf die im Stücklistenkopf angegebene Baugruppe.<sup>104</sup> ( Abbildung 8)

*„Die Variantenstückliste ist eine Zusammenfassung mehrerer Stücklisten auf einem Vordruck, um verschiedene Gegenstände mit einem in der Regel hohen Anteil identischer Bestandteile gemeinsam aufführen zu können.“<sup>105</sup>*

Zu den wichtigsten Ausprägungen dieser Erscheinungsform gehört die Gleichteilstückliste, Plus- Minus- Stückliste, Offene und Regelbasierte Variantenstückliste. Die Gleichteilstückliste beinhaltet einen Gleichteilesatz, der in alle Varianten eingeht. Jede Variante besteht somit aus einer Gleichteilbaugruppe und zusätzlichen Baugruppen und/ oder Einzelteilen. Bei der Plus- Minus- Stückliste wird für jede Komponente, die in eine Variante eingehen kann, im Struktursatz die Zugehörigkeit mit einem Plus (+) bzw. Minus (-) gekennzeichnet. Die Stückliste kann auch so interpretiert werden, dass jede Variante einem Umbau der Basisvariante entspricht. Abhilfe beim Speicher- und Pflegebedarf schafft die offene Variantenstückliste, wo die Merkmale mit entsprechenden Potenzialen verwaltet werden. Je Erzeugnistyp existiert nur noch eine einzige Stückliste, welche die gesamte Erzeugnisfamilie repräsentiert. Mit Hilfe von Bedingungen (z.B. Kundenwünsche) und den aktuellen Attributsausprägungen wird die konkrete Variante abgeleitet.<sup>106</sup>

Alle bisher vorgestellten Arten von Stücklisten basieren auf einfachen IT- Lösungen der 70- und 80er Jahre. Ihre Weiterentwicklung entspricht die der Regelbasierten Variantenstückliste, wo mit Hilfe moderner IT- Lösungen einfache Variantenstrukturen gebildet werden können. Bei dieser Form der Stückliste wird nur eine einzige Stückliste verwaltet, die jedoch alle Baugruppen bzw. Einzelteile beinhaltet. Es werden keine festen Zuordnungen zu den jeweiligen Produktvarianten vorgenommen, stattdessen werden Baugruppen bzw. Einzelteile definiert, die entweder unverändert bleiben (in allen Varianten zwingend vorkommen), optional sind oder eine Variante darstellen. Die Auswahl der benötigten Baugruppen bzw. Einzelteile wird durch eine Konfigurationslogik vorgenommen. Diese

---

<sup>103</sup> Vgl. Dangelmaier, 2009, S.226f sowie vgl. Schönsleben, 2011, S.833

<sup>104</sup> Vgl. Dangelmaier, 2009, S.226 sowie vgl. Eigner, 2009, S.83

<sup>105</sup> DIN 199-1, 2002, S.15

<sup>106</sup> Vgl. Dangelmaier, 2009, S.229ff sowie vgl. Eigner, 2009, S.86f

Konfigurationslogik beinhaltet Regeln, wodurch eine Abgrenzung der verschiedenen Varianten gegeben wird.<sup>107</sup>

Nachdem die Produktstruktur und ihre Ausprägungen erläutert wurden, wird nun auf die zeitliche Veränderung dieser Strukturen eingegangen. Diese Veränderung ist durch die Anforderungen des Marktes und der Kunden notwendig. Produkte müssen deshalb in verschiedenste Varianten angeboten werden. Unter Varianten werden Ausprägungen von ein und desselben Erzeugnis verstanden. Die einzelnen Varianten existieren parallel zueinander und sind gegeneinander austauschbar. Varianten werden über die vorher erläuterten Variantenstücklisten strukturell dargestellt. Neben den Varianten spielt auch der Begriff Version eine wesentliche Rolle beim Konfigurationsmanagement. Durch Weiterentwicklungen, Fehlerbehebungen etc. müssen Produkte überarbeitet werden und es entstehen neue Versionen. Versionen sind zeitlich nacheinander entstehende Arbeitsergebnisse bzw. Entwicklungsstufen eines Produktes. Neuere Versionen sind meist Weiterentwicklungen, Verbesserungen von älteren Versionen und ersetzen deshalb diese. Versionen beziehen sich immer auf die einzelnen Objekte und werden mithilfe einer Versionsnummer eindeutig identifiziert. Versionen und Varianten werden mit Hilfe der Gültigkeit oder Effektivität erlaubt bzw. eingeschränkt. Sie können für einen bestimmten Zeitraum oder Anwendungsfall gültig sein und sollten bei allen Varianten und Versionen angegeben werden.<sup>108</sup>

### 3.5 Prozess- und Workflowmanagement

*„Das Prozess- und Workflowmanagement unterstützt die Abbildung und Kontrolle von Arbeitsabläufen und Informationsflüssen.“<sup>109</sup>*

Ein Prozess ist eine logische Folge von Aktivitäten. Die Aktivitäten besitzen eine Vorgänger- Nachfolger- Beziehung, weshalb der Start einer neuen Aktivität immer vom Ergebnis des zuvor bearbeiteten Aktivität abhängt. So muss immer ein Ereignis definiert werden, um eine Folgeaktivität durchzuführen.<sup>110</sup> Ein Prozess wird durch ein Ereignis gestartet und kann durch die Eingabe von Daten gesteuert werden. Diese Inputs werden von den am Prozess beteiligten Akteuren gegeben. Ein Geschäftsprozess ist immer von den Unternehmenszielen abgeleitet und ein Teil der Wertschöpfungskette.<sup>111</sup> Neben dem Beitrag zur Wertschöpfung ist dieser Prozess oft an den Kunden orientiert und besitzt funktionsübergreifenden Charakter. Geschäftsprozesse können differenziert werden nach ihrer Nähe zum Kerngeschäft des Unternehmens. Demnach erfolgt eine Unterscheidung zwischen

---

<sup>107</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.87f

<sup>108</sup> Vgl. Arnold, 2011, S.82ff und vgl. Gerhard, 2011, S.141

<sup>109</sup> DIN2219, 2004, S.11

<sup>110</sup> Vgl. Schuh/Uam, 2012, S.381f

<sup>111</sup> Vgl. Müller, 2005, S.7

Kerngeschäftsprozesse, Steuerungsprozesse und Unterstützungsprozesse. Kerngeschäftsprozesse besitzen einen hohen Wertschöpfungsanteil. Sie sind für die Leistungserstellung verantwortlich und somit wettbewerbskritisch. Beispiele dafür sind Geschäftsprozesse in den Bereichen Auftragsabwicklung, Produktentwicklung oder Produktion. Unterstützungsprozesse sind Geschäftsprozesse mit nur einem sehr geringen oder gar keinen Wertschöpfungsanteil. Sie werden oft in der Finanzbuchhaltung, Kostenrechnung oder Personalwesen eingesetzt. Steuerungsprozesse sind hingegen für das Zusammenspiel der einzelnen Geschäftsprozesse verantwortlich. Die Strategieentwicklung oder die Unternehmensplanung wird mit solchen Prozessen realisiert.<sup>112</sup>

Prozesse werden mithilfe grafischer Modellierungssprachen beschrieben. Diese Sprachen sind dabei bestimmten Anforderungen unterworfen. So müssen Aktivitäten durch Typen unterschieden werden können und Pfeile für die Darstellung der zeitlichen Struktur verwendet werden. Ablaufteilungen und Wiederholungen müssen dargestellt werden können und Aktivitäten werden mit Relationen und Rollen in Verbindung gesetzt. In der Praxis existiert eine Vielzahl an Modellierungstools. In den letzten Jahren zeigte sich jedoch eine zunehmende Verwendung der Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK), Unified Modeling Language (UML) und der Business Process Model and Notation (BPMN). Im folgendem werden diese drei Möglichkeiten näher beschrieben.<sup>113</sup>

#### Ereignisgesteuerte Prozesskette:

Die Methode der Ereignisgesteuerten Prozesskette (EPK) basiert auf Grundlage der Petri- Netze und wurde in den 1990er Jahren von Keller, Nüttgens und Scheer im Rahmen des ARIS- Konzept (Architektur Integrierter Informationssysteme) entwickelt. Diese weit verbreitete Notation kann als bipartiter Graph gesehen werden, d.h. es dürfen nur unterschiedliche Typen/ Symbole miteinander verbunden werden. Die Grundelemente dieser Notation sind Funktionen, Ereignisse, Kanten und Konnektoren. Funktionen transformieren Informationsobjekte von Input- in Outputdaten und können bis zu ihren Elementarfunktionen zerlegt werden, wobei der Grad der Unterteilung ein wesentlicher Faktor bei Komplexität bzw. Veranschaulichung des Gesamtprozesses ist. Dieser aktive Objekttyp wird als Rechteck mit abgerundeten Kanten dargestellt und beinhaltet immer ein Informationsobjekt mit seiner beschreibenden Tätigkeit. (z.B. Auftrag löschen) Ereignisse sind Zustandsausprägungen, d.h. sie beschreiben einen eingetretenen Zustand und verbrauchen dabei weder Kosten noch Zeit. Diese passiven Objekttypen lösen Funktionen aus (Auslösende Ereignisse) und sind wiederum Ergebnisse durchgeführter Funktionen. (Erzeugte Ereignisse) Prozesse beginnen

---

<sup>112</sup> Vgl. Gadatsch, 2010, S.41ff

<sup>113</sup> Vgl. Freund, 2008, S.8f

und enden somit mit Ereignissen. Ereignisse werden als Sechsecke dargestellt und enthalten immer ein Informationsobjekt mit seinem eingetretenen Zustand. (z.B. Auftrag gelöscht) Kanten verknüpfen Funktionen mit Ereignissen und umgekehrt. Sie verbinden genau zwei verschiedene Objekte miteinander. Konnektoren (Verknüpfungsoperatoren) dienen zur Modellierung nicht- linearer Prozessverläufe, wobei zwischen drei verschiedenen logischen Operatoren unterschieden wird: UND-, ODER- und XOR- Verknüpfung. Werden mehrere Ereignisse mit einer Funktion verknüpft, spricht man von einer Ereignisverknüpfung. Funktionsverknüpfungen verbinden hingegen mehrere Funktionen mit einem Ereignis. Zu beachten ist, dass die Funktionsverknüpfung als Auslösendes Ereignis keine ODER- und XOR-Konnektoren erlaubt, da Funktionen als passive Modellelemente keine Entscheidungen treffen können.<sup>114</sup>

### UML (Unified Modeling Language):

Dieser objektorientierten Ansatz wurden von den Wissenschaftler Rumbaugh, Booch und Jakobsen in den 1990er entwickelt und 1997 als UML 1.0 zur Standardisierung bei der OMG (internationales Standardisierungsgremium) eingereicht. Im Laufe der Zeit wurde dieser Standard stets weiterentwickelt, wodurch im März 2010 bereits Version 2.3 vorgestellt wurde.<sup>115</sup> Die UML Notation als inzwischen weit verbreitete Beschreibungstechnik ist für möglichst viele Anwendungsbereiche der Softwareentwicklung gedacht. Ihr Ziel ist es, möglichst viele Notationen zu vereinheitlichen und damit eine Standard- Modellierungssprache für die Softwareentwicklung zu ermöglichen.<sup>116</sup>

Um das Ziel einer Standard- Modellierungssprache zu verwirklichen, wurde eine Vielzahl von Diagrammtypen konzipiert. Durch ihre einheitliche Symbolik können die verschiedenen Diagramme miteinander verknüpft werden. UML Diagramme können nach vier verschiedenen Kriterien klassifiziert werden:<sup>117</sup>

- Strukturdiagramm  
(Nutzfall-, Klassen-, Objekt- und Paketdiagramm)
- Verhaltensdiagramm  
(Aktivitätsdiagramm und Zustandsautomat)
- Architekturdiagramm  
(Kompositionsstruktur-, Einsatz und Verteilungs- und Komponentendiagramm)
- Interaktionsdiagramm  
(Sequenz-, Zeit-, Kommunikations- und Interaktionsübersichtsdiagramm)

---

<sup>114</sup> Vgl. Gadatsch, S.86 und S.190ff, sowie vgl. Becker, 2003, S. 65f

<sup>115</sup> Vgl. Czuchra, 2010, S.21

<sup>116</sup> Vgl. Rumpe, 2011, S.6

<sup>117</sup> Vgl. ebenda, S. 24f

Zur Veranschaulichung solcher Diagramme, wird das Aktivitätsdiagramm (Activity Diagram) gewählt. Dieses Diagramm beschreibt die Modellierung aus der dynamischen Sicht. Das heißt es beschreibt eine endliche oder unendliche Folge von sich nacheinander ergebenden Zuständen, wobei diese durch Attribute zu einem bestimmten Zeitpunkt bestimmt werden. Aktivitätsdiagramme werden normalerweise aus folgenden Elementen aufgebaut:<sup>118</sup>

- Aktionen  
transformiert Werte, werden als abgerundete Rechtecke dargestellt
- Aktivität  
beschreibt den Ablauf mehrerer Aktionen
- Flüsse  
Herstellung von Vorgänger- Nachfolger- Beziehung. Können mit Bedingungen versehen werden und als Pfeil dargestellt.
- Objekte  
besitzen bestimmte Zustände, werden als Rechtecke dargestellt
- Kontrollknoten  
mit ihnen werden Verzweigungen dargestellt. Es wird unterschieden zwischen Start- und Endknoten, Entscheidungsknoten, Zusammenführungsknoten und Synchronisationsknoten

Die einzelnen Elemente werden mit Hilfe Abbildung 9 veranschaulicht. Unser Beispiel zeigt einen Ausschnitt eines Auslagerungsprozesses. Die Aktivität beginnt mit einem Startpunkt, der immer als ausgefüllter Kreis dargestellt wird. Danach folgt die Aktion „Artikelprüfung“. Wird der Artikel nicht geführt, sorgt der Entscheidungsknoten dafür, dass der Fluss direkt zum Endknoten weitergeleitet wird. Falls der Artikel jedoch geführt wird, folgt eine weitere Unterscheidung nach Kunden. Die Aufgabenstellung beinhaltet eine Synchronisation der Artikel der Industriekunden mit Charge vorhanden und den sonstigen Kunden. Industriekunden werden deshalb einer Chargenprüfung unterzogen, wobei bei nicht Erfüllung der Aktion, ein Fehlmengenbericht erfolgen muss, welcher als Objekt ausgeführt ist. Nach dem ersten Synchronisationsknoten folgen eine Artikelverfügbarkeitsprüfung sowie eine RBG- Bereitschaftsprüfung. Diese werden wieder synchronisiert um später einer Fallunterscheidung unterworfen zu werden. (nicht mehr abgebildet)

---

<sup>118</sup> Vgl. Czuchra, 2010, S.117ff

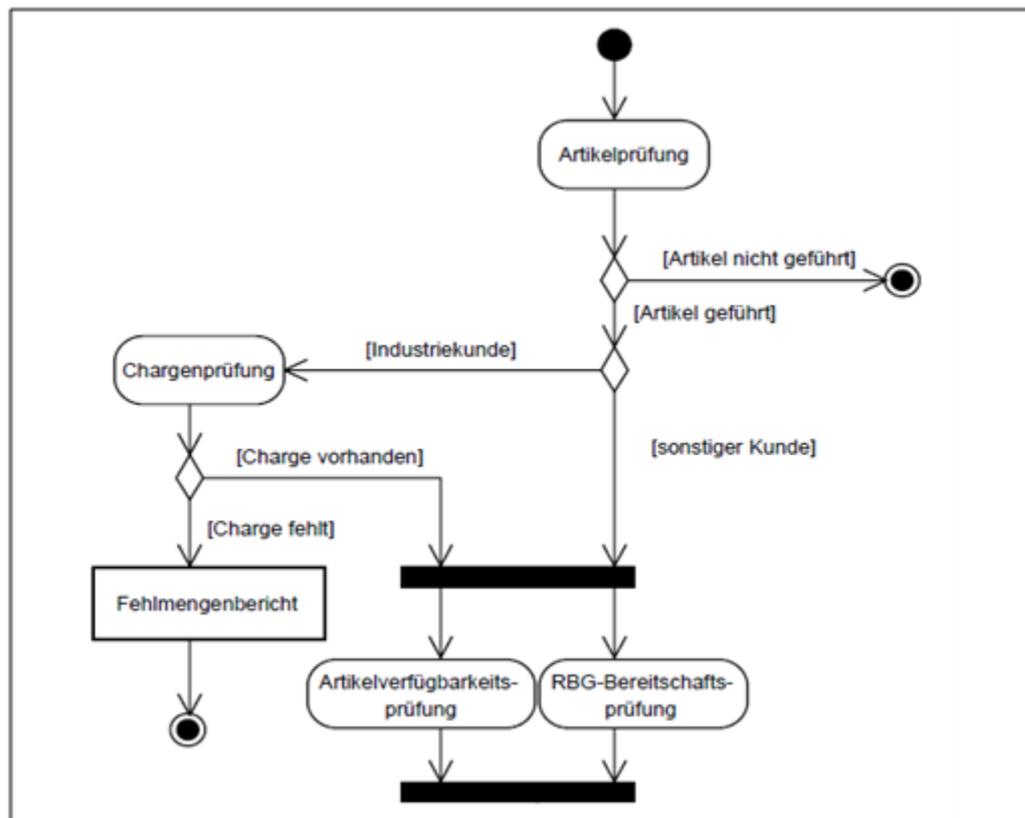


Abbildung 9: Modellierungsbeispiel mit UML<sup>119</sup>

### Business Process Model and Notation (BPMN)

Auch bei der BPMN handelt es sich um eine Standard- Notation. BPMN 1.0 wurde im Jahr 2004 entwickelt, konnte sich jedoch zu Anfangs nicht gegen andere Standards, wie eben der UML, durchsetzen. Erst durch die Weiterentwicklung der OMG (Objekt Management Group) und der offiziellen Ernennung zum OMG- Standard, konnte der Durchbruch erzielt werden. Im Januar 2011 wurde BPMN 2.0 von der OMG veröffentlicht.<sup>120</sup> Sie ist ein Standard für die grafische Beschreibung von Geschäftsprozessen.<sup>121</sup> Viele Autoren sehen großes Potential in diesem neuen Standard, da er erstmals auch fachliche mit technischen Prozessmodellen verknüpfen kann. Dies geschieht durch ein Spezifikationsdokument, welches umfangreiche UML- Klassendiagramme enthält und somit die verschiedenen BPMN- Konstrukte und ihre Beziehungen zueinander grafisch darstellen lässt. Ein solches Metamodell ist auch eindeutiger als rein verbale Beschreibungen, wie es beim Vorgänger der Fall gewesen ist. Es existieren bereits unzählige Tools zur Unterstützung dieses Standards und auch im deutschsprachigen Raum beschäftigen sich bereits viele Anwender mit dieser neuen Notation.<sup>122</sup>

<sup>119</sup> Abbildung entnommen aus Czuchra, 2010, S.128

<sup>120</sup> Vgl. Meister, 2011, S.70f

<sup>121</sup> Vgl. Rempp, 2011, S.27

<sup>122</sup> Vgl. Allweyer, 2009, S.9

Die verschiedenen Notationselemente unterscheiden sich im Wesentlichen nicht besonderes zur UML- Notation, hinzu kommt jedoch das Element Lane (Bahn). Lanes gehören zur Swimlanedarstellung und es können damit verschiedene Rollen bzw. Beteiligte zu verschiedenen Aktivitäten zugeordnet werden. Eine Lane repräsentiert somit einen Akteur und trennt seine Aktivitäten von den anderen. Eine Aktivität würde am ehesten der Aktion in der UML- Notation entsprechen. Mit Aktivitäten werden Prozessschritte dargestellt. Die BPMN unterscheidet dabei zwischen Tasks und weiteren Teilprozessen, die wiederum einen ganzen Prozess enthalten können. Mit sogenannte Gateways werden Verzweigungen erzeugt und Ereignisse werden wie bei der UML unterschieden nach Start-, Zwischen und Endereignis.<sup>123</sup> Bei Ereignissen wird noch zwischen Auslösend (Throwing) und Eintretend (Catching) unterschieden. Ein Startereignis kann nur Eintretend wirken, Zwischenergebnisse beides und ein Endereignis kann nur als auslösendes Ereignis ausgeführt werden. Bei der Art von Ereignissen wird weiter unterteilt nach:<sup>124</sup>

- Blanko- Ereignisse (Plain- Event)  
Untypisierte Ereignisse, die zum Einsatz kommen, wenn noch kein explizites Ereignis definiert ist und kein anderer Typ passend erscheint.
- Nachrichten- Ereignisse (Message- Event)  
Modellierung von Empfang und Versand von Nachrichten.
- Zeit- Ereignisse  
Können nur als Start- und Zwischenereignis ausgeführt werden und es können damit Zeitspannen und Zeitpunkte (z.B. Startpunkte) ausgedrückt werden.
- Signal- Ereignisse  
Signale die gesendet werden, können nur auslösende Zwischen- und Endereignisse sein. Signale die empfangen werden, sind hingegen Startereignisse mit dem eintretenden Zwischenereignis.
- Link- Ereignisse  
Sind paarweise auftretende Zwischenereignisse, besitzen eine identische Bezeichnung und sind die äquivalente Darstellung eines Sequenzflusses. Dürfen deshalb auch nicht über Prozessgrenzen hinaus verwendet werden.

Die BPMN unterscheidet Aktivitäten nach vier verschiedenen Ausprägungen: Task, globaler Task, Teilprozess und Unterprozess. Unterprozesse können eingebettet oder wiederverwendbar modelliert werden. Eingebettete Unterprozesse können genau von einem bestimmten, dazugehörigen Oberprozess gestartet werden, wiederverwendbare Unterprozesse hingegen lassen sich auch von externen Ereignissen, wie Nachrichten- oder Zeitereignisse auslösen. Als Tasks werden die atomaren Schritte in einem Prozess verstanden, wobei die BPMN hier zwischen

---

<sup>123</sup> Vgl. Rempp, 2011, S.28

<sup>124</sup> Vgl. ebenda, S.29ff

verschiedensten Task- Typen unterscheidet. Diese Typen sind beispielsweise Senden, Empfangen, Service, Benutzer, geschäftsregel usw. Mit Kollaborationen lassen sich Schnittstellen zwischen zwei oder mehreren Beteiligten und deren Prozesse abbilden. Dabei werden die Prozesse als Blackbox dargestellt und es wird lediglich die Kommunikation der Beteiligten via Nachrichten modelliert. Der Austausch von Nachrichten dient der Synchronisation der Beteiligten. Beteiligte können verschiedenste Unternehmen sein, aber auch beispielsweise eigenständige Prozesse verschiedener Abteilungen eines Unternehmens.<sup>125</sup>

Nachdem das Prozessmanagement mit seinen Modellierungsmöglichkeiten näher betrachtet wurde, wird jetzt auf das Workflowmanagement näher eingegangen. Unter einem Workflow wird in dieser Arbeit die Automatisierung eines Geschäftsprozess mit IT- Werkzeuge verstanden. Die Automatisierung kann dabei den ganzen Prozess betreffen oder es erfolgt eine Teilautomatisierung, wie es bei sehr komplexen Prozessen oft der Fall ist. Ein Workflow ist dabei durch eine Wiederholbarkeit gekennzeichnet. Das bedeutet, dass er immer nach einem bestimmten Schema abläuft. Der Workflow besitzt immer einen definierten Anfang und ein definiertes Ende.<sup>126</sup> Es gibt in der Literatur viele Ansätze um Workflows in Klassen einzuteilen. Das am häufigsten verwendete Klassifizierungssystem unterscheidet dabei zwischen folgenden Workflow- Klassen:<sup>127</sup>

- Ad hoc Workflows
- Production Workflows
- Administrative Workflows
- Collaborative Workflows

Ad hoc Workflows unterstützen unstrukturierte, nicht vorhersehbare Prozesse. Da sich die Ablauffolge vorab nicht bestimmen lässt, ist eine Modellierung nicht möglich. Ein Beispiel dafür ist die Entwicklung von Konzepten in Arbeitsgruppen. Production Workflows sind durch gut strukturierte Arbeitsabläufe gekennzeichnet, welche auch einen wiederholenden Charakter besitzen. Die einzelnen Vorgänge können definiert werden, weshalb sich diese Workflows auch für die Modellierung eignen. Sie sind zumeist von strategischer Bedeutung und unter Zeitdruck abzuwickeln. Beispiele dazu sind die Auftragsabwicklung oder das Änderungswesen.<sup>128</sup> Der Administrative Workflow findet vor allem bei Unterstützungsprozessen Anwendung. Er ist ähnlich dem Production Workflow stark regelgebunden, betrifft jedoch meist keine wertschöpfende Tätigkeiten. Beispiele dazu sind Reisekostenabrechnung, Urlaubsantragsbearbeitung usw. Der letzte Typ wird als Collaborative Workflow bezeichnet. Er ist dem Kerngeschäft sehr nahe, besitzt jedoch keinen strukturierten

---

<sup>125</sup> Vgl. Rempp, 2011, S.31ff

<sup>126</sup> Vgl. Müller, 2005, S.8

<sup>127</sup> Vgl. Brahm, 2002, S.5

<sup>128</sup> Vgl. Gadatsch, 2010, S.49ff und vgl. Müller, 2005, S.8

Ablauf. Wie der Name schon verrät, wird er vor allem bei einem gemeinsamen Erarbeiten von Zielen verwendet. Synonym wird dabei auch oft der Begriff Groupware verwendet. Beispielsweise wird eine Angebotserstellung in der Einzelfertigung als eine Collaborative Tätigkeit angesehen und somit der entsprechende Workflow verwendet.<sup>129</sup>

Geschäftsprozesse und Workflows werden in der Literatur oft synonym verwendet. Das hat vor allem den Grund, dass sie beide auf die Beschreibung von Arbeitsabläufen ausgerichtet sind. Es bestehen jedoch wesentliche Unterschiede zwischen den beiden Begriffen. Wird die Gestaltungsebene betrachtet, so sind Workflows auf der operativen Ebene angesiedelt, während sich Geschäftsprozesse auf der konzeptionellen Ebene befinden. Geschäftsprozesse beschreiben „was“ zu tun ist, indem die Ziele mit der Geschäftsstrategie abgeglichen werden. Workflow sind für die Umsetzung verantwortlich und beschreiben „wie“ Prozesse umgesetzt werden und besitzt deshalb eine Verbindung zu unterstützender Technologie, in Form von Methoden und Werkzeuge.<sup>130</sup>

*„Workflowmanagement befasst sich mit allen Aufgaben, die bei der Analyse, der Modellierung, der Simulation, der Reorganisation sowie bei der Ausführung und Steuerung von Workflows benötigt werden.“<sup>131</sup>*

Workflowmanagementsysteme unterstützen das Management mit IT- Werkzeugen. Diese Systeme bestehen aus unterschiedlichen Komponenten, die entweder von einem einzigen oder mehreren Herstellern abgedeckt werden. Werden mehrere Systeme eingesetzt, muss auf eine einwandfreie Kommunikation zwischen den Systemen geachtet werden. Die einzelnen Komponenten können dabei folgendermaßen unterteilt werden:<sup>132</sup>

- Modellierungskomponente
- Steuerungskomponente
- Überwachungskomponente
- Schnittstellenkomponente
- Simulationskomponente

Die Workflowmodellierung erweitert das modellierte Prozessmodell um Spezifikationen, wodurch automatisierte Abläufe unter der Kontrolle von Workflowmanagementsysteme möglich werden. Das dabei entstehende Workflowmodell wird somit vom Prozessmodell abgeleitet.<sup>133</sup> Die Modellierungskomponente muss auch sicherstellen, dass die modellierten Prozesse

---

<sup>129</sup> Vgl. Brahm, 2002, S.5f und vgl. Müller, 2005, S.8

<sup>130</sup> Vgl. Gadatsch, 2010, S.52f

<sup>131</sup> Müller, 2005, S.10

<sup>132</sup> Vgl. Müller, 2005, S.10ff

<sup>133</sup> Vgl. Gadatsch, 2010, S.67

von der Steuerungskomponente interpretiert werden können. Die Steuerungskomponente wird auch als Workflow- Engine bezeichnet. Sie bildet aus den eingelesenen Informationen der Modellierung eine Prozessinstanz.<sup>134</sup> Eine Prozessinstanz oder auch Workflowinstanz ist dabei eine bestimmte Ausprägung des Workflowmodell. Die Instanz kann auch als konkreter Fall angesehen werden. Beinhaltet beispielsweise ein Workflowmodell als letzte Anweisung „Ware eingegangen“, so könnte die letzte Anweisung in einer Instanz dazu lauten: „Produkt XYZ eingegangen“.<sup>135</sup> Die Steuerung beinhaltet dabei Funktionen, wie Protokollierung, Bereitstellen von Informationen bzw. Objekte, Eskalationsmanagement, Terminüberwachung etc. Überwachungskomponenten ermöglichen es, das Laufzeitverhalten der verschiedenen Instanzen auszuwerten. Schnittstellenkomponenten sind für die Anbindung von Fremdsystemen notwendig. Die Schnittstellen werden dabei nach Daten-, Programm- und Benutzer- Schnittstelle unterschieden. Die Simulationskomponente ist bei vielen Workflowmanagementsystemen in der Modellierungskomponente integriert. Sie simuliert modellierte Prozesse, um Schwachstellen und Verbesserungspotenzial früh aufzeigen zu können. Zur Simulation müssen auch Laufzeitdaten vorliegen, um genaue Aussagen zu treffen. Allgemein gilt, dass ein Simulationsmodell nur so gut sein kann, wie es die zugrunde liegenden Modelldaten erlauben.<sup>136</sup>

### 3.6 Freigabe-, Änderungs- und Konfigurationsmanagement

Objekte durchlaufen in ihrem Lebenszyklus verschiedene Zustände und können in verschiedenen Versionen, Varianten und Konfigurationen vorliegen. Das Freigabe- und Änderungsmanagement hat die Aufgabe, die dabei entstehenden Zustandsänderungen zu unterstützen.<sup>137</sup> Es spielt dabei vor allem in der Produktentwicklung eine große Rolle, da hier die meisten Änderungen und damit verbundene Freigaben notwendig sind. Es ist Grundlage für das Konfigurationsmanagement, initiiert Freigabe- und Änderungsprozesse und wird oft durch das Workflowmanagement ausgeführt.<sup>138</sup> An dieser Stelle sei anzumerken, dass sich Freigabe- und Änderungsprozesse besonders für Workflows eignen, da sie gut strukturiert sind und einen wiederholenden Charakter besitzen.<sup>139</sup>

Eine Freigabe kann einer Genehmigung gleichgesetzt werden und wird in der Regel nach einer abgeschlossenen Prüfung durchgeführt.<sup>140</sup> Die Freigabe kann sich dabei auf geänderte Objekte oder Konfigurationen und damit verbundenen Versionen und

---

<sup>134</sup> Vgl. Müller, 2005, S.12

<sup>135</sup> Vgl. Gadatsch, 2010, S.47f

<sup>136</sup> Vgl. Müller, 2005, S.12f

<sup>137</sup> Vgl. Gerhard, 2011, S.165

<sup>138</sup> Vgl. Gausemayr, 2006, S.243

<sup>139</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.168

<sup>140</sup> Vgl. DIN 6789-5, 1995, S.2



Phase können dabei beliebig viele Reifegrade zugeordnet werden. So kann beispielsweise die Produktlebensphase Entwicklung in die Reifegrade Design, Entwurf und Muster unterteilt werden.<sup>144</sup> Ein Freigabeprozess (Abbildung 10) setzt sich dabei aus einer beliebigen Anzahl von Zuständen zusammen, wobei die Übergänge zwischen den Zuständen definiert werden müssen. Das beinhaltet, dass ein Statuswechsel nur von bestimmten Akteuren durchgeführt werden kann. Mithilfe des Rollenmodells werden deshalb den Übergängen Rollen zugeordnet.<sup>145</sup>

Das Änderungsmanagement ist für die Planung, Umsetzung und Dokumentation von Änderungen zuständig und umfasst dabei den gesamten Produktlebenszyklus.<sup>146</sup> Eine Änderung entspricht dabei einem Vorgang bzw. Prozess. Änderungsprozesse sind dabei sehr komplexe Kernprozesse, die durch IT unterstützt werden und meist unternehmensspezifischen Regeln oder Normen unterworfen sind.<sup>147</sup> Durch effiziente Änderungsprozesse können kürzere Entwicklungszeiten erreicht werden, da schnell und flexibel reagiert werden kann. In der Literatur finden sich viele Möglichkeiten, wie allgemein ein Änderungsprozess aufgebaut werden kann. In dieser Arbeit wird dieser Prozess in vier Phasen unterteilt:<sup>148</sup>

- *Änderungserkennung*
- *Änderungsbewertung*
- *Änderungsplanung*
- *Änderungsumsetzung*

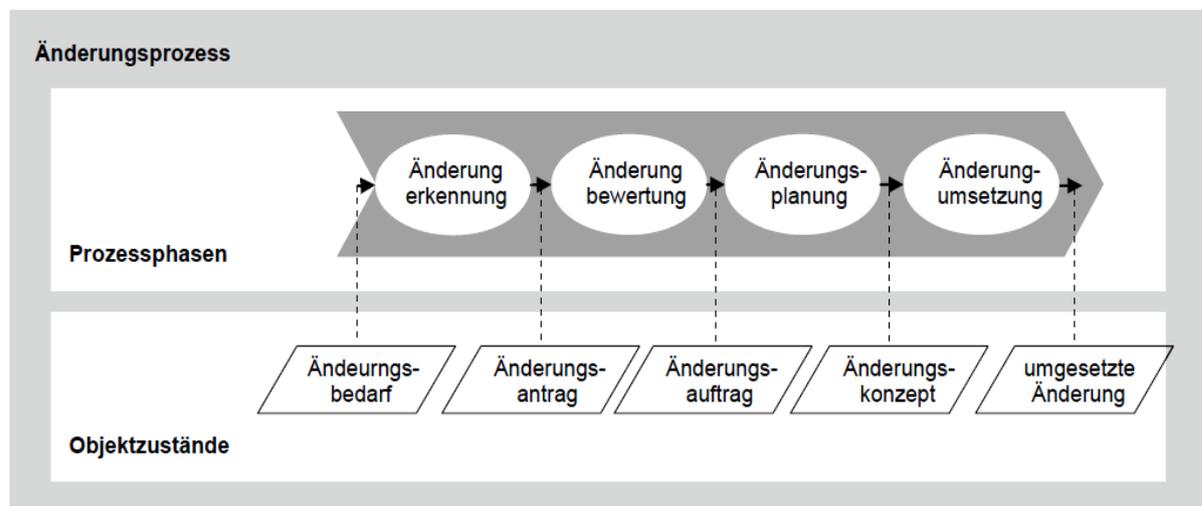


Abbildung 11: Änderungsprozess<sup>149</sup>

<sup>144</sup> Vgl. ebenda, S.103

<sup>145</sup> Vgl. ebenda, S.162ff

<sup>146</sup> Vgl. Dickmann, 2009, S.103

<sup>147</sup> Vgl. Arnold, 2011, S.175ff

<sup>148</sup> Schuh, 2012, S.223ff

<sup>149</sup> Abbildung entnommen aus Schuh, 2012, S.228

Der Änderungsprozess (Abbildung 11) beginnt mit einem Änderungsbedarf, welcher wiederum aus geänderten Anforderungen an ein Produkt resultiert. Dieser Bedarf kann aus zwei Gründen entstehen. Bei fehlerbedingte Änderungen gibt es Abweichungen zwischen dem Ist- Modell und dem Soll- Modell. Neuerungsbedingte Änderungen sind notwendig, wenn beispielsweise neue Vorschriften bzw. Normen in Kraft treten. In diesem Fall entspricht das Ist- Modell dem Soll- Modell. Die Phase Änderungserkennung ist dabei zuständig alle Informationen für den Änderungsprozess zu sammeln. Dadurch können die Änderungen klassifiziert werden und danach vordefinierten Änderungsprozessen zugeordnet werden. Merkmale zur Klassifizierung sind beispielsweise Ursache, Objektart, Schnittstelle, Mitwirkende etc. Ergebnis dieser ersten Phase ist der Änderungsantrag, welcher den Ausgangszustand der Änderung dokumentiert.<sup>150</sup> In der zweiten Phase, der Änderungsbewertung, wird der Änderungsauftrag bewertet. Dabei werden Kriterien und Unterkriterien nach Wichtigkeit und Dringlichkeit gewichtet. Die Wichtigkeit wird dabei über den Wert der Änderung beschrieben, während die Dringlichkeit von der Zeit abhängig ist und somit von definierten Zeitpunkten abhängig ist. Bei der Bewertung von Änderungen spielen Änderungskosten eine wesentliche Rolle. In der Praxis wird hier oft schlecht kalkuliert und die ermittelten Änderungskosten weichen weit von den tatsächlichen Kosten ab. Das hat vor allem den Grund, dass Unternehmen sich nur auf direkt anfallende Aufwände konzentrieren und indirekte Aufwände, wie Koordinations- und Informationskosten vernachlässigen. Neben den Änderungskosten spielt auch der zeitliche Aspekt eine wesentliche Rolle. So ist es für die Produktentwicklung nicht unerheblich, wie lange die Durchlaufzeit von Änderungen dauert. Die Zeit die eine Änderung in Anspruch nimmt, hat somit erhebliche Auswirkungen auf Lieferzeiten und damit auf die Zufriedenheit von Kunden. Das Ergebnis der zweiten Phase ist ein schriftlich fixierter und genehmigter Änderungsauftrag. Er beinhaltet Forderungen an das Lösungskonzept und definiert das Produktkonzept vollständig. Die Änderungsplanung als dritte Phase ist für die Erarbeitung eines Änderungskonzeptes verantwortlich. Die Planung beinhaltet, ob Änderungen sofort durchgeführt werden oder zunächst konsolidiert werden. Die Konsolidierung hält Änderungen bis zu einem bestimmten Zeitpunkt zurück und gibt sie danach gebündelt weiter. Das wird vor allem dann angewendet, wenn sich Änderungen überschneiden oder Wechselwirkungen zwischen den Änderungen bestehen. Die Änderungsplanung überführt den Änderungsauftrag in ein ausgearbeitetes Änderungskonzept. In der letzten Phase, der Änderungsumsetzung werden die Änderungen realisiert. Der Änderungsprozess beginnt dabei mit der höchsten betroffene Ebene. Abgeschlossen wird die Umsetzung mit der Dokumentation, Verbreitung und Archivierung von Änderungen.<sup>151</sup>

---

<sup>150</sup> Vgl. Schuh, 2012, S.228ff

<sup>151</sup> Vgl. Schuh, 2012, S.228ff

Wie bereits erwähnt, ist der Änderungsprozess als Workflow von besonderer Bedeutung. Dabei ist zu beachten, dass neben dem Prozess auch die Zustände der Objekte modelliert werden müssen, die diese während des Prozesses annehmen können. Es sei darauf hingewiesen, dass die Zustände mit einem Rollenmodell verknüpft werden sollten, da der Änderungsprozess Statuswechsel beinhaltet und dadurch verschiedene Verantwortungen unterliegen.<sup>152</sup>

Das Konfigurationsmanagement kann als eine logische Weiterentwicklung des Freigabe- und Änderungsmanagement gesehen werden. Eine Konfiguration ist dabei die Beschreibung einer Momentaufnahme des Zustandes eines Produktes. Der Zustand beinhaltet dabei alle relevanten Objekte, die ein bestimmter Entwicklungsstand ausmacht. Dazu gehören alle notwendigen Unterlagen für Fertigung, Montage, Qualitätskontrolle, Produktstrukturen inklusive generierter Stücklisten, sowie alle notwendigen Dokumente, wie Beschreibungen, Berechnungen, CAD- Modelle etc. Die Aufgabe des Konfigurationsmanagement ist somit ein Produkt über seinen gesamten Lebenszyklus eindeutig zu identifizieren und zu kontrollieren.<sup>153</sup> Das Konfigurationsmanagement lässt sich dabei in folgende vier Aufgabenbereiche gliedern:<sup>154</sup>

- Konfigurationsidentifizierung
- Konfigurationsüberwachung
- Konfigurationsdokumentation
- Konfigurationsauditierung

Die Konfigurationsidentifizierung legt die Produktstruktur, bzw. die Konfigurationseinheiten fest<sup>155</sup>, wobei eine Konfigurationseinheit folgend definiert wird:

*„Eine Konfigurationseinheit ist eine Einheit innerhalb einer Konfiguration, die eine bestimmte Endgebrauchsfunktion erfüllt.“<sup>156</sup>*

Desweiteren umfasst es Produktkonfigurationsangaben, wie Produktdefinitionen und Produktfunktionsangaben. Nach der Anfangsfreigabe der Produktkonfiguration ist die Konfigurationsüberwachung dafür verantwortlich, dass Änderungen an den Objekten bzw. Konfigurationseinheiten überwacht werden. Die Konfigurationsdokumentation oder auch Konfigurationsbuchführung bringt als Ergebnis Aufzeichnungen und Berichte hervor, welche sich auf die Produktkonfigurationsangaben beziehen. Die Konfigurationsdokumentation sollte während des gesamten Produktlebenszyklus durchgeführt werden. Aufzeichnungen ermöglichen Transparenz und eine

---

<sup>152</sup> Vgl. Arnold, 2011, S.180

<sup>153</sup> Vgl. Eigner, 2009, S. 112f

<sup>154</sup> Vgl. DIN ISO 10007, 2004, S.8ff

<sup>155</sup> Vgl. DIN ISO 10007, 2004, S.8

<sup>156</sup> DIN ISO 10007, 2004, S.6

Rückverfolgbarkeit der verschiedenen Konfigurationen.<sup>157</sup> Als letzter Aufgabenbereich wird das Konfigurationsaudit angeführt. Es hat zum Ziel, das fertige Produkt mit seinen in der Anforderungsphase erstellten Anforderungen zu vergleichen. So wie bei jedem Audit, steht auch hier das Qualitätsmanagement im Vordergrund.<sup>158</sup>

Als diese Aufgaben zielen letztendlich darauf ab, über den gesamten Lebenslauf, zu jedem Zeitpunkt, den Zustand eines Produktes zu erfahren. Wie in Abbildung 12 verdeutlicht, muss für ein erfolgreiches Konfigurationsmanagement dabei ein Zusammenhang zwischen Produktstruktur, Dokumentenstruktur und der Effektivität bestehen. Diese Verknüpfung ist auch Grundlage zur Erfüllung von Anforderungen der ISO 9001. Der Nachweis von Konfigurationen ist auch ein hilfreiches Mittel bei Fragen zur Produkthaftung.<sup>159</sup>

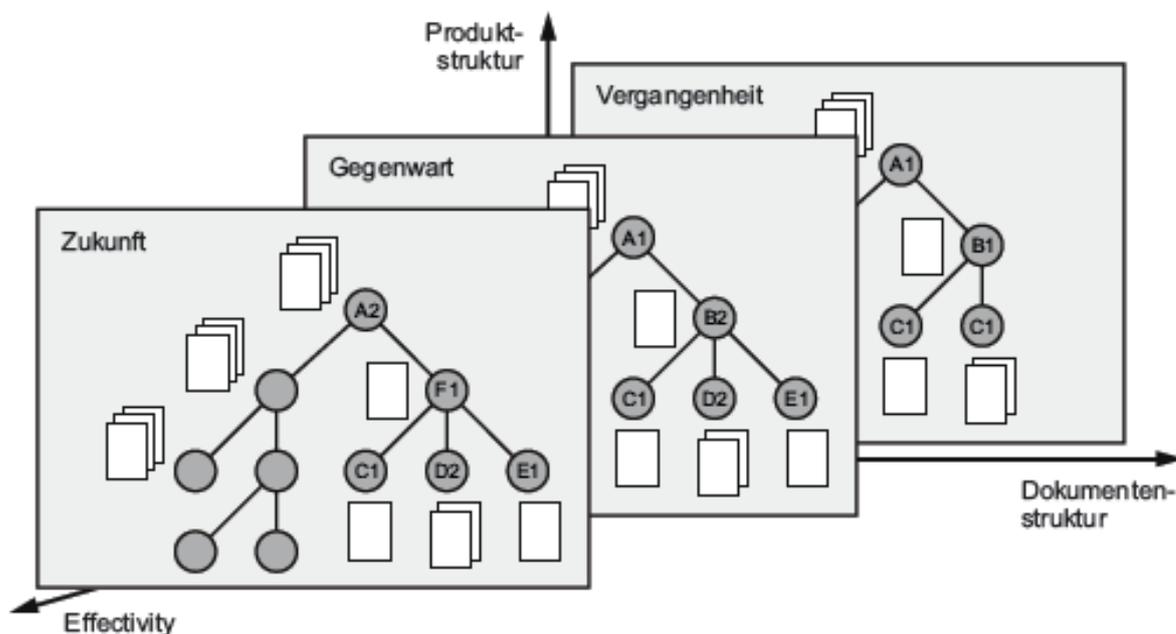


Abbildung 12: Zusammenhang zwischen Produkt-, Dokumentenstruktur und Effektivität<sup>160</sup>

### 3.7 Projektmanagement

Projekte werden vor allem dann durchgeführt, wenn das Vorhaben durch eine Einmaligkeit der Bedingungen gekennzeichnet ist.<sup>161</sup> Das ist beispielsweise der Fall, wenn ein neues Produkt entwickelt wird oder es sich um eine umfangreiche Veränderung an bestehenden Produkten handelt.<sup>162</sup> Projekte entstehen oft in Verbindung von Kundenaufträgen, da hier die individuellen Anforderungen an die

<sup>157</sup> Vgl. DIN ISO 10007, 2004, S.8ff und vgl. Gerhard, 2011, S.151

<sup>158</sup> Vgl. Wirtz, 2001, S.115

<sup>159</sup> Vgl. Arnold, 2011, S.117f

<sup>160</sup> Abbildung entnommen aus Eigner, 2009, S. 118

<sup>161</sup> Vgl. DIN 69901-5, 2009, S.11

<sup>162</sup> Vgl. Arnold, 2011, S.185

Produkte eine besondere Rolle spielen. Sie verfolgen innovative Ziele, welche zumeist umfassende Problemstellungen beinhalten und somit eine hohe Komplexität aufweisen. Sie werden fachübergreifend durchgeführt und können keinem Routineablauf zugeteilt werden.<sup>163</sup> Zusammenfassend können den Projekten folgende Merkmale zugeteilt werden:<sup>164</sup>

- *Zielklarheit*
- *Einmaligkeit*
- *Komplexität*
- *Folge von Arbeitsschritten*
- *zeitabhängig*
- *Beteiligung mehrerer Personen*
- *ressourcenabhängig*

Projekte lassen sich nach ihrer Art der Tätigkeiten klassifizieren. In der Literatur findet sich eine Vielzahl von Projektarten, welche sich jeweils in den Ausprägungen der einzelnen Projektmerkmale unterscheiden. So ist das Ziel von Forschungsprojekten das Finden von wissenschaftlichen Erkenntnissen. Diese Art von Projekten ist gekennzeichnet durch abstrakte Ziele und einer hohen Planungsunsicherheit. Entwicklungsprojekte sollten dagegen höhere Sicherheiten aufweisen. Sie bieten eine klare Zielvorstellung, beispielsweise in Form eines neuen Gerätes, entwickelten Programm etc. Beide Arten von Projekten weisen jedoch einen hohen Grad an Neuheit auf.<sup>165</sup> In der folgenden Arbeit wird Hauptaugenmerk auf Entwicklungsprojekte gelegt.

Das Projektmanagement ist dafür Verantwortlich, dass das Projekt in der gewünschten Qualität, der vorgegebenen Zeit und mit den geplanten Ressourcen durchgeführt wird.<sup>166</sup> Die Aufgaben können dabei unterteilt werden in Planung, Steuerung, Organisation und Dokumentation von Projekten.<sup>167</sup> Auf dem Markt gibt es eine Vielzahl an Softwareanbieter zur Unterstützung bei Projekten, jedoch sollte diese Aufgabe von einem übergeordneten PDM- System übernommen werden, da hier benötigten Objekte gepflegt und abgelegt werden. Dadurch muss nicht zwischen Produkt- und Prozessdaten getrennt werden, womit die Planung mit der Ausführung einfacher gestaltet werden kann. Den Kern für das Projektmanagement bilden die Projektstrukturen. Damit ist es möglich, Projekte in Teilprojekte zu unterteilen, wodurch die Komplexität erheblich reduziert werden kann.<sup>168</sup> Die Zerlegung des

---

<sup>163</sup> Vgl. Litke, 2006, S.7f

<sup>164</sup> Jakoby, 2013, S.7

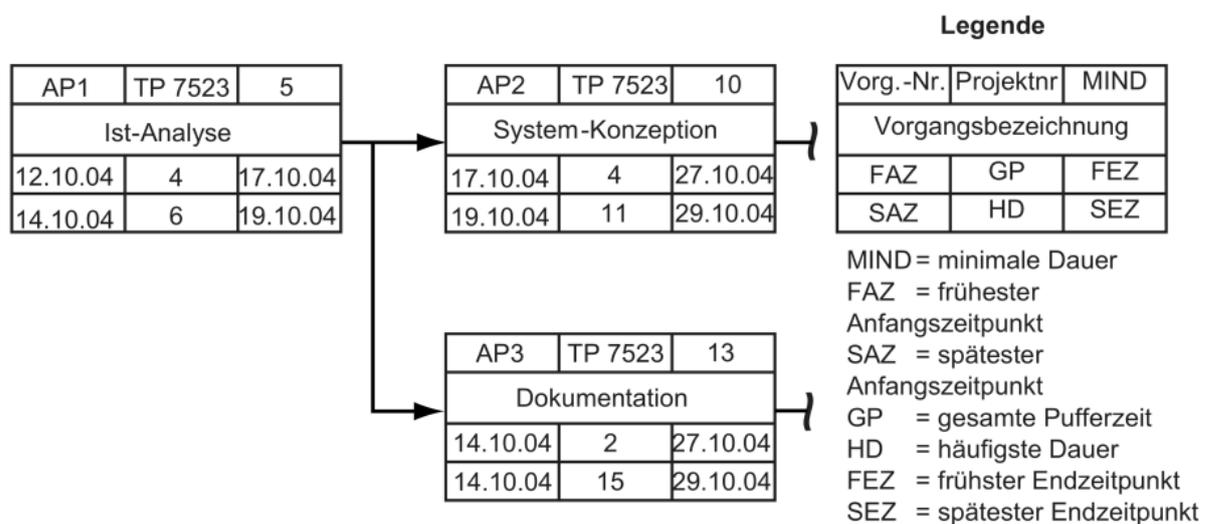
<sup>165</sup> Vgl. Jakoby, 2013, S.12f

<sup>166</sup> Vgl. Winkelhofer, 2002, S.10

<sup>167</sup> Vgl. Gerhard, 2011, S.184

<sup>168</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.169ff

Projektes erfolgt dabei in arbeitsteilige, handhabbare Einheiten.<sup>169</sup> Den einzelnen Teilprojekten werden dabei die benötigten Objekte zur Verfügung gestellt. Mithilfe einer Projektmappe werden alle notwendigen Informationen verknüpft und zentral gehalten. Sie stellt somit einen Knoten dar, wodurch die Projektstruktur mit dem integrierten Produktmodell und dem Prozessmodell verbunden wird.<sup>170</sup> Das Projektmanagement wird grafisch oft durch Gantt- Diagramme oder der Netzplantechnik unterstützt. Dieser Projektplan verbindet den zeitlichen Ablauf mit den Aufgaben und stellt in grafisch dar. Vor allem die Netzplantechnik hat sich in letzter Zeit bewährt, da hier zusätzlich Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Aufgaben aufgezeigt werden können.<sup>171</sup> Die nachstehende Abbildung 13 zeigt diesen Zusammenhang.



**Abbildung 13: Darstellungsbeispiel eines Netzplanes<sup>172</sup>**

Der Zugriff auf alle erforderlichen Objekte in den einzelnen Teilprojekten ermöglicht mehr als rein die Verwaltung von Projektstrukturen. Nachfolgend werden die wichtigsten Funktionen von PLM- Umsetzungen im Projektmanagement angeführt:<sup>173</sup>

- strukturierte Ablage von Projektergebnissen
- Projektteam werden Rollen und Rechte zugeordnet
- Checklisten, Quality Gates zur Beurteilung von Arbeitsergebnissen
- Offene- Punkte- Listen, ToDo- Listen zur Bewältigung der Arbeitsaufgaben
- Termin- und Kapazitätsplanung
- Kosten- und Budgetplanung
- Einbeziehung von Auftrags- und Kundenmanagement
- Projektüberwachung und Reporting durch Statusberichte

<sup>169</sup> Vgl. Gerhard, 2011, S.195

<sup>170</sup> Vgl. Arnold, 2011, S.190

<sup>171</sup> Vgl. ebenda, S.187f

<sup>172</sup> Abbildung entnommen aus Arnold, 2011, S.188

<sup>173</sup> Vgl. Gerhard, 2011, S.197ff und vgl. Eigner, 2009, S.171

### 3.8 Systemarchitektur

Bei der Verwaltung von PLM- Umsetzungen wird zwischen Metadaten und Dateien unterschieden. Wie schon in Kapitel 3.2 angeführt, dienen Metadaten zur Klassifizierung, Identifizierung und Beschreibung. Sie verweisen auf Dateien, welche Information in Form von produktdefinierenden Dokumenten beinhalten. Synonym für Dateien wird auch der Begriff Dokument, physikalische Datenobjekte, Files oder Nutzdaten verwendet. Metadaten und Dateien unterscheiden sich dabei in einem wichtigen Punkt. Metadaten haben einen sehr geringen Speicherbedarf von nur einigen wenigen Kilobytes, welcher auch in der alphanumerischen Codierung begründet ist. Dateien hingegen besitzen einen sehr hohen Speicherbedarf, welcher bis zu vielen Megabytes betragen kann.<sup>174</sup> Sie basieren entweder auf standardisierten oder neutralen Raster- oder Vektorformate oder auf sogenannten nativen Formaten. Beispiele für standardisierte Formate sind Industriestandards wie TIFF, PDF, IGES etc. oder Standardformate wie XML, STEP, SGML etc. Native Formate werden von den jeweiligen Erzeugersystemen erzeugt, wie beispielsweise CAx- Formate.<sup>175</sup> Der Speicherbedarf stellt auch den Hauptgrund dar, weshalb Metadaten und Dateien zumeist auf verschiedenen Medien gespeichert werden. Metadaten werden innerhalb einer Datenbank verwaltet und in Form von Tabellen abgelegt. Dateien werden separat, in einem gesicherten Bereich des Dateisystems gespeichert, den sogenannten Vaults. Die großen Datenvolumen der Datenobjekte (mehrere Terabytes) würden in einer Datenbank zu erhebliche Performanceeinbußen führen. Das ist vor allem dadurch begründet, dass der Zugriff der Dateien nie am Original geschieht und dadurch zur Bearbeitung immer eine Kopie angelegt werden muss. Die Übertragungsgeschwindigkeit ist somit ein wichtiges Kriterium. Auch eine Vernünftige Verwaltung und Wartung solcher Datenbanken lässt sich nicht mehr bewerkstelligen. Sicherheit ist ein weiteres Argument dafür, dass eine getrennte Datenverwaltung bevorzugt wird. So fordern viele Unternehmen auch bei Ausfall der Datenbank eine Zugriffsmöglichkeit auf die einzelnen Dateien. Dateien direkt mit den Metadaten auf der Datenbank abzulegen hätte auch einige Vorteile. Dazu zählt, dass einfacher auf die einzelnen Daten zugegriffen werden kann und somit auch die Entstehung komplexen Strukturen bei der internen Darstellung entgegengewirkt wird. Moderne Datenbanken bieten mit der Schaffung einer einheitlichen Behandlung der unterschiedlichen Objekte auch eine Möglichkeit, die Performance zu verbessern. Diese stellen spezielle Datentypen bereit, die binary large objects (BLOBs). Diese BLOBs sind große, nicht weiter strukturierte Objekte, womit auch sehr große Datenmengen gemeinsam mit den Metadaten in einer Datenbank abgelegt werden können, ohne große Performanceverluste zu erwarten. Durch Vor- und Nachteilen

---

<sup>174</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.133f und vgl. VDI2219, 2002, S.8 und S.87 und vgl. Feldhusen, 2008, S.75

<sup>175</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.29 und vgl. VDI2219, 2002, S.8ff

auf beiden Seiten bleibt es abzuwarten, in welche Richtung sich die Verwaltung von Dateien bei PLM- Umsetzungen entwickelt.<sup>176</sup>

Nachdem grundlegend die Verwaltung von Objekten geklärt wurde und bevor auf die eigentliche Systemarchitektur von PLM- Umsetzungen eingegangen wird, sollte noch ein Blick auf die verschiedenen Systemklassen geworfen werden. Der PLM- Markt ist geprägt durch eine Vielzahl von Anbieter und somit unterschiedlichen Systemlösungen. Diese PLM- Systemlösungen unterscheiden sich dabei zumeist erheblich in Technologie, funktionaler Umfang, Konfigurationsmöglichkeiten und dadurch auch in entstehende Kosten.<sup>177</sup> Nach DIN2219 werden die Systeme grob in drei Systemklassen eingeteilt:<sup>178</sup>

- *erzeugersystemorientierte Systeme*
- *funktionsorientierte, erzeugersystemübergreifende Systeme*
- *integrierte und übergreifende Systeme*

Erzeugersystemorientierte Systeme sind Teil des Erzeugersystems oder werden als Zusatzmodul zum Erzeugersystem angeboten. Die enge Systemintegration ermöglicht eine übergreifende, kontrollierte Verwaltung von Dateien im Erzeugersystem. Dadurch werden erweiterte Funktionen für die Verwaltung von Daten möglich, wie beispielsweise eine Versionsverwaltung. Diese Systeme werden auch als TDM- Systeme (Team Data Management) bezeichnet.<sup>179</sup> Funktionsorientierte, erzeugersystemübergreifende Systeme bieten Lösungen für bestimmte Funktionsgebiete an, wie beispielsweise Dokumentenverwaltung, Workflowmanagement, Archivierung etc.. Durch standardisierte Schnittstellen sind diese Systeme nicht zwingend an ein bestimmtes Erzeugersystem gebunden und sind dadurch Anpassungsfähig. Integrierte und übergreifende Systeme bieten den gesamten Funktionsumfang für PLM- Umsetzungen an. Um das zu ermöglichen, müssen diese Systeme erzeugersystemunabhängig sein und die Vereinigung der verschiedenen Kernfunktionen ermöglichen. Sie stellen die wichtigste Systemklasse zur Unterstützung einer umfangreichen PLM- Strategie dar, weshalb diese Systeme von den Softwarehäusern auch als „PLM- Systeme“ am Markt positioniert werden. In der nachfolgenden Arbeit wird deshalb unter dem Begriff PLM- System ein integriertes System verstanden.<sup>180</sup>

Die grundlegende Architektur von PLM- Systemen ist in Abbildung 14 dargestellt. Es handelt sich dabei um ein 3- Schichtenmodell, welches nach einem Client/ Server- Prinzip arbeitet. Wie aus der Abbildung ersichtlich, entspricht der Client- Prozess dabei der Präsentationsschicht und der Server- Prozess der Applikationsschicht.

---

<sup>176</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.133ff

<sup>177</sup> Vgl. Arnold, 2011, S.199

<sup>178</sup> VDI2219, 2002, S.10

<sup>179</sup> Vgl. Arnold, 2011, S.199 und vgl. VDI2219, 2002, S.10

<sup>180</sup> Vgl. ebenda, S.200 und vgl. ebenda, S.10f

Diese Arbeitsweise ermöglicht, dass Anwendungen auf der Präsentationsschicht schlank gehalten werden und somit ein effizienteres Arbeiten gesichert wird. Desweiteren wird eine bessere Verteilung der Gesamtsysteme gewährleistet.<sup>181</sup> Nachfolgend werden die einzelnen Schichten näher erläutert.

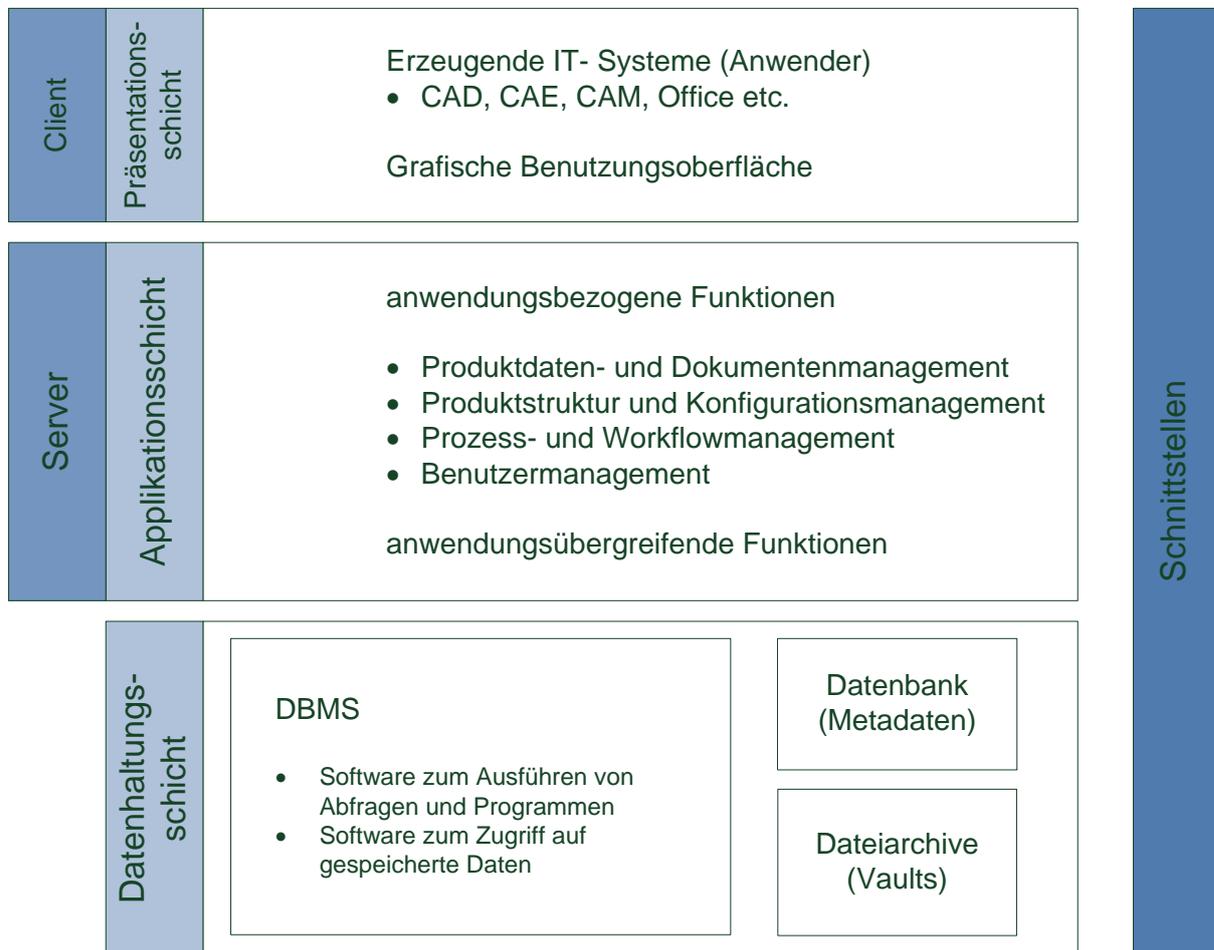


Abbildung 14: Schichtenmodell<sup>182</sup>

#### Datenhaltungsschicht:

Die unterste Schicht von PLM Architekturen wird als Datenhaltungsschicht bezeichnet. Mithilfe eines Datenbankmanagementsystems (DBMS) werden Datenbanken verwaltet. DBMS sind dadurch zuständig für die Speicherung und Verwaltung von Objekten. Wie bereits erwähnt, werden dabei Metadaten und Dateien getrennt gespeichert.<sup>183</sup> Datenbankmanagementsysteme beinhalten neben den Datenbanken eine Sammlung von Programmen, die bei der Verwaltung und Erzeugung der Datenbank helfen. Demzufolge unterscheiden sich die Begriffe Datenbank und DBMS, wobei Datenbanksprachen die Schnittstelle zwischen DBMS

<sup>181</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.312

<sup>182</sup> Abbildung in Anlehnung an VDI2219, 2002, S.12 und Eigner, 2009, S.313

<sup>183</sup> Vgl. Feldhusen, 2008, S.75 und vgl. Arnold, 2011, S.201

und Datenbanken bilden.<sup>184</sup> Datenbanksprachen können dabei in zwei Kategorien unterteilt werden, die Datendefinitionssprache (DDL) und die Datenmanipulationssprache (DML).<sup>185</sup>

DBMS trennen die physischen Daten vom Anwender und stellen dabei die benötigten logischen Daten (Metadaten) zur Verfügung. Das hat zum Vorteil, dass das DBMS die Konsistenzprüfung und Datensicherheit selbst steuert und dadurch Inkonsistenz durch unkontrollierte Veränderungen verhindert werden. Ein weiterer Vorteil von DBMS gegenüber klassischen Dateisystemen ist ein geringerer Speicherbedarf, da Daten nur einmal gespeichert werden. Desweiteren ist auch ein geringer Programmieraufwand zu erwarten, da Datenbankzugriffe vom DBMS organisiert werden.<sup>186</sup> Zusammenfassend werden folgende Forderungen an DBMS gestellt:<sup>187</sup>

- Möglichkeit der Manipulation von Daten
- Redundanzfreiheit bzw. kontrollierbare Redundanz
- universell einsetzbar (verschiedene Anwendungsbereiche)
- Konfigurationsunabhängig von Hardware- und Softwareumgebung
- Transparente Darstellung von Datenzusammenhängen
- Strukturflexibilität (Strukturänderung von Daten)
- Mehrbenutzerbetrieb (gleichzeitiger Zugriff auf eine Datenbank)
- Zugangssicherungs- und Datenschutzaufgaben
- Vollständigkeit von Daten
- Unterstützung der Datensicherheit (Backups und Rekonstruktionsverfahren)

Heutzutage sind bei DBMS nur noch zwei Konzepte relevant. Sie unterscheiden sich dabei in Grundprinzipien, wie Daten abgelegt und in Beziehung gebracht werden.<sup>188</sup>

- relationales Datenbankmanagementsystem (RDBMS)
- objektorientiertes Datenbankmanagementsystem (ODBMS)

Großteils heute eingesetzter Datenbanken basieren auf dem relationalen Modell, welches auf der mathematischen Theorie der relationalen Algebra aufsetzt. Die Gesamtheit einem Objekt zugewiesener Eigenschaften (Attribute) wird als Tupel bezeichnet. Eine Relation ist die Menge aller Tupel der gleichen Art, welche sich gut in Tabellenform darstellen lassen. Ein Tupel entspricht dabei einer einzelnen Zeile in der Tabelle und wird auch als einzelner Datensatz von den Anwendungen aufgenommen.<sup>189</sup> Mathematisch ausgedrückt bedeutet das folgendes:

---

<sup>184</sup> Vgl. Kleinschmidt, 2005, S.1 und vgl. Bausch, 2007, S.459

<sup>185</sup> Vgl. Lassmann, 2006, S.245f

<sup>186</sup> Vgl. Kleinschmidt, 2005, S.1ff

<sup>187</sup> Vgl. ebenda, S.4f

<sup>188</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.314

<sup>189</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.314

$$R \subseteq M_1 \times \dots \times M_n$$

Die Relation ist eine Teilmenge des kartesischen Produktes von  $M_1, \dots, M_n$ , wobei  $M_n$  eine beliebige Menge (ganze Zahlen, Zeichenketten, Datumsangaben etc.) darstellt. Sie besteht aus geordneten (n-) Tupeln  $(m_1, \dots, m_n)$ , wobei gilt:  $m_i \in M_i, 1 \leq i \leq n$ .  $m_i$  stellt den Attributwert zum Attribut  $i$  dar.<sup>190</sup>

Das Relationsmodell soll an einem einfachen Beispiel mit zwei Klassen gezeigt werden. (Abbildung 15) Die Relation „Mitarbeiter“ soll Name, Telefonnummer (Durchwahl), Personalnummer und die Abteilungsnummer beinhalten. Es gilt:  $MITARB \subseteq M_1 \times M_2 \times M_3 \times M_4$ ,  $M_1$  ist die Menge aller Zeichenketten (Strings) und es sei  $M_2 = M_3 = M_4$  die Menge aller ganzer Zahlen. Die Relation „Abteilung“ informiert über Abteilungsnummer, Bezeichnung, Ort und Mitarbeiteranzahl. Hier gilt:  $ABT \subseteq M_4 \times M_5 \times M_6 \times M_7$ ,  $M_4 = M_7$  ist die Menge aller ganzen Zahlen und  $M_5 = M_6$  ist die Menge aller Strings.<sup>191</sup>

| Klasse (Relation): Mitarbeiter |       |       |       | Klasse (Relation): Abteilung |            |         |         |
|--------------------------------|-------|-------|-------|------------------------------|------------|---------|---------|
| NAME                           | TELNR | PERNR | ABTNR | ABTNR                        | BEZ        | ORT     | MITZAHL |
| Mair                           | 123   | 65    | 12    | 12                           | Lager      | Maribor | 14      |
| Huber                          | 101   | 14    | 16    | 14                           | F&E        | Wien    | 48      |
| Müller                         | 132   | 87    | 14    | 16                           | Produktion | Maribor | 168     |
| Schmidt                        | 124   | 89    | 12    | 20                           | Vertrieb   | Wien    | 34      |

Abbildung 15: Beispiel eines Relationsmodell<sup>192</sup>

Die sieben Attribute sind Name, Telefonnummer, Personalnummer, Abteilungsnummer, Bezeichnung, Ort und Mitarbeiteranzahl und entsprechen jeweils einer Spalte. Sie werden in Summe mit 32 Attributwerten versehen. Eine Zeile entspricht einem Tupel und wird dem Objekt gleichgesetzt. Die Relation entspricht der ganzen Tabelle und wird deshalb der Klasse gleichgesetzt.<sup>193</sup>

In diesem Zusammenhang soll auf die wichtige Eigenschaft der eindeutigen Identifizierung der einzelnen Datensätze hingewiesen werden, welche zur Auffindung und Unterscheidung mithilfe von Schlüsseln notwendig ist. Ein Schlüssel stellt dabei ein Attribut dar, wenn seine Ausprägungen jeweils genau einen Datensatz identifizieren. Bei Schlüsseln wird dabei zwischen Primär- und Sekundärschlüssel unterschieden. Für jede Klasse (Relation) kann nur ein Attribut als Primärschlüssel definiert werden. Alle weiteren Attribute können die Rolle des Sekundärschlüssels einnehmen. In unserem Beispiel wird das Attribut „NAME“ als Primärschlüssel der Klasse „Mitarbeiter“ und das Attribut „ABTNR“ als Primärschlüssel der Klasse

<sup>190</sup> Vgl. Kleinschmidt, 2005, S.7f

<sup>191</sup> Vgl. ebenda, S.7f

<sup>192</sup> Abbildung in Anlehnung an Kleinschmidt, 2005, S.7f

<sup>193</sup> Vgl. Lassmann, 2006, S.227f

„Abteilung“ definiert. Möchte man nun z.B. Informationen über die Mitarbeiter der Abteilung 12 sowie Informationen der Abteilung 12, so bedarf es einer Verknüpfung der Primärschlüssel der Klassen „Mitarbeiter“ und „Abteilung“. In diesem Fall werden alle blau gekennzeichneten Felder aus Abbildung 15 dargestellt. Wird ein Primärschlüssel in einer anderen Klasse als Attribut aufgenommen, wird auch von einem Fremdschlüssel gesprochen. Um solche Kombinationen zu erzeugen, bedarf es in einem RDMS verschiedener Operatoren. Dabei wird zwischen drei Operatoren unterschieden, welche auf Klassen anwendbar sind. Bei der Selektion wird eine Teilmenge von Objekten ausgewählt und entspricht somit der Auswahl mehrere Zeilen. Die Projektion ist die Auswahl bestimmter Attribute bzw. Spalten und ein Verbund ist die Verknüpfung von Klassen. Die Operatoren lassen sich beliebig kombinieren und erlauben somit eine einfache Bearbeitung der Objekte.<sup>194</sup>

Bevor jedoch das RDMS angewendet werden kann, bedarf es einer Definition des Datenbankschemas. Das beinhaltet die Definition aller Objekte und ihre Abhängigkeit zueinander. Desweiteren gilt es auch grundlegende Bedingungen festzulegen, damit die Daten konsistent bleiben. Das PLM- System muss auch in der Lage sein, stark strukturierte und vernetzte Objekte aufzunehmen. Dazu zählt Struktur und Organisation aller Objekte, die außerhalb der Datenbank liegen, die Art wie Daten für einzelne Benutzer präsentiert werden können oder auch die Integration in das PLM. Moderne Systeme bieten auch hier Definitionen, welche einfach auswertbar und vor allem einfach zu verändern sind. Diese Definitionen werden auch als „Repository“ bezeichnet. Sie beschreiben Metadaten, welche Auskunft darüber geben, wie Daten angelegt, geändert, abgefragt und gelöscht werden.<sup>195</sup>

Als Datenbanksprache wird Großteils SQL (Structured Query Language) eingesetzt. SQL- Befehle unterstützen dabei sowohl die DDL, als auch die DML. Da die DDL vorwiegend von Datenbankadministratoren verwendet wird, ist die DML das wesentliche Werkzeug für den Datenbankanwender bzw. die Datenanwendung (PLM- Systeme etc.). Die DML lässt sich grob in zwei Kategorien untergliedern. Einerseits die rein lesenden Abfragen von Daten und andererseits die Veränderung von Daten. Die lesende Funktion basiert dabei auf einen einzigen Befehl, dem Select- Befehl und seinen Parametern. Die Syntax der Select- Anweisung ist dabei immer folgendermaßen aufgebaut: *select* [Attributliste] *from* [Klassenliste] *where* [Bedingungen]. Die Veränderung der Daten erfolgt durch die Befehle *insert*, *update* und *delete*. In der DDL werden die drei Operationen *create*, *alter* und *drop* angewendet.<sup>196</sup>

Auch wenn RDMS in vielen Anwendungsfällen eingesetzt werden, weisen sie dennoch Schwächen auf, wenn komplexe Datenbankanwendungen wie

<sup>194</sup> Vgl. ebenda, S.220f und S.229f

<sup>195</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.315

<sup>196</sup> Vgl. Lassmann, 2006, S.246f

beispielsweise CAx- Anwendungen implementiert werden müssen. Durch das Aufkommen von komplexen Objektstrukturen, neuen Datentypen oder nicht standardisierte anwendungsspezifische Operatoren, wurde deshalb das objektorientierte Modell entwickelt. Dieser Ansatz versucht durch entsprechende Flexibilität diese Anforderungen zu unterstützen. Ein weiterer Vorteil von objektorientierten Datenbanken ist die zunehmende Verwendung von objektorientierten Programmiersprachen in der Softwareentwicklung, wie beispielsweise Java. Dadurch können die Datenbanken nahezu nahtlos mit der Software verknüpft werden.<sup>197</sup>

Bei objektorientierten Datenbankmanagementsystemen wird nicht mehr zwischen der Modellierung der Daten und ihrer durchführbaren Operationen getrennt. Es erfolgt eine sogenannte Kapselung von den Daten und Funktionen im Objekt.<sup>198</sup> Nachfolgend werden kurz die wichtigsten Eigenschaften von ODBMS erläutert:<sup>199</sup>

1. Komplexe Objekte

Attribute, die ein Objekt beschreiben, sind oft komplex strukturiert. Ein Attribut kann auch ein oder mehrere Objekte verkörpern.

2. Objektidentität

Jedes Objekt kann eindeutig identifiziert werden und ist somit unabhängig von Speicherort, Inhalt oder sonstigen Faktoren.

3. Datenabstraktion/ Kapselung

Unter Datenabstraktion bzw. Kapselung wird das Verhalten von Objekten verstanden. Das Verhalten wird durch die Methoden bestimmt, welche auf das Objekt anwendbar sind. Die Datenstruktur des Objektes und die anwendbaren Methoden sind dabei gekapselt. Dies beinhaltet, dass von außen nicht direkt auf die Datenstruktur zugegriffen werden kann.

4. Typen/ Klassen

Objekte mit gleichem Aufbau und Verhalten werden zu Klassen zusammengefasst.

5. Vererbung

Unter Vererbung versteht man, wenn aus einer Klasse (Oberklasse) eine spezielle Klasse (Unterklasse) abgeleitet werden kann. Diese Unterklasse erbt dieselben Attribute und Operationen der Oberklasse und kann zusätzlich weitere hinzufügen bzw. bestehende löschen.

6. Polymorphismus

Von Polymorphismus spricht man, wenn Operationen auf Objekte unterschiedlicher Klassen anwendbar sind.

---

<sup>197</sup> Vgl. Elmasri, 2009, S.269f

<sup>198</sup> Vgl. Lassmann, 2006, S.234

<sup>199</sup> Vgl. Pernul, 2003, S.483f

Die Entwicklung von Standards bei objektorientierten Datenbanken ist durch zwei Richtungen geprägt. Vertreter der ersten Sichtweise forderten eine komplette Neuentwicklung der Datenbanken, da diese auf unterschiedlichen theoretischen Grundlagen basieren und somit der objektorientierte Ansatz nicht effektiv realisiert werden kann. Aus diesem Hintergrund schlossen sich in den 90er Jahren verschiedenste Softwarehäuser unter dem Namen Object Database Management Group (ODMG) zusammen. Ziel dieser Untergruppe der Object Management Group (OMG) ist es, Standards für objektorientierten Datenbanken zu entwickeln. Der Standard der ODMG ist dabei keinesfalls ein Industriestandard oder eine Norm, dennoch verhindert er, dass eine Vielzahl unterschiedliche, nicht kompatible Systeme auf dem Markt drängen. Gegenstand der Standardisierung ist u.a. der Entwurf eines objektorientierten Datenmodells mit einem Typenkonzept. Es beinhaltet dabei Konstruktionsmöglichkeiten für komplexe Datenstrukturen, sowie die Bildung von Typhierarchien mit Mehrfachvererbung. Auch die Sprachanbindung an C++, Java, Smalltalk etc. wird behandelt. Als Datendefinitionssprache wird ODL (Object Definition Language) definiert und OML (Object Manipulation Language) wird als Datenmanipulationssprache festgelegt. Die derzeit aktuelle Version 3.0 stammt bereits aus dem Jahre 2000, jedoch wird bereits fieberhaft am Release 4.0 gearbeitet.<sup>200</sup>

Vertreter der anderen Richtung argumentieren, dass die Entwicklung von relationalen Datenbanken zu kostspielig und zeitintensiv war und es deshalb unmöglich ist, diesen relationalen Ansatz komplett zu verwerfen. Es sei außerdem sehr schwierig, einen komplett neuen Ansatz in der Weltwirtschaft einzusetzen, ohne dass er zu den bisherigen relationalen Systemen kompatibel ist. Aus diesen Erwägungen entstand deswegen ein Ansatz, relationale Datenbanken mit objektorientierten Konzepten zu erweitern. Man spricht hier vom objektrelationalen Datenbanksystemen.<sup>201</sup> Die Modellierung von Objekten erfolgt meistens in der Applikationsschicht. Diese Schicht stellt dem Anwender Objekte zur Verfügung und bildet diese auf relationalen Strukturen in der Datenbank ab.<sup>202</sup> Viele Hersteller haben dabei unterschiedliche objektorientierte Erweiterungen entwickelt, wodurch sich auch hier kein einheitlicher Standard entwickeln konnte. Jedoch kann der SQL- Standard als eine Referenz dienen.<sup>203</sup> Dieser Standard, unter dem Namen SQL:2003 verlangt folgende Anforderungen an objektrelationale Datenbanksysteme:<sup>204</sup>

- *Objektidentifikation*
- *vordefinierte Datentypen*
- *allgemeine abstrakte Datentypen mit Kapselungsmöglichkeiten*

---

<sup>200</sup> Vgl. Matthiesen, 2008, S.355f

<sup>201</sup> Vgl. Matthiesen, 2008, S.356

<sup>202</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.319

<sup>203</sup> Vgl. Saake, 2010, S.540

<sup>204</sup> Meier, 2010, S.172f

- *parametrisierbare Typen*
- *Typ- und Tabellenhierarchien mit Mehrfachvererbung*
- *benutzerdefinierte Funktionen (Methoden)*

Objektorientierte und objektrelationale Datenmanagementsysteme werden immer beliebter. Das hat vor allem den Grund, dass sie komplexe Datentypen einfacher aufnehmen können. So können sie zur Verwaltung verschiedenster Multimediaanwendungen oder Java- Applets eingesetzt werden, welche in Webanwendung Verwendung finden. Die einfachere Änderung von Datenmodelle führt auch dazu, dass sie oft in Bereichen eingesetzt werden, wo schnell auf neue wirtschaftliche Gegebenheiten reagiert werden muss. Das ist beispielsweise im Finanz- und Handelswesen der Fall. Ein großer Nachteil von diesen Systemen ist, dass sie vergleichsweise langsam bei der Verarbeitung von Daten sind.<sup>205</sup> Das ist bei objektrelationalen Systemen vor allem dadurch begründet, dass sie ein aufwendiges Mapping der Objekte in der Applikationsschicht benötigen, um sie auf die Tabellenstruktur der relationalen Datenbanken anzupassen.<sup>206</sup>

#### Applikationsschicht:

Die eigentliche Geschäftslogik wird in der Applikations- bzw. Anwendungsschicht realisiert.<sup>207</sup> Diese Schicht kann mit einem Server gleichgesetzt werden, da sie von der einen Seite Zugriffe auf die Objekte der Datenbank organisiert und auf der anderen Seite damit die Präsentationsschicht bedient. Durch diese Trennung von Präsentation und Funktionalität ist es möglich, Anwendungen auf der Client- Seite klein zu halten. Da die Applikationsserver den Großteil der Funktionalität bereitstellen, handelt es sich um sehr aufwendige und somit teure Komponenten. Die inzwischen große Vielfalt an verschiedenen Funktionen führt dazu, dass kaum ein Unternehmen all diese benötigt, weshalb sich auch ein modulartiger Aufbau der einzelnen Funktionsblöcke ergibt.<sup>208</sup>

Diese Ebene unterteilt Funktionen in folgende drei Gruppen:<sup>209</sup>

- *anwendungsbezogene Funktionen*
- *anwendungsübergreifende Funktionen*
- *sonstige Funktionen*

Mithilfe von anwendungsbezogenen Funktionen wird das applikationsspezifische Daten- und Informationsmanagement unterstützt. Dadurch können spezifische Anforderungen des Unternehmens abgebildet werden, indem

---

<sup>205</sup> Vgl. Laudon, 2010, S.300

<sup>206</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.318

<sup>207</sup> Vgl. ebenda, S.313

<sup>208</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.321f

<sup>209</sup> Feldhusen, 2008, S.77

Objektverwaltungsfunktionen erweitert werden. Diese Erweiterung bietet viele Möglichkeiten, wie beispielsweise, Produktkonfigurationen mit dem System zu verwalten, das Anlegen und Verwalten von Stammdaten, Klassifizierung der Objekte, Freigabe- und Änderungsmanagement, Projektmanagement etc. Die einzelnen Funktionen werden als PLM- Kernfunktionen angesehen und wurden bereits in Kapitel 3.1 bis 3.7 genauer beschrieben.<sup>210</sup> Neben diesen Funktionen gibt es noch anwendungsübergreifende Funktionen. Diese beschäftigen sich mit Archivierung, Darstellung, Gewinnung und Ausgabe von Daten, die sich nicht im eigenen System befinden. Oftmals werden von PLM- Systemanbieter weitere Funktionen angeboten, welche zur Einrichtung der PLM- Umgebung dienen. Dazu zählen die Administration, Anpassung und Konfigurierung. Das beinhaltet auch Systemschnittstellen für die Anbindung anderer Systeme, wie Enterprise Resource Planning- Systeme. (ERP- Systeme) Dem anderen IT- System wird dabei ein Datenpaket übermittelt, welches neben dem entsprechenden Datenobjekt auch seine Metadaten und entsprechende Transportdaten enthält.<sup>211</sup>

Bei der Kommunikation zwischen Client und Server wird zwischen mehreren Varianten unterschieden. Im einfachsten Fall wird jedem Client ein eigener Applikationsserver zugeordnet. Das führt dazu, dass Probleme bei einem Client keine Auswirkungen auf andere Clients haben und somit ein robustes Gesamtsystem entsteht. Von großem Nachteil ist jedoch, dass diese Variante die größten Systemressourcen benötigt. Aus diesem Grund wird der Serverprozess oft direkt am Arbeitsplatz gestartet. Problematisch wird das jedoch, wenn Serverprozesse zentral arbeiten müssen, wie es vor allem bei Intra- und Internetzugriffen der Fall ist. Lösung bildet eine Variante, wo mehrere Clients auf einen Server zugreifen, wodurch die Belastung des Systems sinkt, jedoch auch die Abhängigkeit der Nutzergruppen (Clients) steigt. Jedoch stößt auch diese Variante bei umfassenden PLM- Umsetzungen schnell an ihre Grenzen. PLM fordert das Management von einer Vielfalt von Funktionen mit stetig wachsenden Datenmengen in verteilten Umgebungen. Da PLM keine Applikation darstellt, um benötigte Funktionen in bekannten Anwendungen zur Verfügung zu stellen, wird vielmehr eine neue Architektur benötigt.<sup>212</sup> Aus diesem Grund wird an dieser Stelle kurz das SOA- Prinzip erläutert.

#### Service- orientierte Architekturen:

SOA ist ein noch recht junges Konzept, um verteilte IT- Anwendungen kommunizieren zu lassen. Dabei werden die einzelnen Funktionen noch stärker modularisiert und somit die Komplexität reduziert. Die abgrenzbaren Funktionen werden dabei zu selbstständigen Prozessen und können als Dienste bzw. Services

<sup>210</sup> Vgl. Feldhusen, 2008, S.78

<sup>211</sup> Vgl. VDI 2219, 2002, S.13 und vgl. Feldhusen, 2008, S.77f

<sup>212</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.322f

gesehen werden, welche unabhängig von der Systemplattform an eine zentrale Instanz gekoppelt sind. Die einzelnen Systeme bieten somit ihre Dienste an und können umgekehrt auch andere Dienste abrufen. Zur Implementierung der Dienste werden oft Web- Services eingesetzt, welche herstellernerneutralen Standards bieten.<sup>213</sup> Die Möglichkeit von Service- Aufrufe über das Internet bietet vor allem bei verteilten Zusammenarbeiten von Unternehmen einen großen Vorteil.<sup>214</sup> Im Folgenden werden kurz die wichtigsten Vorteile aufgelistet.<sup>215</sup>

- hohe Flexibilität durch lose Kopplung der Services
- leichte Wartungsmöglichkeiten
- durch einfache Erweiterung vorhandener Software ergeben sich neue Möglichkeiten. Dadurch können unternehmensexterne Dienste leichter eingebunden werden, wodurch sich ein positiver Effekt bei der Qualität und Kosteneinsparungen ergibt.
- Durch die einfache Möglichkeit seine Dienste über seine Unternehmensgrenzen hinweg bereitzustellen, werden neue Vertriebswege erschlossen
- Durch diesen Ansatz wird die Architektur skalierbar, wodurch neue Komponenten flexibel eingebunden werden können.
- SOA schreibt keine festgelegte Technologie vor, wodurch einzelne Systeme die Anforderungen von SOA erfüllen.

SOA wird in der Literatur vielfältig verwendet, wodurch es einer genauen Definition bedarf:<sup>216</sup>

*„Eine SOA ist das Modell eines Systems, welches vollständig aus autonomen Services aufgebaut ist, deren Interaktion über dasselbe öffentliche Protokoll abläuft.“*

Abbildung 16 zeigt einen grundlegenden Aufbau einer SOA- Architektur. Im Folgenden wird kurz auf die einzelnen Bestandteile eingegangen.

Das Anwendungs- Frontend ist vergleichbar mit einer grafischen Benutzeroberfläche und somit die sichtbare Komponente einer SOA- Architektur. Ein Anwendungs- Frontend steuert die Prozesse und enthält ihre Ergebnisse. Sie ist somit für die Interaktion zwischen Anwender und Service verantwortlich. Ein Service ist eine Softwarekomponente und ist aus mehreren Teilen aufgebaut. Der Service- Vertrag dient zur reibungslosen Nutzung des Service. Dabei schließen Nutzer und Anbieter des Service einen Vertrag ab, der detaillierte Information der Leistung des Service enthält. Er informiert dabei über Zweck, Funktionalität, Beschränkung und

---

<sup>213</sup> Vgl. Finger, 2008, S.1 und vgl. Eigner, 2009, S.323

<sup>214</sup> Vgl. Arnold, 2011, S.203

<sup>215</sup> Vgl. Finger, 2008, S.7f

<sup>216</sup> Masak, 2007, S.92

Benutzung. Die Funktionalität des Service wird über Service- Schnittstellen bereitgestellt, während bei der Implementierung die benötigte Geschäftslogik und Daten zur Verfügung gestellt werden. Die Implementierung entspricht dabei der technischen Realisierung des Service- Vertrag.<sup>217</sup> Das Service Repository ist dafür verantwortlich Dienste zu erkennen und alle notwendigen Informationen anzufordern. Der Zugriff erfolgt dabei über den Service- Bus. Service- Repository sind kein notwendiger Bestandteil einer SOA- Architektur, werden jedoch bei einer hohen Anzahl an Services oft eingesetzt. Der Service- Bus verbindet die einzelnen SOA- Teilnehmer. Eine wichtige Eigenschaft des Service- Bus ist dabei, dass er offen gegenüber unterschiedlichen Technologien ist und somit Services einfach in den Bus eingefügt bzw. gelöscht werden können.<sup>218</sup>

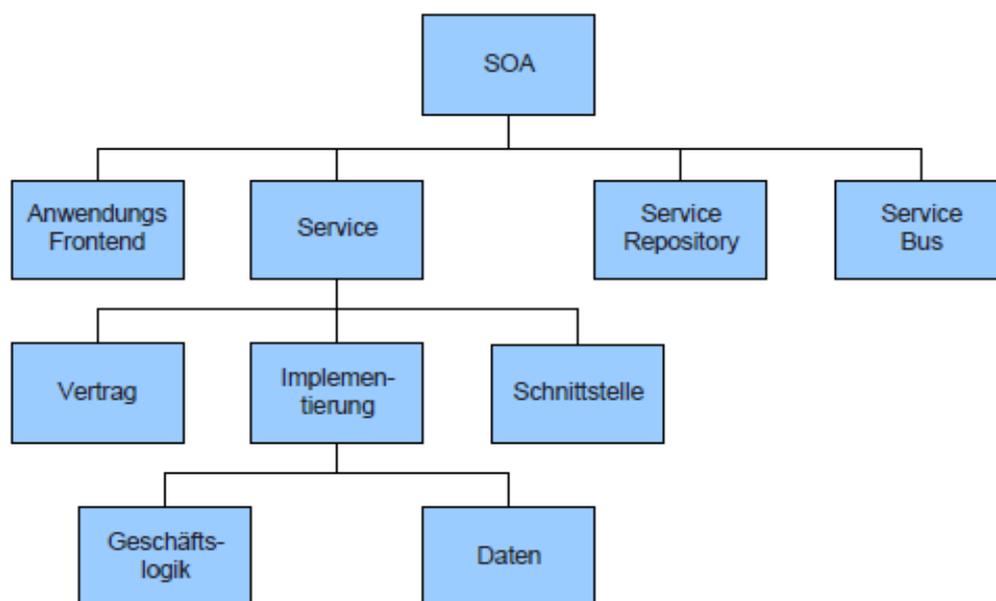


Abbildung 16: SOA- Architektur<sup>219</sup>

### Präsentationsschicht:

Die Präsentationsschicht soll die benötigten Funktionen einfach zugänglich machen und somit die Daten übersichtlich darstellen. Durch die unbegrenzten Gestaltungsmöglichkeiten von Oberflächen folgt auch, dass sich kein Standard für derartige Clients entwickelt hat. Die weitverbreitetste Oberfläche wird dabei von Windows bereitgestellt, da sie für viele Anwender keine Unbekannte ist. Die Aufteilung orientiert sich dabei am Windows- Explorer, wobei folgende Bereiche

<sup>217</sup> Vgl. Krafzig, 2007, S.78f

<sup>218</sup> Vgl. Finger, 2008, S.24ff

<sup>219</sup> Abbildung entnommen aus Krafzig, 2007, S.76

typisch sind: Browser, Stammdaten und eine grafische Vorschau. Der Browser dient dazu Strukturen und Abhängigkeiten von den einzelnen Objekten besser zu visualisieren. Er besitzt eine Explorer- ähnliche Darstellung und wird meist auf der linken Seite des Clients angeboten. Da das komplexe Produktmodell eine Vielzahl von Informationen und Abhängigkeiten besitzt, stößt die Darstellung jedoch schnell an ihre Grenzen. Viele Anbieter erweitern deshalb ihre Darstellung durch weitere grafische Elemente. Stammdaten werden meist auf der rechten Seite in Form von Listen und Formularen angeführt. Eine grafische Vorschau wird zumeist in einem eigenen Fenster dargestellt.<sup>220</sup>

---

<sup>220</sup> Vgl. Eigner, 2009, S.327f

## **4 Die Schienenfahrzeugindustrie**

Dieses Kapitel beschäftigt sich zuerst mit der Entwicklung der Schienenfahrzeugindustrie. Dabei werden wirtschaftliche Gegebenheiten des Marktes aufgezeigt, wodurch die Notwendigkeit von IRIS für Betreiber und Hersteller von Schienenfahrzeuge resultiert. Danach wird auf die IRIS- Norm näher eingegangen, der Zertifizierungsprozess erläutert, sowie einen Überblick über die fünf Normabschnitte vermittelt.

### **4.1 Entwicklung der Schienenfahrzeugindustrie in der EU**

Die Eisenbahn und damit auch die Schienenfahrzeugindustrie waren früher von erheblicher militärischer Bedeutung. Das führte dazu, dass die Schienennetze in Staatsbesitz waren und diese keine Bestrebungen danach hatten, Schienennetze international verfügbar zu machen. Die unabhängige Entwicklung nationaler Bahnsysteme zeigt sich heutzutage in Europa durch drei verschiedene Schienenspurweiten, sechs verschiedene elektrische Systeme und 14 verschiedene Leit- und Sicherungssysteme. Die einzelnen Länder besaßen dabei ein Monopol für den Bahnverkehr, was wiederum zu einer hohen Marktmacht der nationalen Bahnbetreiber führte. Die Betreiber vergaben dabei detaillierte Entwicklungsaufträge an meist nationale Schienenfahrzeughersteller. Die Hersteller waren somit meist nur für die Fertigung und Montage von Schienenfahrzeugen verantwortlich, während die Bahnbetreiber das Konzept bis zu seiner konstruktiven Ausführung bestimmten. Auch die in einem Produktlebenszyklus später anfallenden Wertschöpfungen, wie Inbetriebnahme, Instandhaltung und Wartung wurden von den nationalen Bahnbetreibern selbst erbracht. Das führte dazu, dass die Industrie meist wenig Information über das Langzeitverhalten ihrer eigenen Produkte hatte. Desweiteren führte diese Marktsituation dazu, dass die wenigen, staatseigene Betreiber lediglich einen nationalen Wettbewerb förderten. Die Anzahl der Aufträge war dabei gering, beinhaltete jedoch für die Schienenfahrzeugindustrie eine relativ hohe Stückzahl. Das ist vor allem dadurch begründet, dass die Staatsbahnen sich meist auf einige wenige Baureihen beschränkten und komplette Neuentwicklungen meist 20 bis 30 Jahre auf sich warten ließen. Das hatte auch zur Folge, dass sich lange Beschaffungs- und Entwicklungszeiten einstellten. Da die Integration der einzelnen Baugruppen und Komponenten meist von den Staatsbahnen übernommen wurde, führte das auch zu einer getrennten Ausschreibung von elektronischen und mechanischen Bauteilen bzw. –gruppen. Das brachte oft Konflikte zwischen den Herstellern, weshalb sich mit der Zeit die Strategie der Systemanbieterschaft entwickelt hat. Das beinhaltet, dass die Schienenfahrzeughersteller versuchten, ein breiteres Produktspektrum anzubieten. Neben dem kompletten Schienenfahrzeug beinhaltet das auch Infrastruktur, wie Signal- und Zugleittechnik, Stromversorgung

etc. Ziel war dabei, die Beschaffungsmarktmacht der nationalen Bahnbetreiber, durch eine Konzentration auf der Anbieterseite entgegenzuwirken. Folge dieser Entwicklung ist ein Oligopol auf der Anbieterseite. Zu den wichtigsten Schienenfahrzeugherstellern zählen heutzutage Siemens Transportation Systems (Sitz in Deutschland), Alstom (Sitz in Frankreich) und Bombardier Transportation (Sitz in Kanada).<sup>221</sup>

Durch die stetig gestiegenen Transportansprüche, die sich sowohl qualitativ als auch quantitativ auswirkten, wurden Ende der 80er Jahren die Leistungsgrenzen der herrschenden Bahnstrukturen erreicht. Tiefgreifende Reformen wurden verlangt, weshalb in Europa die EU- Richtlinie 91/440 in Kraft trat. Diese forderte eine Trennung von Fahrweg und Betrieb und hatte somit eine Liberalisierung des Marktes zum Ziel. In den kommenden Jahren wurden weitere Richtlinien der EU veröffentlicht, um eine schrittweise Privatisierung voranzutreiben. Der dabei entstandene liberalisierte Beschaffungsmarkt und teilweise privatisierte Betreibermarkt führte zu gravierenden Änderungen in der Schienenfahrzeugindustrie. Die großen Staatsbahnen teilten sich in regionale Verkehrsgesellschaften auf und private Anbieter kamen hinzu.<sup>222</sup> Dieser Liberalisierungsprozess schreitet in der EU unterschiedlich schnell voran. Heutzutage zählen zu den fortgeschrittenen, liberalisierten Märkten, die von England, Skandinavien, Deutschland und auch Österreich. Das zeigt ein 2011 veröffentlichter Liberalisierungsindex, der diese Länder eine fortgeschrittene Marktöffnung zuschreibt. Länder mit einer verzögerten Marktöffnung sind beispielsweise Spanien oder Irland.<sup>223</sup>

Die starken Veränderungen des Marktes hatten erhebliche Auswirkungen auf die Betreiber. Der höhere Wettbewerb forderte nun, dass die Betreibergesellschaften mehr nach wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit der Fahrzeuge nachfragen und nicht wie bisher, die Technik als entscheidender Faktor ausschlaggebend ist. In diesem Zusammenhang spielt der Lebenszyklus eine entscheidende Rolle. Da die Betreiber meist nicht (mehr) über die notwendige Infrastruktur bzw. das Personal verfügen, um Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten durchzuführen, werden oft auch die späteren Lebenszyklusphasen von den Herstellern übernommen. Deshalb werden Kaufentscheidungen auf Basis von Lebenszyklusbetrachtungen bzw. den dabei entstehenden Lebenszykluskosten getroffen. Die Liberalisierung brachte auch höhere Anforderungen seitens der Betreiber an die Schienenfahrzeughersteller. So führte die höhere Zahl der Nachfrager nach Schienenfahrzeuge auch zu einer geringeren Anzahl der Schienenfahrzeuge je Auftrag und auch kürzere Lieferzeiten wurden gefordert. Anforderungen von den Betreibern nach Funktionalität und Qualität stiegen, bei kürzeren Entwicklungszeiten und variantenreicheren Produktion.

---

<sup>221</sup> Vgl. Giefing, 2006, S.4ff

<sup>222</sup> Vgl. ebenda, S.8ff

<sup>223</sup> Vgl. Kirchner, 2011, S.11

Die Globalisierung führte auch zu einem enormen Preisverfall, der bis zu 40% erreichen konnte. Die großen Schienenfahrzeughersteller reagierten mit erhöhtem Outsourcing, um den Fokus verstärkt auf eigene Kernkompetenzen zu legen. Die Fertigungstiefe wurde dabei stark verringert, während die Entwicklungstiefe nach wie vor sehr hoch bleibt. Das Systemengineering rückt deshalb in den Vordergrund und Schienenfahrzeughersteller sehen sich mehr als Systemintegratoren. Die prozess- und datentechnische Integration mit Subsystem- und Komponentenhersteller spielt dabei eine zentrale Rolle.<sup>224</sup> Abbildung 17 zeigt den Aufbau der Schienenfahrzeugindustrie. Es ist dabei zu beachten, dass die Abhängigkeit zu den Integratoren entlang der Wertschöpfung abnimmt. So weisen Hersteller von Komponenten und Bauteilen bereits einen hohen, nicht bahnspezifischen Umsatzanteil auf. (gelb transparent)<sup>225</sup>

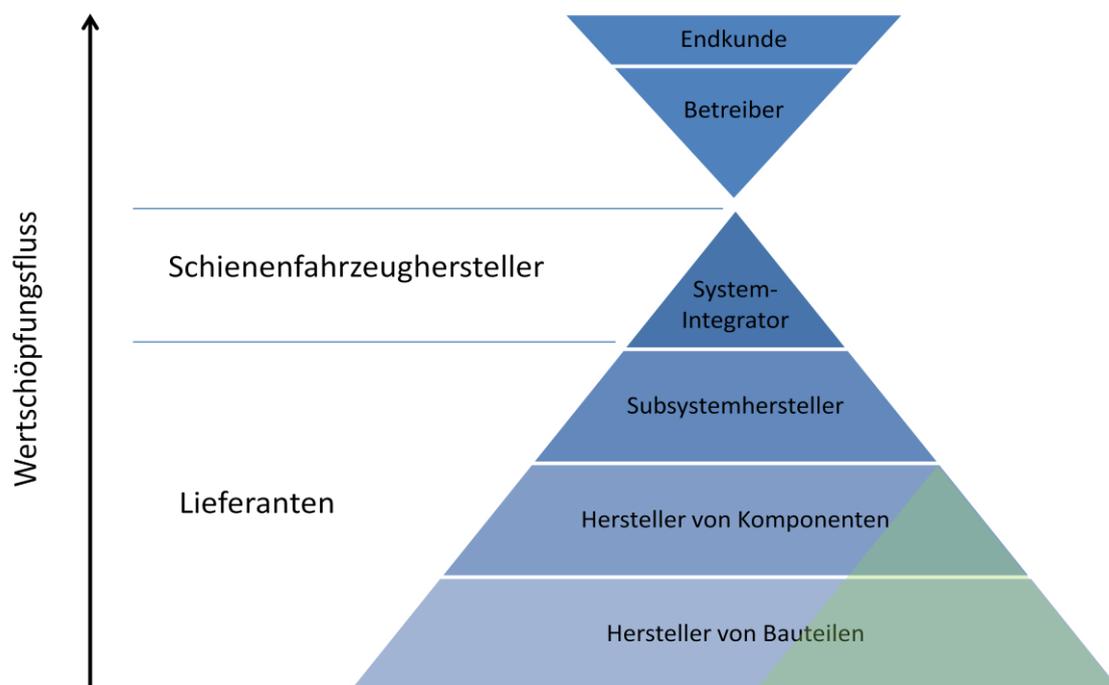


Abbildung 17: Wertschöpfungskette in der Schienenfahrzeugindustrie<sup>226</sup>

Da Schienenfahrzeuge stets auf den Kundenanforderungen zugeschnittene Systeme darstellen, kann diese Branche am ehesten mit dem Schiffs- oder Anlagenbau verglichen werden.<sup>227</sup> So ist beispielsweise der Anlagenbau durch eine oligopolistische Anbieterstruktur, einem internationalen Wettbewerb und einem hohen Planungs- und Koordinationsaufwand im Angebotsprozess charakterisiert. Die Angebotserstellung erfolgt vor dem Fertigungsprozess, wobei dieser stets auf die Anforderungen der Kunden zugeschnitten ist. Diese Branche ist auch gekennzeichnet durch eine Einzel- oder Kleinserienfertigung bei einer hohen

<sup>224</sup> Vgl. Giefing, 2006, S.14ff

<sup>225</sup> Vgl. Schubert, 2007, S.17

<sup>226</sup> Abbildung in Anlehnung an Giefing, 2006, S.15 und Schubert, 2007, S.17

<sup>227</sup> Vgl. Hecht, 2011, S.Q78

Komplexität. Projekte spielen dabei eine wichtige Rolle. Die Anzahl der Projekte ist zwar nicht sehr groß, jedoch besitzen diese einen hohen Auftragswert, weshalb einzelne Projekte bereits einen erheblichen Einfluss auf das Betriebsergebnis nehmen können. Der hohe Auftragswert der einzelnen Projekte führt auch dazu, dass der Anlagenbau und damit auch der Schienenfahrzeugbau mit diskontinuierlichen Auftragseingängen zu kämpfen haben.<sup>228</sup>

## 4.2 IRIS- International Railway Industry Standard

Die neue Marktsituation, wo Wettbewerb und dadurch die Wirtschaftlichkeit der Produkte eine entscheidende Rolle einnehmen, führt auch zu hohen Qualitätsanforderungen. Bahnbetreiber bemängeln dabei häufig die Qualität des Rollmaterials der Schienenfahrzeughersteller. Diese Mängel können von den Systemintegratoren jedoch nur beseitigt werden, wenn über die gesamte Wertschöpfungs- und Lieferkette Verbesserungen erzielt werden. Das Zusammenspiel zwischen Schienenfahrzeughersteller und Lieferanten rückt deshalb in den Mittelpunkt, wodurch auch hohe Abhängigkeiten zueinander entstehen.<sup>229</sup> Um die hohen Qualitätsansprüche gerecht zu werden, wurde deshalb im Jahr 2005 begonnen, den „International Railway industry Standard“ (IRIS) zu entwickeln, welcher in enger Zusammenarbeit zwischen Schienenfahrzeughersteller und einer Arbeitsgruppe des Verbandes der europäischen Bahnindustrie (UNIFE) entstanden ist. IRIS ist dabei ein auf der ISO 9001:2008 aufbauender Standard, der um bahnspezifische Anforderungen der Bahnindustrie erweitert wurde.<sup>230</sup> Diese branchenspezifische Vorgehensweise wurde bereits erfolgreich in anderen Bereichen wie beispielsweise dem Automobilbau oder der Luftfahrtindustrie eingeführt.<sup>231</sup> Ziel des Standards ist eine weltweit geltende Norm zur Beurteilung von Managementsystemen im Schienenfahrzeugbau zu schaffen. Die Sicherstellung hoher Qualität entlang der ganzen Wertschöpfungskette steht dabei an oberster Stelle.<sup>232</sup>

### 4.2.1 Der Zertifizierungsprozess von IRIS

Unternehmen der Schienenfahrzeugindustrie können durch unabhängige Zertifizierungsstellen das IRIS- Zertifikat erhalten. Diese Zertifizierungsstellen müssen von der IRIS- Gruppe zugelassen sein und auch ständig überwacht werden, um die Tauglichkeit des Zertifizierungsprozesses sicherzustellen. Die Zertifizierung nach IRIS erfolgt mithilfe eines Fragenkatalogs, welchem ein Punktesystem unterliegt. Die Fragen können dabei in drei Gruppen eingeteilt werden: K.O.- Fragen,

<sup>228</sup> Vgl. Schönung, 2008, S.23f und vgl. Hoffjan, 2010, S.420f

<sup>229</sup> Vgl. Wix, 2009, S.4f

<sup>230</sup> Vgl. <http://www.iris-rail.org>

<sup>231</sup> Vgl. Brüggemann, 2012, S.145

<sup>232</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.8

offene Fragen und geschlossene Fragen. K.O.- Fragen werden von IRIS als Voraussetzung für die Zertifizierung angesehen. Die offenen Fragen werden mithilfe einer fünfstufigen Skala bewertet, welche von „ungenügend“ bis „optimiert“ reicht. Die Anforderungen werden dabei nach Reifegrad der Prozesse und den Grad der Implementierung bewertet. Geschlossene Fragen können hingegen nur mit „Ja“ oder „Nein“ beantwortet werden.<sup>233</sup> Der Fragekatalog umfasst 12 K.O.- Fragen, 189 offene Fragen und 58 geschlossene Fragen. Ungefähr 60% der Fragen basieren dabei auf IRIS, während nur zirka ein Drittel von der ISO- Norm 9001 stammen. IRIS fordert verpflichtend 16 dokumentierte Verfahren und 25 dokumentierte Prozesse, wobei fünf davon mit Schlüsselleistungsindikatoren (KPI) gelenkt werden müssen.<sup>234</sup> KPI sind Kennzahlen, welche zur Messung der Prozessleistung eingesetzt werden. Sie charakterisieren Prozesse und ermöglichen Vergleiche, wodurch Benchmark-Analysen durchgeführt werden können.<sup>235</sup>

Bevor sich ein Unternehmen dem Zertifizierungsprozess von IRIS unterzieht, sollte noch eine Selbstbeurteilung durchgeführt werden, um Übereinstimmungen des eigenen Managementsystems mit den IRIS Anforderungen aufzuzeigen. Es sollte dabei großes Augenmerk auf die K.O.- Fragen gelegt werden, da ja diese als eine Voraussetzung angesehen werden. Vor dem eigentlichen Beurteilungsprozess kann noch ein Voraudit beantragt werden. Dabei können mögliche Lücken in der aktuellen Prozesslandschaft festgestellt werden und bereits früh Verbesserungsmaßnahmen eingeleitet werden. Nach dem Voraudit beginnt der Beurteilungsprozess, welcher wiederum in vier Schritte eingeteilt werden kann:<sup>236</sup>

- Bereitschaftsüberprüfung (Readiness Review)
- Zertifizierungsaudit
- Überwachungsaudit
- Re- Zertifizierungsaudit

Die Bereitschaftsüberprüfung bewertet, inwieweit das Unternehmen die IRIS-Anforderungen erfüllen kann. Dazu werden das Managementhandbuch, die Qualitätspolitik und die Organigramme überprüft. Quervergleiche mit IRIS-Anforderungen, besonders den K.O.- Fragen, werden durchgeführt. Auch eine Auditplanung wird von dieser Überprüfung verlangt. Das erste Audit wird auch als Zertifizierungsaudit bezeichnet. Falls es nicht bestanden wird, muss es innerhalb von 90 Tagen wiederholt werden. Nach erfolgreicher Zertifizierung muss innerhalb von 12 Monaten ein Überwachungsaudit durchgeführt werden. Dabei wird der der zuletzt bewertete Auditbericht mit der neuen Bewertung aktualisiert. Das IRIS- Zertifikat ist für maximal 36 Monate gültig. Vor Ablauf dieser Zeit kann jedoch ein Re-

---

<sup>233</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.8ff

<sup>234</sup> Vgl. Wix, 2006, S.21ff

<sup>235</sup> Vgl. Pilorget, 2010, S.187

<sup>236</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.11f

Zertifizierungsaudit beantragt werden, welches zur Erneuerung des Zertifikates dient.<sup>237</sup>

Ein weiterer Punkt des Zertifizierungsprozesses ist der Geltungsbereich, welcher zwischen Unternehmen und Zertifizierungsstelle vereinbart werden muss. Dabei unterscheidet IRIS nach 20 verschiedenen Produktkategorien. Beispiele dazu sind Fahrzeugkörper, Energiesysteme, Bremssysteme, Rollendes Material, Signaltechnik etc. Durch die verschiedenen Geltungsbereiche können nicht immer alle Fragen angewendet werden, weshalb von der Zertifizierungsstelle die anwendbaren Abschnitte des Fragenkatalogs identifiziert werden müssen. Fragen können deshalb bei einer entsprechend, dokumentierten Begründung ausgeschlossen werden. IRIS schreibt auch eine Auditierung von entfernt liegenden Funktionsbereichen vor. Darunter versteht man unterstützende Funktionen an entfernt liegenden Standorten, wie beispielsweise die Entwicklung, Vertrieb, Lager etc.<sup>238</sup>

Bevor die eigentlichen IRIS- Anforderungen erläutert werden, sollte noch kurz auf die Auditaktivitäten eingegangen werden. Wie schon erwähnt, soll in der Bereitschaftsüberprüfung ein Auditplan erstellt werden. Dieser koordiniert zeitlich die Aktivitäten und soll damit Aufschluss über Umfang und Komplexität geben. Er identifiziert dabei die zu auditierenden Funktionseinheiten und Prozesse, beinhaltet einen Zeitplan und eine Eröffnungs- und Abschlussbesprechung. Der Plan teilt Rollen Verantwortlichkeiten zu und identifiziert damit die Auditteilnehmer. Jedes Audit muss dabei in Form eines Auditbericht dokumentiert werden. Die Abschlussbesprechung beinhaltet neben dem Auditergebnis auch Anträge für Korrektur- oder Verbesserungsmaßnahmen. Nach Auswertung der Anforderungen bzw. Fragen durch den Auditor müssen unter Umständen diese Maßnahmen gesetzt werden. Im Gegensatz zu Verbesserungsmaßnahmen sind Korrekturmaßnahmen als verpflichtend anzusehen. Der letzte Punkt des Zertifizierungsprozesses ist die Verleihung des IRIS- Zertifikates.<sup>239</sup> Zusammenfassend müssen dabei folgende Kriterien erfüllt werden:<sup>240</sup>

- *Erfüllung aller Anforderungen bezüglich der K.O.- Fragen*
- *Abschluss aller IRIS Korrekturmaßnahmen*
- *Erreichung des Grenzwertes des Erfüllungsgrades der IRIS- Anforderungen*

---

<sup>237</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.12ff

<sup>238</sup> Vgl. ebenda, S.11ff und S.50ff

<sup>239</sup> Vgl. ebenda, S.18ff

<sup>240</sup> IRIS Revision 2, 2007, S.23

## 4.2.2 Inhalt von IRIS

Obwohl die ISO 9001 von Anforderungen an Qualitätsmanagementsysteme spricht, sind diese Anforderungen für ein umfassendes Managementsystem zu verstehen.<sup>241</sup> Ein Managementsystem ist dabei verantwortlich für das Leiten und Lenken einer Organisation.<sup>242</sup> In diesem Zusammenhang spielt die Integration aller Prozesse in das Managementsystem eine wesentliche Rolle. IRIS fordert deshalb einen prozessorientierten Ansatz.<sup>243</sup> Das beinhaltet das Bestimmen, Leiten und Lenken von Tätigkeiten bzw. Prozesse, die zu einem gewünschten Ergebnis führen. Auch die Wechselwirkung der Prozesse muss mit einbezogen werden. Prozesse müssen aus Sicht der Wertschöpfung betrachtet und ständig verbessert werden. Nach IRIS steht beim prozessorientierten Ansatz der Kunde bzw. seine Zufriedenheit im Mittelpunkt. Kundenanforderungen haben deshalb eine große Bedeutung bei den Inputs der Prozesse.<sup>244</sup> Basierend auf diesem Prozessgedanken wurde ein Modell entwickelt, welches analog zu den Anforderungen der ISO 9001 bzw. IRIS aufgebaut ist. (Abbildung 18)

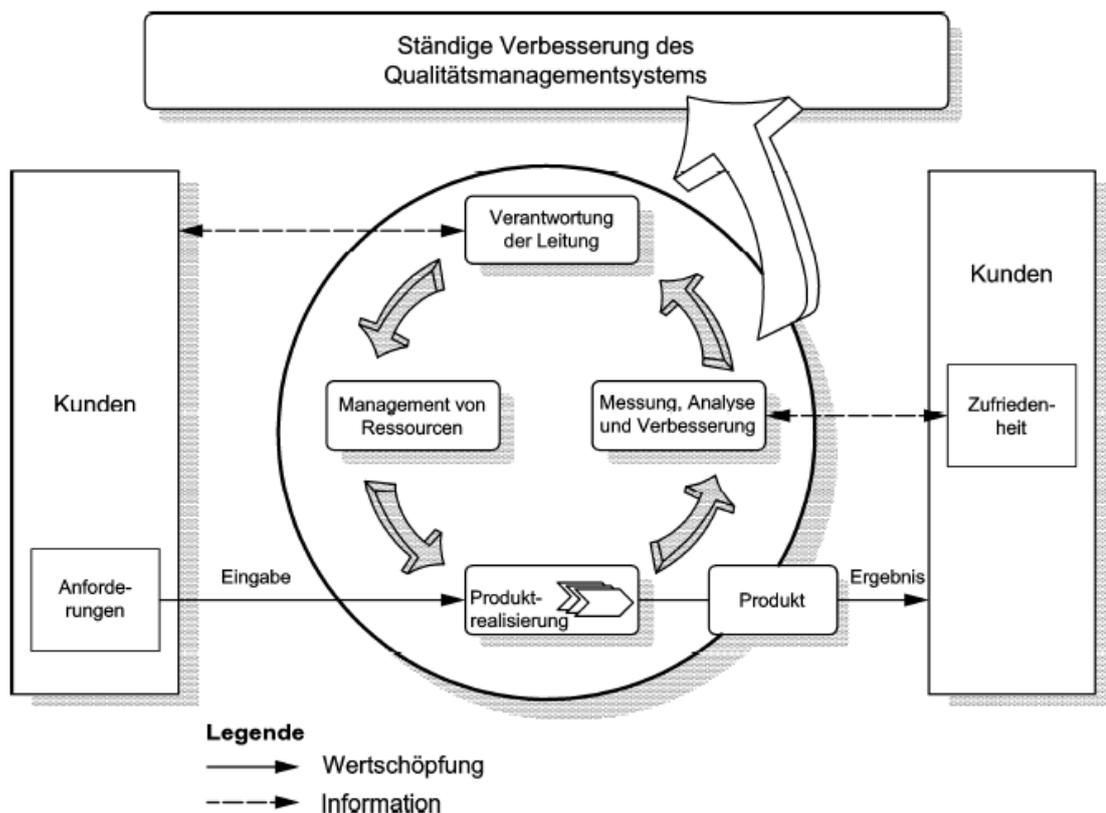


Abbildung 18: prozessorientiertes Modell der ISO9001/IRIS<sup>245</sup>

<sup>241</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.25

<sup>242</sup> Vgl. DIN EN ISO 9000, 2005, S.20

<sup>243</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.24f

<sup>244</sup> Vgl. DIN EN ISO 9001, 2008, S.6ff

<sup>245</sup> Abbildung entnommen aus DIN EN ISO 9001, 2008, S.8

Die Dokumentation stellt einen weiteren wesentlichen Eckpfeiler der Norm dar. So gilt, was nicht dokumentiert ist, kann nicht nachvollzogen werden und ist somit unbrauchbar. In diesem Zusammenhang spielt das Führen eines Qualitätsmanagementhandbuchs eine wesentliche Rolle, welches Abläufe und Verfahren in einem Unternehmen zusammenfasst. Es wird dabei häufig analog der Prozesslandschaft aufgebaut.<sup>246</sup> Die Dokumentation kann dabei in drei Ebenen gegliedert werden, wie es Abbildung 19 zeigt.

| Beschreibungshorizont    | Anwendungshorizont                                                                     | Bezeichnung                                           | Inhalte                                                                                                                                     |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ganzes Unternehmen       | Intern:<br>Unternehmensleitung,<br>Abteilungsleitung<br><br>Extern:<br>Auf Anforderung | QM-Handbuch                                           | Grundsätze, Aufbau- und Ablauforganisation, betriebsweite Zusammenhänge, Verantwortungen und Befugnisse. Verweis auf mitgeltende Unterlagen |
| Teilbereiche, Abteilung  | Nur Intern:<br>Abteilung                                                               | (QM-) Verfahrensanweisungen, Organisationsrichtlinien | Detaillierte Beschreibung von Teilgebieten des QM-Systems Enthält organisatorisches und fachliches Know-How des Unternehmens                |
| Sachgebiet, Arbeitsplatz | Nur Intern:<br>Tätigkeit                                                               | Arbeitsanweisungen<br>Prüfanweisungen etc.            | Festlegung von Einzeltätigkeiten, Detailanweisungen sowohl auftragsneutral als auch auftragsgebunden Enthält fachliches Know-How            |

Abbildung 19: Dokumentenstruktur der ISO9001/IRIS<sup>247</sup>

Während ein prozessorientierter Ansatz und eine ausreichende Dokumentation Ziele beider Normen darstellen, spielt das Projektmanagement vor allem bei der IRIS-Norm eine wesentliche Rolle. Durch die hohe Bedeutung von Projektaktivitäten in der Schienenfahrzeugindustrie wurden besonders Anforderungen an das Management von Projekten aufgenommen. So wird darauf hingewiesen, dass Anforderungen bezüglich Produkt und Produktrealisierung, falls zutreffend, auch für Projekte anwendbar sind.<sup>248</sup> Das Thema Projektmanagement in IRIS wird später dazu genauer betrachtet.

Der Inhalt von IRIS wird in folgende fünf Abschnitte unterteilt.<sup>249</sup> Um einen Überblick der Anforderungen zu schaffen, werden die einzelnen Normabschnitte nachfolgend kurz erläutert.

- *Qualitätsmanagementsystem*
- *Verantwortung der Leitung*

<sup>246</sup> Vgl. Schloske, 2009, S.670

<sup>247</sup> Abbildung entnommen aus Brüggemann, 2012, S.132

<sup>248</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.25

<sup>249</sup> IRIS Revision 2, 2007, S.13

- *Management der Ressourcen*
- *Produktrealisierung*
- *Messung, Analyse und Verbesserung*

Die Norm fordert den Aufbau eines Qualitätsmanagementsystems, welches dokumentiert, aufrechterhalten und ständig verbessert werden muss. Die Allgemeinen Anforderungen beziehen sich dabei auf die Durchführung der Prozesse. So müssen alle erforderlichen Prozesse festgelegt, überwacht, ständig verbessert und auf ihre Wechselwirkung untersucht werden. Kriterien und Methoden zur Lenkung und Durchführung der Prozesse müssen dokumentiert sein. Neben diesen Allgemeinen Anforderungen ist ein wesentlicher Punkt die Dokumentation des Qualitätsmanagementsystems. Die ISO 9001 fordert deshalb verschiedenste dokumentierte Angaben. Diese betreffen beispielsweise die Qualitätspolitik, Qualitätsziele, Sicherheitsaspekte, verwendete Verfahren und Prozesse. Es muss auch ein Qualitätsmanagementhandbuch erstellt und ständig aktualisiert werden. Dieses beinhaltet alle dokumentierten Verfahren und Prozesse die von dieser Norm gefordert werden. Bei der Dokumentation spielt die Lenkung von Dokumenten und Aufzeichnungen eine wesentliche Rolle. So müssen Dokumente bewertet, aktualisiert, geändert und freigegeben werden können. Anforderungen beziehen sich dabei auf die Sicherstellung der Verwendung von gültigen Fassungen zutreffender Dokumente, Kennzeichnung von Überarbeitungen oder auch auf die Sicherstellung externer Dokumente. Externe Dokumente in diesem Zusammenhang sind beispielsweise kundenspezifische Anforderungen, behördliche Anforderungen, Normen etc. IRIS fordert außerdem ein funktionierendes Wissensmanagement. So ist es Ziel, dass Informationen, Wissen und Technologie identifiziert, gesammelt, geschützt, genutzt und bewertet wird. Der letzte Punkt des Kapitels Qualitätsmanagementsystem bezieht sich auf die Lenkung von Projekten an verschiedenen Standorten. Es muss deshalb ein angemessenes Managementsystem eingeführt sein, welches betriebliche und operative Schnittstellen, Kundenanforderungen, Verantwortlichkeiten, anwendbare Prozesse und Verfahren etc. beinhaltet.<sup>250</sup>

Eine besondere Bedeutung in der ISO 9001 hat die „Verantwortung der Leitung“. So beziehen sich die Forderungen von diesem Abschnitt ausschließlich an die oberste Ebene. Ziel ist es, die Verantwortung über das Qualitätsmanagementsystem an die Führungsebene zu geben.<sup>251</sup> Aufgaben und Verantwortlichkeiten sind deshalb genau festgelegt. So beziehen sich Forderungen auf die Festlegung der Qualitätspolitik und Qualitätsziele, Vermittlung in der Organisation von Kunden- und behördlichen Anforderungen oder auf die Durchführung von Managementbewertungen. Diese Managementbewertungen müssen mindestens einmal pro Jahr stattfinden. Die

---

<sup>250</sup> Vgl. DIN EN ISO 9000, 2005, S.14ff und vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.27f

<sup>251</sup> Vgl. Pfitzinger, 2010, S.40

Bewertung beinhaltet dabei die Eignung bzw. Wirksamkeit des Qualitätsmanagementsystems. Inputs für die Bewertung können dabei sein: Auditergebnisse, Rückmeldungen von Kunden, Schlüsselleistungsindikatoren, vorherige Prozess- bzw. Projektbewertungen, Vorbeugungs- und Korrekturmaßnahmen usw.<sup>252</sup>

Der Abschnitt „Management von Ressourcen“ bezieht sich auf die richtige Ermittlung und optimale Bereitstellung von Ressourcen. IRIS unterteilt dabei Ressourcen in drei Kategorien.<sup>253</sup>

- personelle Ressourcen
- Infrastruktur
- Arbeitsumgebung

Forderungen von personellen Ressourcen richten sich ausschließlich an die Mitarbeiter des Unternehmens. Lieferanten, Partnerschaften. Kunden werden an dieser Stelle nicht mit einbezogen. Das Unternehmen hat dafür zu sorgen, dass das Personal die benötigten Kompetenzen mit sich bringt. So sind Unternehmen von der Norm dazu verpflichtet Kompetenzen zu ermitteln, falls notwendig Schulungen zu erteilen und die Bedeutung der auszuführenden Tätigkeiten bewusst zu machen. Unter Infrastruktur versteht die Norm Anlagen, Gebäude, Betriebsmittel, Prozessausrüstungen, Informationssysteme etc. Die Arbeitsumgebung beschäftigt sich mit physikalischen und ökologischen Faktoren, wie beispielsweise Lärm, Temperatur, Beleuchtung usw. Auch hier beziehen sich Forderungen auf die Ermittlung, Bereitstellung und Aufrechterhaltung der erforderlichen Infrastruktur bzw. Arbeitsumgebung.<sup>254</sup>

Das Thema Produktrealisierung stellt den größten Abschnitt der IRIS Anforderungen dar. PLM spielt hier eine wesentliche Rolle, weshalb diesem Abschnitt besondere Aufmerksamkeit gewidmet wird. Im nächsten Kapitel werden deshalb IRIS relevante Punkte der Produktrealisierung näher betrachtet und mit dem PLM- Gedanken verglichen. Die Forderungen der Produktrealisierung werden dabei in folgende Punkte unterteilt:<sup>255</sup>

- *Planung der Produktrealisierung*
- *Kundenbezogene Prozesse*
- *Entwicklung*
- *Beschaffung*
- *Produktion und Dienstleistungserbringung*

---

<sup>252</sup> Vgl. DIN EN ISO 9000, 2005, S.19ff und vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.28ff

<sup>253</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.31ff

<sup>254</sup> Vgl. DIN EN ISO 9000, 2005, S.23ff und vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.31ff

<sup>255</sup> IRIS Revision 2, 2007, S.33ff

- *Lenkung von Überwachungs- und Messmitteln*
- *Projektmanagement*
- *Konfigurationsmanagement*
- *Erstmusterprüfung (FAI)*
- *Inbetriebnahme/ Kundendienst*
- *RAMS / LCC*
- *Obsoleszenzmanagement*
- *Lenkung von Änderungen*

Bei der Produktrealisierung stehen Prozesse im Vordergrund, die zur Leistungserbringung beitragen und somit wertschöpfend sind. So bedarf es einer genauen Planung der Produktrealisierung, wo Qualitätsziele und Produkthanforderungen festgelegt, überwacht und ständig geprüft werden.<sup>256</sup> Die Gliederung der Anforderungen der Produktrealisierung ist mit dem Produktlebenszyklus vergleichbar. So beginnt jeder Lebenszyklus mit dem Sammeln der Anforderungen. Forderungen von „Kundenbezogenen Prozessen“ richten sich deshalb an die Ermittlung der vom Kunden festgelegten Anforderungen sowie derer Bewertung. Die Bewertung muss dabei vor der Lieferverpflichtung gegenüber dem Kunden eingehen.<sup>257</sup> Nachdem die Anforderungen an das Produkt vorliegen, beginnt die Entwicklung. Entwicklungsaufgaben beginnen bei dessen Planung. Dabei müssen Entwicklungsphasen festgelegt und bewertet werden und Verantwortlichkeiten der Entwicklung zugeteilt sein. Entwicklungseingaben beziehen nach der ISO- Norm auf Produkthanforderungen, wie beispielsweise Funktions- und Leistungsanforderungen. Diese müssen vollständig ermittelt und aufgezeichnet sein. Die daraus gewonnenen Entwicklungsergebnisse müssen gegenüber den Entwicklungseingaben eine geeignete Form aufweisen, damit eine Verifizierung erfolgen kann. Ergebnisse können dabei sein: Zeichnungen, Informationen, Flussdiagramme, Annahmekriterien, Steuerungspläne etc. Entwicklungsergebnisse haben dabei zum Ziel, Produkte vollständig zu beschreiben. Sie sind auch gleichzeitig Eingaben für den Produktionsprozess. Die Ergebnisse müssen bewertet, verifiziert und validiert sein. Desweiteren fordert die Norm noch eine Lenkung von Entwicklungsänderungen. Diese sollen aufgezeichnet und soweit angemessen auch bewertet, verifiziert und validiert werden. Auswirkungen auf andere Komponenten müssen dabei untersucht werden.<sup>258</sup> Nach Abschluss der Entwicklung beginnt der Beschaffungsprozess. Es sei jedoch nochmals darauf hingewiesen, dass die einzelnen Phasen des Produktlebenszyklus nicht als starr angesehen werden dürfen und somit Beschaffungsprozesse auch in der Entwicklung eine wesentliche Rolle spielen können. Die ISO 9001 fordert vom Beschaffungsprozess die Sicherstellung,

---

<sup>256</sup> Vgl. DIN EN ISO 9000, 2005, S.25f

<sup>257</sup> Vgl. DIN EN ISO 9000, 2005, S.27f und vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.33f

<sup>258</sup> Vgl. ebenda, S.29ff und vgl. ebenda, S.35ff

dass die beschafften Produkte/ Komponenten die festgelegten Anforderungen erfüllen. Lieferanten müssen dazu bewertet und dementsprechend ausgewählt werden. Beschaffungsangaben müssen das Produkt ausreichend beschreiben. So sind Anforderungen an beispielsweise Tests, Prüfungen, Personal, Änderungen, Verfahren usw. anzugeben. Beschaffte Produkte müssen natürlich auch einer Verifizierung unterzogen werden.<sup>259</sup> Als nächste Lebenszyklusphase beginnt die Produktion. Die Norm fordert hier, dass die Produktion unter „beherrschte Bedingungen“ geplant und durchgeführt werden kann. Diese Bedingungen schließen alle Informationen und Ressourcen ein, die zur Produktion notwendig sind. Das bedeutet, eine sorgfältige Produktionsplanung. Diese muss dabei zwischen kurz-, mittel-, und langfristiger Planung unterscheiden, durch ein Informationssystem unterstützt sein und auf Kundenaufträge Bezug nehmen. Weitere Anforderungen an die Produktion beziehen sich auf Produktionsänderungen, Instandhaltung von Ausrüstungen und Werkzeuge, Validierung von Produktionsprozessen, Kennzeichnung und Produktauslieferung.<sup>260</sup> Als letzten Punkt führt die ISO 9001 die Lenkung von Überwachungs- und Messmitteln an. Dabei ist sicherzustellen, dass Überwachungen und Messungen durchgeführt werden können. Anforderungen beziehen sich auf Kalibrierungen, Justierungen und Handhabungen.<sup>261</sup>

Alle weiteren Abschnitte der Produktrealisierung entstammen rein der IRIS- Norm und sind somit speziell für die Schienenfahrzeugindustrie anwendbare Forderungen.<sup>262</sup> Die Abschnitte Erstmusterprüfung und Inbetriebnahme/ Kundendienst können als nachgelagerte Produktionsphasen angesehen werden. Anforderungen an das Projekt-, Konfigurations-, Änderungs-, Obsolezenzmanagement und RAMS/ LCC können nicht bestimmten Lebenszyklusphasen zugeteilt werden. (Vergleich dazu Abbildung 2) Die einzelnen Abschnitte werden im nächsten Kapitel ausführlich behandelt.

Der letzte große Abschnitt der ISO Norm betrifft die Messung, Analyse und Verbesserung. Anforderungen beziehen sich auf die Überwachung und Messung der Kundenzufriedenheit, Prozessleistungen und Produktmerkmale. Interne Audits müssen in regelmäßigen Abständen durchgeführt werden. Fehlerhafte Produkte oder Prozesse die ihre Anforderungen nicht erfüllen müssen gekennzeichnet und gelenkt werden. Desweiteren wird noch eine geeignete Datenanalyse verlangt, um die Eignung und Wirksamkeit des Managementsystems darzulegen und zu beurteilen. Verbesserungsanforderungen setzen Korrektur- und Vorbeugungsmaßnahmen

---

<sup>259</sup> Vgl. DIN EN ISO 9000, 2005, S.33f und vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.37ff

<sup>260</sup> Vgl. ebenda, S.35ff und vgl. ebenda, S.40ff

<sup>261</sup> Vgl. DIN EN ISO 9000, 2005, S.37f

<sup>262</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.42ff

voraus. Die Norm fordert eine ständige Verbesserung des Managementsystems, durch den Einsatz von Korrektur- und Vorbeugungsmaßnahmen.<sup>263</sup>

---

<sup>263</sup> Vgl. DIN EN ISO 9000, 2005, S.39ff und vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.47ff

## 5 PLM als Nutzen im IRIS Prozess

Im nachstehenden Kapitel werden einzelne Punkte der IRIS Anforderungen genauer betrachtet und mit dem PLM- Gedanken verglichen. Es sei darauf hingewiesen, dass es nicht Ziel dieses Kapitel ist, jede einzelne Frage des IRIS- Fragekatalogs auszuarbeiten. Es wird vielmehr versucht einen Überblick über die Anforderungen der einzelnen Abschnitte zu gewinnen, auch wenn das bedeutet, dass manchmal konkrete Fragestellungen zur Erläuterung verwendet werden. Danach wird Verglichen, inwieweit eine funktionierende PLM- Strategie diese Anforderungen unterstützen kann. Die Auswahl erfolgte dabei nach speziell für die Schienenfahrzeugindustrie relevanten Themen. Diese umfassen Abschnitte, die rein der IRIS- Norm entstammen und nicht in der ISO 9001 angeführt werden. Zusätzlich wurde noch der Abschnitt Produktentwicklung gewählt, da er eine besonders große Bedeutung in der ISO- Norm und somit auch in der IRIS- Norm hat.

### 5.1 Produktentwicklung

Die Produktentwicklung stellt mit 20 offenen, 7 geschlossenen und 4 K.O.- Fragen eines der umfangreichsten Kapitel der Qualitätsnorm dar.<sup>264</sup> Zur besseren Übersicht werden deshalb die Anforderungen in folgende Bereiche gegliedert.<sup>265</sup>

- *Entwicklungsplanung*
- *Entwicklungseingaben*
- *Entwicklungsergebnisse*
- *Entwicklungsbewertung*
- *Entwicklungsverifizierung*
- *Entwicklungsvalidierung*
- *Lenkung von Entwicklungsänderungen*
- *Entwicklungszulassung*

Die IRIS- Norm fordert einen Prozess für die Entwicklung, welcher auch in einem dokumentierten Verfahren beschrieben werden sollte und mit KPIs gemessen wird. Desweiteren sollte auch ein Innovationsprozess eingeführt sein, welcher Änderungen im Unternehmensumfeld bezüglich des Produktes erfasst, dokumentiert und bewertet. Es sei auch darauf hingewiesen, dass jedes neue Produkt/ Technologie den im Folgenden beschriebenen Entwicklungsanforderungen genügen muss.<sup>266</sup>

Wie der Name der Entwicklungsplanung schon verrät, steht hier die Planung und Lenkung des Produktes während der Entwicklung im Vordergrund. Dabei müssen die

<sup>264</sup> Vgl. IRIS Revision 2- Fragenkatalog, 2007, S.16ff

<sup>265</sup> IRIS Revision 2, 2007, S.35ff

<sup>266</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.35 und vgl. IRIS Revision 2- Fragenkatalog, 2007, S.16

einzelnen Entwicklungsphasen festgelegt, bewertet, verifiziert und validiert werden, Verantwortungen und Befugnisse den einzelnen Phasen zugeteilt werden, sowie Kommunikationswege zwischen den Phasen aufgebaut sein. Die Planung muss, soweit angemessen, auf den aktuellen Entwicklungsfortschritt aktualisiert sein.<sup>267</sup>

Produktentwicklungseingaben im Rahmen der ISO- Norm betreffen Funktionen, Leistungen, gesetzliche und behördliche Anforderungen, sowie alle für die Entwicklung relevanten Informationen. Diese Eingaben müssen ermittelt, aufgezeichnet und auf Angemessenheit bewertet werden.<sup>268</sup> IRIS sieht desweiteren vor, dass RAMS/LCC- Ansätze (siehe Kapitel 5.7) als Entwicklungseingaben einfließen. Der letzte Punkt von Entwicklungseingaben betrifft die Einführung neuer Produkte am Markt.<sup>269</sup> Die zu diesen Anforderungen gestellte Frage ist eine K.O.- Frage und wird deshalb genauer betrachtet. Sie lautet:<sup>270</sup>

*„Stellt die Organisation sicher, dass neue Technologien/ neue Produkte, welche zur Erfüllung der Marktbedürfnisse entwickelt werden, vor der Einführung in ein Kundenprojekt validiert werden?“*

Um bei dieser K.O.- Frage positiv abschneiden zu können, müssen zu Erstmusterprüfungen bestimmte Dokumentationen vorhanden sein. Das beinhaltet beispielsweise technische Spezifikationen, Risikobeurteilungen, Validierungs- und Verifizierungsaufzeichnungen oder Testprozeduren und Testberichte.<sup>271</sup>

Das nächste Teilkapitel beschäftigt sich mit den Entwicklungsergebnissen. Diese sollten eine geeignete Form aufweisen, da sie für die Verifizierung mit den Entwicklungseingaben herangezogen werden. Außerdem müssen sie vor ihrer Freigabe genehmigt werden. Entwicklungsergebnisse müssen dabei folgende Informationen enthalten:<sup>272</sup>

- Informationen über das Erfüllen von Entwicklungsvorgaben
- Informationen für Beschaffung, Produktion und Service
- Informationen über Annahmekriterien, Sicherheit und korrekten Gebrauch

Da die Ergebnisse gleichzeitig Eingaben für den Produktionsprozess darstellen, ist auch hier eine geeignete Form bezüglich der Verifizierung zu wählen. Zur besseren Veranschaulichung, werden nachfolgend die Wichtigsten Ergebnisse angeführt:<sup>273</sup>

- *Spezifikationen, Zeichnungen, Materialinformationen*

---

<sup>267</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.35 und vgl. IRIS Revision 2- Fragenkatalog, 2007, S.16

<sup>268</sup> Vgl. DIN EN ISO 9001, 2008, S.30

<sup>269</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.36

<sup>270</sup> IRIS Revision 2- Fragenkatalog, 2007, S.17

<sup>271</sup> Vgl. ebenda, S.17

<sup>272</sup> Vgl. DIN EN ISO 9001, 2008, S.30f

<sup>273</sup> IRIS- Revision 2- Fragenkatalog, 2007, S.36

- *Produktionsprozess- Flussdiagramm/Layout, Steuerungspläne*
- *Arbeitsanweisungen, Annahmekriterien*
- *Daten zu Qualität, Messbarkeit, Zuverlässigkeit, Instandhaltbarkeit*
- *Maßnahmen/ Methoden zur Fehlervermeidung und -ermittlung*

In geeigneten Zeitabständen müssen die Ergebnisse auch bewertet werden. Dabei wird die Fähigkeit beurteilt, inwieweit sie den Anforderungen genügen. Wie schon bei der Entwicklungsplanung erwähnt, muss beim Übergang zur nächsten Entwicklungsphase eine Bewertung erfolgen. Bei einer positiven Bewertung wird die neue Phase genehmigt. IRIS fordert deshalb einen Entwicklungsbewertungsprozess, welcher dokumentiert werden muss. Er muss Messpunkte und dazugehörige Messungen festlegen und analysieren. Die Messungen beinhalten dabei auch Risiken, Kosten, Vorlaufzeiten usw. Bewertungen müssen auch die später beschriebenen Ansätze von LCC und RAMS mit einbeziehen.<sup>274</sup>

Bevor auf die Forderungen der Entwicklungsverifizierung und -validierung eingegangen wird, sollten die Begriffe Verifizierung und Validierung im Rahmen dieser Qualitätsnorm genau definiert werden. Die ISO 9000 definiert dabei die beiden Begriffe folgendermaßen:<sup>275</sup>

*„Verifizierung ist die Bestätigung durch Bereitstellung eines objektiven Nachweises, (Daten, welche die Existenz oder Wahrheit von etwas bestätigen) dass festgelegte Anforderungen erfüllt worden sind. Die Validierung ist hingegen die Bereitstellung eines objektiven Nachweises, dass die Anforderungen für einen spezifischen beabsichtigten Gebrauch oder eine spezifische beabsichtigte Anwendung erfüllt worden sind.“*

Anders ausgedrückt bedeutet das, dass die Verifizierung sicherstellt, dass das Produkt richtig gebaut ist. Während die Validierung sicherstellt, dass das Produkt seinen Zweck erfüllt und somit das gewünschte Produkt gebaut wurde.<sup>276</sup>

Entwicklungsverifizierung und -validierung muss gemäß der Entwicklungsplanung durchgeführt werden. Dokumentationen müssen dabei vorhanden sein. Zur Entwicklungsvalidierung muss zusätzlich ein dokumentiertes Verfahren angewendet werden, welches die verwendeten Testverfahren genauer beschreibt.<sup>277</sup>

Die Forderungen der Norm an die Lenkung von Entwicklungsänderungen richten sich an die Kennzeichnung und Aufzeichnung dieser. Sie müssen bewertet, verifiziert, validiert und bei der Einführung genehmigt werden. Es sollte auch ein Prozess dazu eingeführt werden. (Genauer zum Thema Änderungen im Kapitel 5.3)

<sup>274</sup> Vgl. DIN EN ISO 9001, 2008, S.31 und vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.36

<sup>275</sup> DIN EN ISO 9000, 2005, S.30f

<sup>276</sup> Vgl. [http://de.ptc.com/WCMS/files/43562/de/2089\\_VV\\_RM\\_TS\\_DE.pdf](http://de.ptc.com/WCMS/files/43562/de/2089_VV_RM_TS_DE.pdf)

<sup>277</sup> Vgl. DIN EN ISO 9001, 2008, S.32 und vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.37

Als letzter Punkt in der Produktentwicklung wird von IRIS noch die Entwicklungszulassung angeführt. Hierin wird ein dokumentiertes Verfahren bezüglich des Sicherheitsnachweises gefordert. Das wird jedoch nur gefordert, wenn das Produkt bestimmten sicherheitsrelevanter Normen (IEC 62279, Safety Security Level) unterliegt.

Da in der Entwicklungsphase die meisten Daten/ Informationen generiert werden, versuchen PLM Strategien vor allem diese Phase zu unterstützen. Bereiche wie Engineering Collaboration, Customer Needs Management zielen deshalb vor allem auf die Unterstützung in den frühen Phasen des Lebenszyklus ab. (vgl. Kapitel 2.2 und 2.3) Wie aus den Anforderungen der Qualitätsnorm an die Produktentwicklung ersichtlich ist, beziehen sich diese hauptsächlich auf das Vorhanden sein und Lenken von Informationen. So müssen Prozesse und Verfahren vorhanden und dokumentiert sein, Eingaben, Ergebnisse, Bewertungen generiert und falls notwendig verifiziert und validiert werden. Um diese Forderungen auf eine effiziente Art und Weise gerecht zu werden, stellt ein funktionierendes Informationssystem die Basis her. Das erlaubt die sinnvolle Generierung und Lenkung von Daten. Eine geeignete Modellierungssprache muss ausgewählt werden, sowie weitere beschriebene Kernfunktionen von PLM eingesetzt werden, wie beispielsweise Freigabe-, Änderungen- und Konfigurationsmanagement. (vgl. Kapitel 3)

## 5.2 Projektmanagement

Die Anforderungen von IRIS an das Projektmanagement umfassen in Summe eine K.O.- Frage, 17 offene und 4 geschlossene Fragen.<sup>278</sup> Das Thema Projektmanagement wird von IRIS in mehrere Punkte unterteilt. Im Folgenden werden diese einzelnen Punkte näher erläutert und verglichen:<sup>279</sup>

- *Allgemeine Forderungen an das Projektmanagement*
- *Integrationsmanagement*
- *Management des Umfangs von Projekten*
- *Zeit-, Kosten und Qualitätsmanagement in Projekten*
- *Management von personellen Ressourcen*
- *Kommunikationsmanagement*
- *Management von Risiken und Chancen*

IRIS fordert von der Organisation einen Prozess für das Projektmanagement, welcher die anwendbaren Bereiche des Projektmanagement behandelt. Aufgaben und Verantwortlichkeiten müssen dem Projekt dabei zugeordnet und alle notwendigen Funktionen der Organisation müssen in ein fachübergreifendes Team

---

<sup>278</sup> Vgl. IRIS Revision 2- Fragenkatalog, 2007, S.29ff

<sup>279</sup> IRIS Revision 2, 2007, S.42ff

eingebunden werden. Die Prozessleistung muss dabei mit einem Schlüsselleistungsindikator gemessen werden. Diese allgemeinen Anforderungen an das Projektmanagement beziehen sich auf eine K.O.-Frage und sollte daher große Aufmerksamkeit gewidmet werden.<sup>280</sup> Da Projektmanagement im PLM bedeutet, dass das Produkt-, Prozess- und Rollenmodell mithilfe einer zentral gehaltenen Projektmappe verknüpft ist, ist hier ein hoher Nutzer zu erwarten. Somit können Aufgaben und Verantwortlichkeiten den Akteuren bzw. den Projektteammitgliedern mithilfe des Rollenmodells zugeordnet werden. KPIs im Projektmanagement betreffen beispielsweise die Anzahl der Änderungen im Projekt, Verzögerungen, Einhaltung des Budgets etc.<sup>281</sup> Da PLM eine Projektüberwachung und ein Reporting in Form von Statusberichten vorsieht, ist die Grundlage für eine effektive und effiziente Messung der Prozessleistung gegeben. Mithilfe von vordefinierten Quality Gates können Arbeitsergebnisse beurteilt, gemessen und somit verglichen werden. (Vergleich dazu Kapitel 3.7)

Das Integrationsmanagement von Projekten in IRIS verlangt einen Projektplan, welcher spezifische Ausführungsregeln über den gesamten Projektlebenszyklus, inklusive der Lenkung von Änderungen beinhaltet. Unter spezifische Ausführungsregeln wird in diesem Zusammenhang vor allem die Regelung von Projekten mit mehreren Standorten verstanden. Das bedeutet, dass alle nötigen Aufgaben der Akteure über den gesamten Projektlebenszyklus durch einen Projektplan abgedeckt werden müssen. Desweiteren muss bereits während der Einführungsphase des Projektes eine Harmonisierung des Projektplans bezüglich teilnehmender Bereiche, Standorten und Konsortialpartnern (falls vorhanden) gegeben sein. Um bei der offenen Frage zu diesem Thema das Niveau „optimiert“ zu erreichen, muss der Projektplan noch zusätzlich durch den Kunden bestätigt werden und eine ständige Verbesserung des Integrationsmanagement muss angestrebt werden.<sup>282</sup> Diese hohen Anforderungen resultieren aus der steigenden Tendenz zur verteilten Produktentwicklung. Projekte haben es mit einer steigenden Anzahl an Partnerunternehmen und Standorten zu tun, wodurch komplexere Projekte entstehen.<sup>283</sup> Wie bereits erwähnt, beinhaltet eine PLM- Lösung auch Engineering Collaboration, wo auf Entwicklungsteams mit globaler Struktur eingegangen wird. Es umfasst dabei auch das integrierte Projektmanagement, wodurch Projektabläufe koordiniert werden können.<sup>284</sup> Mithilfe der Netzplantechnik, welche von PLM-Umsetzungen unterstützt wird, sollten auch hier die Anforderungen erfüllt werden können. (Vergleich dazu Kapitel 3.7)

---

<sup>280</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.42

<sup>281</sup> Vgl. Pilorget, 2010, S.192

<sup>282</sup> Vgl. DIN EN ISO 9001, 2008, S.29 und vgl. IRIS Revision 2- Fragenkatalog, 2007, S.16f

<sup>283</sup> Vgl. Arnold, 2011, S.188

<sup>284</sup> Vgl. Scheer, 2006, S.131

Nachfolgend werden die Punkte Projektumfang, Zeit-, Kosten- und Qualitätsmanagement in Projekten gemeinsam betrachtet. Es wird dabei nicht auf die genauen Fragestellungen des IRIS- Fragekatalog eingegangen, sondern vielmehr versucht, einen guten Überblick über die Anforderungen zu vermitteln. IRIS fordert bei dem Management des Projektumfanges die Sicherstellung des gesamten Arbeitsumfanges. Projekte soll dabei in Arbeitspakete (handhabbare Teilprojekte) aufgeteilt werden, welche wiederum gelenkt und verifiziert werden. Das Zeitmanagement verlangt den termingerechten Abschluss des Projektes. Dazu muss ein Projektplan erstellt werden, der die durchzuführende Tätigkeiten des Projektes beinhaltet und Abhängigkeiten der einzelnen Arbeitspakete widerspiegelt. Somit muss die Abfolge von Tätigkeiten, Ressourcenanforderungen und deren Dauer gegeben sein. Kritische Pfade (zeitkritisch) sollen früh erkannt werden. Der Projektplan muss regelmäßig bewertet, gelenkt und aufgezeichnet werden. Gegenmaßnahmen bei Abweichungen müssen eingeleitet werden, um Auswirkungen auf die Kunden zu verhindern. Bei Lieferterminänderungen müssen Kundenfreigaben eingeholt werden. Das Kostenmanagement in IRIS verlangt einen Prozess, welcher alle projektbezogene Kosten während des gesamten Projektlebenszyklus behandelt. Dazu müssen Kostenentwicklungen der einzelnen Arbeitspakete ersichtlich sein und Kosteneinsparungspotenzial identifiziert werden. Der Kostenmanagementprozess muss mit einem KPI gemessen werden. Das Qualitätsmanagement von Projekten in IRIS verlangt die Einführung eines Prozesses, welcher Projektergebnisse leitet und lenkt. Projektergebnisse beziehen sich immer auf Projektbestandteile und sind beispielsweise die Lieferererfüllung, Freigaben des Kunden oder auch das Lieferantenmanagement innerhalb des Projektes. IRIS verlangt auch die Projektbewertung an vordefinierten Projektphasen und/oder definierte Projektmeilensteine. Die Projektleistung (Effizienz) soll dabei mit Leistungsindikatoren überwacht werden.<sup>285</sup> Um all diese Anforderungen erfüllen zu können, muss den einzelnen Teilprojekten alle erforderlichen Objekte zugeordnet werden können. Die von PLM- Lösungen vorgesehene Projektmappe ermöglicht das, wodurch beispielsweise Netzpläne erstellt werden können, welche den Anforderungen von IRIS an das Zeitmanagement genügen. Materialkosten, Arbeitsschrittkosten, Ressourcen etc. können mit den Projektstrukturen verknüpft werden, wodurch wiederum Anforderungen des Kostenmanagement und Ressourcenmanagement erfüllt werden. Projektüberwachungen und Quality Gates sind vorgesehen, um Projektergebnisse beurteilen zu können. (Vergleich dazu Kapitel 3.7)

Die von IRIS gestellten Anforderungen an das Management von personellen Ressourcen in Projektmanagement beziehen auf Kompetenzen des Projektteams. Das beinhaltet die Bereitschaft zu Schulungen, Leistungsbeurteilungen, Befugnisse

---

<sup>285</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.43f und vgl. IRIS Revision 2- Fragenkatalog, 2007, S.29ff

etc.<sup>286</sup> Da viele Autoren das Personalmanagement nicht als eine Kernaufgabe einer PLM- Strategie sehen, spielt dieser Punkt in dieser Arbeit eine eher untergeordnete Rolle. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass nur durch ein funktionierendes Projektteam, Projektmanagement erfolgreich betrieben werden kann und dadurch die Bedeutung von Personalentscheidungen einen hohen Einfluss auf den Erfolg von Projekten nehmen.

Die Forderungen von IRIS an das Kommunikationsmanagement in Projekten beziehen sich auf erforderliche Kommunikationswege. So ist zur Erfüllung des Reifegradniveaus „optimiert“ bei der zugeordneten Frage ein Kommunikationssystem zwingend, welches folgendes beinhaltet:<sup>287</sup>

- zentrale Informationsdatenbank mit festgelegten Zugriffsrechten
- Aktualisierung der Informationen
- Regeln und Anleitungen zur Benutzung der Datenbank
- Informationen über Überprüfungen, Mitteilungen etc.

Neben der Möglichkeit des Zugriffes auf alle notwendigen Informationen sei hier das Rollenmodell mit seinen Zugriffsrechten nochmals erwähnt. So bieten PLM-Umsetzungen auch hier eine Grundlage dafür, erfolgreich inner- und außerhalb des Unternehmens kommunizieren zu können. (Vergleich dazu Kapitel 3.1 sowie Kapitel 3.6)

Der letzte Punkt betrifft das Management von Risiken und Chancen in Projekten. Die Organisation muss einen systematischen Prozess festlegen, um Risiken zu identifizieren, einzustufen und zu analysieren. Risikobewertungen müssen aufgezeichnet und angemessen berichtet werden, um Gegenmaßnahmen einleiten zu können.<sup>288</sup> Auch hier bietet PLM die Grundlage zur Erfüllung der Anforderungen. So kann durch eine geeignete Notation Prozesse modelliert werden, welche diese Anforderungen genügen. Es liegt jedoch in den Händen des Unternehmens, auch hier eine erfolgreiche Umsetzung zu erzielen. So sind neben Methoden und Werkzeugen zur Risikobewertung auch ausreichende Berichterstattungen an die oberste Leitung und/oder Beteiligten notwendig.

## 5.3 Lenkung von Änderungen

IRIS fordert einen Prozess und ein dokumentiertes Verfahren um auf Änderungen reagieren zu können. Änderungen beziehen sich auf die Umsetzung, Ausführung und Kontrolle während der Produktrealisierung. Der Prozess muss auch beinhalten, welche Änderungen von welchen Personen genehmigt werden müssen, um

---

<sup>286</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.44

<sup>287</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.44 und vgl. IRIS Revision 2- Fragenkatalog, 2007, S.32

<sup>288</sup> Vgl. ebenda, S.44 und vgl. ebenda, S.32

Gültigkeit zu erlangen. Es sei auch darauf hingewiesen, dass jede Änderung- egal ob von Kunden, Lieferanten, eigenem Unternehmen- bewertet und verifiziert werden muss. Validierungs- und Genehmigungsaktivitäten müssen somit vor der Änderung durchgeführt werden, um die Übereinstimmung mit den Kundenanforderungen sicherzustellen. Desweiteren müssen Prüfmechanismen eingeführt sein, damit Änderungen erst durch die Genehmigung aller betroffenen Interessensgruppen realisiert werden können. Einflüsse von Änderungen müssen gemeinsam mit dem Kunden bewertet werden, damit derer Auswirkungen auch richtig abgeschätzt werden. Im Allgemeinen gilt, dass jede Änderung die den Kunden betrifft, auch diesem vermittelt werden muss.<sup>289</sup> Die Anforderungen von IRIS an die Lenkung von Änderungen beinhaltet vier offenen Fragen und eine K.O.- Frage. An dieser Stelle werden zwei davon näher betrachtet. Eine offene Frage lautet:<sup>290</sup>

*„Wie beurteilt und überprüft die Organisation die Auswirkung jeder Änderung, einschließlich jener von Lieferanten und Kunden verursachten Änderungen?“*

Um bei dieser Frage das Reifegradniveau „definiert“ (2 Punkte) zu erlangen, muss jede Änderung entlang der gesamten Lieferkette bewertet und geprüft werden. Dies soll vor der Bestätigung bzw. Genehmigung passieren. Das Reifegradniveau „optimiert“ (4 Punkte) wird erreicht, durch Erfüllung folgender weiteren Anforderungen:<sup>291</sup>

- Bewertungen werden dokumentiert
- Änderungen werden in einem unterstützendem System registriert
- Änderungen und ihre Auswirkungen werden analysiert
- Kontinuierliche Verbesserung des gesamten Änderungsprozesses
- Zeit und Kosten der Änderungen müssen gesammelt, analysiert und dem Verursacher zugeordnet werden.

Da eine PLM- Strategie ein umfassendes Freigabe- und Änderungsmanagement (Vergleich dazu Kapitel 3.6) als Notwendig erachtet, ist auch hier ein hoher Nutzen zu erwarten. Mithilfe des Rollenmodells können dabei den Personen Rechte zugeordnet werden, um beispielsweise Genehmigungen zu erteilen. Der in Kapitel 3.6 vorgestellte Änderungsprozess beinhaltet dabei alle Anforderungen, die durch IRIS gestellt werden. Er dokumentiert, bewertet und analysiert dabei die Änderungen. Es sei auch nochmals darauf hingewiesen, dass durch die Klassifizierung von Änderungen, diese als Workflow einfach automatisiert werden können. Durch die Analyse und Archivierung der Änderungen, können auch Verbesserungsmaßnahmen eingeleitet werden.

---

<sup>289</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.46f

<sup>290</sup> IRIS Revision 2- Fragenkatalog, 2007, S.35

<sup>291</sup> Vgl. ebenda, S.35

Als zweite Frage wurde die K.O.- Frage zu diesem Thema ausgewählt. Diese lautet:<sup>292</sup>

*„Sind Validierungs- und Freigabeaktivitäten definiert, um die Einhaltung der Kundenanforderungen an Änderungen sicherzustellen bevor diese eingeführt werden?“*

Da durch ein funktionierendes Freigabemanagement den geänderten Objekten (Komponenten, Produkte) Zustände zugeteilt werden, welche wiederum definiert sind und nur von bestimmten Personen freigegeben werden können, kann bei einer erfolgreichen PLM- Umsetzung diese Frage mit „Ja“ beantwortet werden. Durch den richtigen Aufbau des Änderungsprozesses können deshalb Freigaben erst nach Bestätigung des Kunden erfolgen. (Vergleich dazu Kapitel 3.1 sowie Kapitel 3.6)

## 5.4 Konfigurationsmanagement

IRIS fordert einem dem Produkt angemessenen Prozess für das Konfigurationsmanagement. Dieser soll dokumentiert sein und ständiger Verbesserung unterzogen werden. Das Management muss dabei bei Vertragsbeginn eine Liste mit Produkten bzw. Komponenten definieren, deren Konfigurationen geleitet und gelenkt werden. Der Kunde muss diese Liste auch genehmigen. Konfigurationen müssen auch Teil des Änderungsmanagement sein. Als letzten Punkt fordert IRIS die ständige Rückverfolgbarkeit der einzelnen Produkte bzw. Komponenten.<sup>293</sup>

Wie in Kapitel 3.6 beschrieben, zählt das Konfigurationsmanagement zu den zentralen Elementen einer PLM- Strategie. Produktstrukturen, Versionen und Varianten bilden dabei die Grundlage für ein erfolgreiches Konfigurationsmanagement. Es sei auch darauf hingewiesen, dass eine eindeutige Identifizierung der einzelnen Teile notwendig ist und somit das Klassifizierungsmanagement ein weiterer Bestandteil der Konfiguration ist. Um bei der offenen Frage zu diesem Thema das Reifegrad „optimiert“ zu erlangen, wird neben einer ständigen Verbesserung der Konfigurationsmanagementprozesses auch eine Unterstützung durch entsprechende Softwaretools gefordert. Auch hier sind parallelen zum PLM- Gedanken zu sehen, da auch hier Werkzeuge zur Unterstützung empfohlen werden. (Vergleich dazu Kapitel 3.6)

## 5.5 Erstmusterprüfung (FAI)

Bei Produkten mit langen Betriebszyklen, wie es in der Schienenfahrzeugindustrie verlangt wird, spielt die Erstmusterprüfung (engl.: First Article Inspection, FAI) eine

---

<sup>292</sup> IRIS Revision 2- Fragenkatalog, 2007, S.36

<sup>293</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.45

wichtige Rolle. Durch diese Prüfung erfolgt die Freigabe für die Serienfertigung und kann somit als Schlüsselmeilenstein im Produktionsprozess angesehen werden. Zweck der FAI ist es, den Nachweis zu liefern, dass das repräsentative Produkt einer Serie den vereinbarten oder definierten Vorgaben entspricht. Diese Verifizierung des Produktionsprozesses gibt Hersteller, Kunden und Lieferanten darüber Auskunft, inwieweit der Ist- Zustand vom Soll- Zustand des Produktes abweicht. Dadurch werden Qualitätsrisiken und –kosten für alle Seiten minimiert. Auch Probleme bei der Produkthaftung können damit beseitigt werden.<sup>294</sup>

IRIS fordert von der Organisation ein dokumentiertes Verfahren, in dem die Prüfung, Verifizierung und Dokumentation des „Erstmuster“ vorgesehen ist. Eine FAI muss erfolgen, wenn es sich um ein neues Produkt handelt oder nachträglich Änderungen an einem bestehenden Produkt vorgenommen wurden und dadurch die vorherige FAI ungültig ist. Bei Einzelanfertigungen entspricht die Validierung die FAI. Diese Forderungen an die Erstmusterprüfungen beziehen sich auf eine K.O.- Frage und besitzen daher höchste Priorität. Desweiteren fordert IRIS einen Prozess, um eine FAI zu planen, initiieren und durchzuführen. Nachweise von der Überprüfung der Ergebnisse des Produktionsprozesses müssen vorhanden sein. Die Prozessleistung sollte auch mit einem KPI gemessen werden. Die letzte Anforderung/ Frage betrifft Lieferanten. Dabei muss sichergestellt werden, dass es eindeutig festgelegte und vereinbarte Kriterien gibt, wann beim Lieferanten das FAI- Verfahren und der FAI- Prozess angewendet werden muss. Die FAI- Daten müssen dabei systematisch registriert und analysiert werden. Um das Reifegradniveau „optimiert“ zu erreichen, muss die FAI Prozedur auf dem Gelände des Lieferanten erfolgen, wo der Produktionsprozess des Lieferanten mit Focus auf kritische und spezielle Prozesse überprüft wird.<sup>295</sup>

Die Hauptforderung an die Erstmusterprüfung betrifft auch hier das Vorhandensein eines dokumentierten Verfahren und Prozesses. Somit müssen Informationen vorhanden sein und gelenkt werden können. Die Kernelemente von PLM- Umsetzungen (Vergleich dazu Kapitel 3) können deswegen auch hier als die Basis angesehen werden, um effiziente Abläufe zu gewerkstelligen.

## 5.6 Inbetriebnahme/ Kundendienst

Wie schon mehrfach erwähnt, haben spätere Lebenszyklusphasen in der Schienenfahrzeugindustrie eine hohe Bedeutung. IRIS widmet deshalb der Inbetriebnahme und dem Kundendienst ein eigenes Kapitel. Ist der Kundendienst vertraglich vereinbart, fordert die Norm ein Prozess, um die Inbetriebnahme bzw. den Kundendienst aufrechtzuerhalten. Die Anforderungen an diesen Prozess werden

---

<sup>294</sup> Vgl. DIN EN 9102, 2006, S.4 und vgl. Schnauder, 1998, S.84

<sup>295</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.45 und Vgl. IRIS Revision 2- Fragenkatalog, 2007, S.33

dabei in vier Punkte unterteilt, wobei der Erste sich auf eine K.O.- Frage bezieht.<sup>296</sup>  
Der Prozess muss folgendes umfassen:<sup>297</sup>

- ergreifende Maßnahmen, wenn nach Auslieferung Probleme festgestellt werden, einschließlich Untersuchung, Berichterstattungstätigkeiten sowie Maßnahmen zu Kundendienstangaben
- Lenkung und Aktualisierung der technischen Dokumentaton und ihrer Veröffentlichung
- Freigabe, Lenkung und Verwendung von Reparaturprogrammen
- Lenkung und Leitung des Konsignationslagers

Eine weitere Forderung richtet sich an eine angemessene Unterstützung des Kunden, während der Inbetriebnahme. Das bedeutet eine Unterstützung bei der vollständigen Validierung des Produktes, der Abnahme durch den Kunden und während der Gewährleistungszeit.<sup>298</sup> Die Über- und Abnahme durch den Kunden markiert dabei den Beginn der Gewährleistungsfrist, wodurch gleichzeitig eine Beweislastumkehr stattfindet.<sup>299</sup> Desweiteren müssen geeignete Ressourcen verfügbar sein, um den Kunden bei den Tätigkeiten im Betrieb zu unterstützen. Das beinhaltet insbesondere die Lieferung von Ersatzteilen. Die letzte Forderung von IRIS an die Organisation richtet sich an das Prozessmanagement. So müssen Instandhaltungsverträge gemäß den in der Produktrealisierung definierten Anforderungen geleitet und gelenkt werden. Um diese Anforderung vollständig zu erfüllen, müssen alle notwendigen dokumentierte Verfahren und Prozesse des Abschnittes „Produktrealisierung“ für Instandhaltungsprozesse übernommen und eingeführt werden. Effiziente und ständige Verbesserung des Instandhaltungsprozesses muss dabei nachweisbar sein.<sup>300</sup>

Dieses Kapitel hat vor allem das Ziel, die Kundenzufriedenheit in den Mittelpunkt zu rücken. Anforderungen richten sich deshalb an die Unterstützung während der Inbetriebnahme bis zum Ende der Gewährleistung. In diesem Rahmen spielen natürlich vertraglich vereinbarte Leistungen eine entscheidende Rolle, weshalb der Dokumentationen große Aufmerksamkeit gewidmet wird. Dies zeigt sich in der Forderung nach allen Prozessen und zu dokumentierenden Verfahren die während der Produktrealisierung notwendig sind. Auch hier gilt deshalb wieder, dass durch eine geeignete PLM- Umsetzung die Grundlage zur Umsetzung geleistet werden kann. (Vergleich dazu Kapitel 3)

---

<sup>296</sup> Vgl. ebenda, S.45 und vgl. ebenda, S.33

<sup>297</sup> IRIS Revision 2, 2007, S.45

<sup>298</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.45

<sup>299</sup> Vgl. Hofbauer, 2011, S.85

<sup>300</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.46

## 5.7 RAMS/ LCC

Die Abkürzung RAMS steht für Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit. (engl.: Reliability, Availability, Maintainability, Safety) Diese Methode ist in der DIN EN 50126 definiert und repräsentiert Ziele der Verfügbarkeit und Sicherheit. Diese lassen sich jedoch nur verwirklichen, wenn die Zuverlässigkeits- und Instandhaltungsanforderungen permanent erfüllt werden.<sup>301</sup> Die Verfügbarkeit und Sicherheit erfordert deshalb folgende Angaben:<sup>302</sup>

- Systemausfallraten
- Analyse möglicher Gefährdungen
- Wahrscheinlichkeit des Eintreffens eines Ausfalls
- Wirkung eines Ausfalls auf die Funktionalität eines Systems (FMEA- Analyse)
- Kenntnis der Instandhaltung, basierend auf Reparaturzeitangaben

RAMS wird bei Industrien mit hohen Investitionsvolumen und Risikopotentialen verwendet. Deshalb spielt diese Methode gerade bei Sicherungssystemen im Bahnwesen eine wesentliche Rolle. RAMS soll mithilfe Fehler bereits früh zu erkennen und muss deshalb ein integraler Bestandteil des Entwicklungsprozesses sein. Der RAMS- Prozess ist jedoch erst abgeschlossen, wenn das Produkt/ Komponente die letzte Lebenszyklusphase durchlaufen hat. Die Verfügbarkeit hat auch erheblichen Einfluss auf die Lebenszykluskosten. So können höhere Anfangskosten zu einer verbesserten Funktionsfähigkeit bzw. Instandhaltbarkeit führen. Dadurch wird eine höhere Verfügbarkeit gewährleistet und Kosten von späteren Lebenszyklusphasen fallen niedriger aus. RAMS wird deshalb für Aussagen über Lebenszykluskosten herangezogen und ist somit auch im PLM integriert.<sup>303</sup>

IRIS fordert von der Organisation ein dokumentiertes Verfahren, welches alle RAMS- Tätigkeiten abdeckt. Das beinhaltet Berechnung, Dokumentation, Datensammlung, -analyse, Verbesserungspläne und deren Umsetzung. Ressourcen für die Lenkung von RAMS- Aktivitäten müssen vorhanden sein. Weitere Anforderungen richten sich an die Wartungsfähigkeiten von Produkte. Diese müssen ein integraler Bestandteil des Design- und Entwicklungsprozess sein. Wartungskonzepte müssen dabei ausgearbeitet werden.<sup>304</sup>

IRIS fordert von der Organisation einen Prozess, der Lebenszykluskosten (LCC) leitet und lenkt. Dieser sollte auch in einem dokumentierten Verfahren festgelegt

---

<sup>301</sup> Vgl. Bandow, 2009, S.746f

<sup>302</sup> Strunz, 2012, S.71f

<sup>303</sup> Vgl. Bandow, 2009, S.746f und vgl. DIN EN 60300-3-3, 2004, S.9

<sup>304</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.46 und vgl. IRIS Revision 2- Fragenkatalog, 2007, S.34

sein. Er kann Teil des Kostenmanagement sein (siehe Projektmanagement) und muss mit anwendbaren Normen in Einklang sein.<sup>305</sup>

Die DIN EN 60300-3-3 beschreibt ein geeignetes Berechnungsmodell für LCC. Ziel dieses Modell ist es, Kostentreiber zu identifizieren und dadurch die Rentabilität von Projekten/ Produkten zu gewährleisten.<sup>306</sup> Der LCC- Prozess umfasst dabei folgende Phasen:<sup>307</sup>

- Plan zur Ermittlung der Lebenszykluskosten (einschließlich der Definition der Ziele der Lebenszykluskosten-Analyse)
- Auswahl oder Entwicklung eines LCC-Modells;
- Anwendung eines LCC-Modells;
- Dokumentation der Ermittlung der Lebenszykluskosten;
- Überprüfung der Ergebnisse der Lebenszykluskosten;
- Fortschreibung der Analyse.

Der Analyse- Plan sollte am Beginn des Prozesses dokumentiert werden und beinhaltet neben den Zielsetzungen, Angaben über Umfang, Identifizierung aller zugrundelegenden Bedingungen und die Erarbeitung eines Berichtszeitplan, damit Analyseauswertungen für entsprechende Entscheidungsprozesse fristgerecht verfügbar sind. LCC- Modelle haben ihren eigenen Anwendungsbereich. So ist es manchmal erforderlich, ein Modell für ein spezifisches Problem zu entwickeln. Der Auswahl eines geeigneten LCC- Modells kommt deshalb eine besondere Bedeutung zu. Zur Ermittlung der gesamten LCC ist es notwendig, das Produkt in seine Kostenelemente zu zerlegen. Das LCC- Modell umfasst deshalb die Modellierung der Kostengliederungs- und der Produktaufbruchsstruktur. Während die Kostengliederungsstruktur die Kosten auf die einzelnen Lebenszyklusphasen aufbricht, beinhaltet die Produktaufbruchsstruktur den Aufbruch in tiefere Gliederungsebenen. Mithilfe von diesem Aufbruch und in Verbindung mit einer Auswahl von Kostenarten ist es möglich, die einzelnen Kostenelemente zu identifizieren und dadurch Aussagen über LCC zu treffen.<sup>308</sup>

Neben den bereits erwähnten Anforderungen von IRIS an RAMS und LCC, ist die Schaffung der benötigten Datenbasis für diese Prozesse eine weitere wesentliche Forderung. So beziehen sich offene Fragen auf die Unterstützung der Datensammlung vor, während und nach der Garantiezeit. Um hier das Reifegradniveau „optimiert“ zu erreichen, muss die Datenerfassung Erfahrungen aus der Vergangenheit beinhalten, der Kundendienst muss RAMS/LCC- Daten sammeln

---

<sup>305</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.46

<sup>306</sup> Vgl. DIN EN 60300-3-3, 2005, S.7

<sup>307</sup> DIN EN 60300-3-3, 2005, S.18

<sup>308</sup> Vgl. DIN EN 60300-3-3, 2005, S.11ff

und zur Verfügung stellen und die Wirksamkeit des Modells muss ständig verbessert werden.<sup>309</sup>

Um RAMS- und LCC- Prozesse erfolgreich umsetzen zu können, muss eine sorgfältige Datenanalyse und -sammlung erfolgen. PLM hat zum Ziel, alle benötigten Daten zur Verfügung zu stellen und stellt deshalb die Grundlage dar, um diese Konzepte umzusetzen. Die Vernetzung und Korrelation von produktbezogenen Daten mit betriebswirtschaftlichen Kenngrößen stellt eine weitere wesentliche Gemeinsamkeit dar. (Vergleich dazu Kapitel 2.2 sowie Kapitel 2.3)

## 5.8 Obsoleszenzmanagement

Obsoleszenz kommt vom lateinischen Begriff *obsolet* und bedeutet veraltet bzw. nicht mehr gebräuchlich.<sup>310</sup> Durch die lange Nutzungsdauer der Schienenfahrzeuge ist ein hoher Aufwand notwendig, die Verfügbarkeit der Produkte und der Ersatzteile über den gesamten Lebenszyklus sicher zu stellen. Obsoleszenz ist dabei unausweichlich. Gründe hierfür sind, dass Teile ihre Funktionsfähigkeit nicht mehr erfüllen oder die Teile vom Originalhersteller nicht mehr erhältlich sind. Obsoleszenz führt dabei zur Änderung oder Erneuerung eines Produktes, wobei häufig ganze Serien betroffen sind. Änderungen können sich auch auf geltende Regelwerke für die Zulassung auswirken, wodurch zeit- und kostenintensive Teilzulassungen in den einzelnen Ländern die Folge wären. Darüber hinaus stellt die Handhabung von Änderungen der Normen und Gesetzeslagen eine große Herausforderung in der Schienenfahrzeugindustrie dar. Die Betreuung der Produkte in den späteren Lebenszyklusphasen führt somit zu hohen Kosten, weshalb die Ersatzteilversorgung an Bedeutung gewinnt. Ziel von Hersteller und Betreiber ist es deshalb, gemeinsam für den gesamten Produktlebenszyklus Lösungen zu entwickeln und realisieren, um die Verfügbarkeit der Produkte zu gewährleisten.<sup>311</sup>

Die DIN EN 62402 gibt eine Anleitung zur Ausführung des Obsoleszenzmanagement. Durch vorausschauende und sorgfältige Planung sollen die Auswirkungen von Obsoleszenzen minimiert werden und dadurch hohe Kosten sparen. Obsoleszenzmanagement muss dabei ein integraler Bestandteil aller Produktlebenszyklusphasen sein. Der vorgestellte Prozess (Abbildung 20) soll deswegen Produktlebenszykluskosten mitberücksichtigen und anwenden.<sup>312</sup> Zuverlässigkeitsmanagement beinhaltet Obsoleszenzmanagement, weshalb der Prozess sicherstellt, dass die Verwendbarkeit der Produkte über den gesamten

---

<sup>309</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.46 und vgl. IRIS Revision 2- Fragenkatalog, 2007, S.35

<sup>310</sup> Vgl. Wilhelm, 2011, S.20

<sup>311</sup> Vgl. VDB- Positionspapier, 2013, S.1f und vgl. DIN EN 62402, 2007, S.5

<sup>312</sup> Vgl. DIN EN 62402, 2007, S.5

vorgesehenen Lebenszyklus gegeben ist. Das beinhaltet auch eine wirtschaftliche und praktikable Bereitstellung von Ersatzteilen und Unterstützungsaktivitäten.<sup>313</sup>

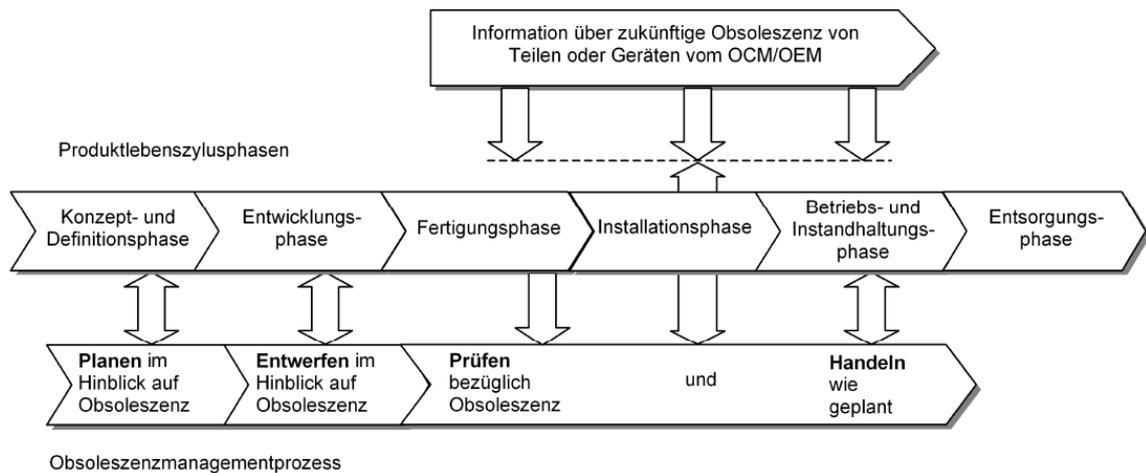


Abbildung 20: Obsoleszenzmanagementprozess<sup>314</sup>

„Planen im Hinblick auf Obsoleszenz“ beinhaltet die Entwicklung eines Obsoleszenzmanagementplan im Rahmen des Produktlebenszyklusmanagement. Der Plan soll dabei Strategien für die Erkennung und Minderung der Auswirkungen von Obsoleszenz über alle Stadien des Produktlebenszyklus beschreiben. Die Planung kann dabei für die gesamte Organisation oder auch auf Projektebene durchgeführt werden. „Entwerfen im Hinblick auf Obsoleszenz“ bedeutet die Ausführung von vorausschauenden Maßnahmen. Diese sollten so früh wie möglich eingesetzt werden. Die Prüfung von Obsoleszenz und das Handeln nach dem entwickelten Plan stellen sicher, dass Obsoleszenz erkannt und bei Auftritt geeignet reagiert wird.<sup>315</sup>

Die IRIS- Norm fordert einen Prozess, der die Verfügbarkeit der gelieferten Produkte und der Ersatzteile über die definierte und vereinbarte Lebensdauer sicherstellt. Neben dieser Minimumanforderung soll ein Obsoleszenzmanagementplan eingeführt sein, welcher Strategien für Alternativvarianten, Ansatz für Lagerungen und Ansätze zur Kompatibilität von Gestaltung, Passform und Funktion beinhaltet. Eine proaktive Kommunikation mit dem Kunden bezüglich des Risikomanagement und eine kontinuierliche Verbesserung des Obsoleszenzmanagementprozesses sind weitere Anforderungen.<sup>316</sup>

Die Anwendung von Obsoleszenzmanagement über den gesamten Lebenszyklus ist ein erstes Indiz dafür, dass PLM Strategien auch hier gut mit den Anforderungen von IRIS vereinbar sind. Es gilt wieder, dass Informationen benötigt werden, welche in Prozessen verbraucht werden. PLM unterstützt bei der Informationsverarbeitung,

<sup>313</sup> Vgl. DIN EN 62402, 2007, S.11

<sup>314</sup> Abbildung entnommen aus DIN EN 62402, 2007, S.11

<sup>315</sup> Vgl. DIN EN 62402, 2007, S.11 und S.14ff

<sup>316</sup> Vgl. IRIS Revision 2, 2007, S.46 und vgl. IRIS Revision 2- Fragenkatalog, 2007, S.35

jedoch gilt auch hier, dass Informationssysteme von der Qualität der Daten abhängig sind, wodurch es wiederum in den Händen des Unternehmen liegt, die richtigen Informationen zu gewinnen. So müssen Informationen über alternative Varianten, Lagerinformationen etc. eingeholt und richtig genutzt werden.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Um die Frage zu beantworten, inwieweit ein Nutzen bei der IRIS- Zertifizierung durch eine erfolgreiche PLM- Umsetzung möglich ist, mussten die Anforderungen von IRIS mit den Möglichkeiten von PLM- Strategien verglichen werden.

Zu den Grundpfeilern der IRIS- Norm zählt ein prozessorientierten Ansatz. Dieser verlangt dabei formal beschriebene Prozesse, welche bestimmt, geleitet und gelenkt werden müssen. Kundenanforderungen stehen dabei im Mittelpunkt und stellen wesentliche Inputs für die Prozesse dar. Ziel ist es die Leistungsfähigkeit der Organisation ständig zu erhöhen, wodurch sich eine kontinuierliche Verbesserung zwischen den Anforderungen des Kunden und der erreichten Kundenzufriedenheit einstellen wird. Die Dokumentation stellt einen weiteren wesentlichen Eckpfeiler der Norm dar. So gilt, was nicht dokumentiert ist, kann nicht nachvollzogen werden und ist somit unbrauchbar. Die Wichtigkeit von Prozessdenken und Dokumentation zeigt sich in 16 zu dokumentierte Verfahren und 25 zu dokumentierenden Prozessen.

Die ISO 9001 bzw. IRIS ist ein sehr allgemeingültig abgefasstes Normenwerk. Die Anforderungen sind dabei ähnlich wie Gesetze verfasst.<sup>317</sup> Wie aus Kapitel 5 ersichtlich, beziehen sich Forderungen auf die Notwendigkeit von Informationen, welche generiert, gelenkt und überwacht werden müssen. Als Beispiel soll die K.O.- Frage des Kapitels Projektmanagement angeführt werden. Diese lautet:<sup>318</sup>

*„Hat die Organisation einen Projektmanagement- Prozess oder einen Prozess für die Entwicklung von neuen Produkten eingeführt, welcher die anwendbaren Bereiche des Projektmanagements behandelt und die Funktionen und Verantwortlichkeiten beschreibt und alle entsprechende Funktionen der Organisation in ein fachübergreifendes Team einbindet? Wird die Leistung des Prozesses mit einem Schlüsselleistungsindikator gemessen?“<sup>319</sup>*

Der meist hohe Auftragswert bei Projekten in der Schienenfahrzeugindustrie führt dazu, dass dieser Prozess eine hohe Komplexität aufweist. Der Prozess benötigt deshalb eine große Menge an Informationen über Anwendung, Funktionen, Verantwortlichkeiten etc. Grundvoraussetzung zur Erfüllung der Forderung ist das Vorhandensein von Informationen, bevor diese durch den Prozess gelenkt und durch das Messen der Prozessleistung überwacht werden können. Ähnlich diesem Beispiel, können viele Fragen auf die Notwendigkeit und das Lenken von bestimmten Informationen zurückgeführt werden.

<sup>317</sup> Vgl. Brüggemann, 2012, S.124

<sup>318</sup> IRIS Revision 2, 2007, S.62

<sup>319</sup> IRIS Revision 2- Fragekatalog, 2007, S.29

Product Lifecycle Management ist eine Strategie und hat zum Ziel, Informationen die das Produkt betreffen über den gesamten Produktlebenszyklus zu integrieren. Der Lebenszyklus beginnt dabei bei der Idee und endet beim Recycling. Neben der Integration von Daten und Prozessen, versucht eine erfolgreiche PLM- Umsetzung auch eine Vernetzung mit den betriebswirtschaftlichen Kenngrößen zu erreichen. Rückgrat von PLM ist dabei meist ein funktionsfähiges Produktdatenmanagementsystem. (PDMS) Dieses beinhaltet die Grundbausteine Produktmodell, Prozessmodell und Rollenmodell, wodurch der Ablauf von Kernfunktionen, wie beispielsweise Klassifizierungs-, Workflow-, Freigabe-, Konfigurationsmanagement etc. bewerkstelligt werden kann.

PLM bietet die Grundlage zur IRIS- Zertifizierung. Die von der IRIS- Norm geforderten Informationen und damit benötigte Daten werden in einer integrierten und übergreifenden Systemarchitektur gespeichert und verwaltet. Diese Architekturen sind nicht an ein bestimmtes Erzeugersystem gebunden und ermöglichen somit durch standardisierte Schnittstellen den Austausch von Daten über die gesamte Lieferkette. Datenbankmanagementsysteme spielen in diesem Zusammenhang eine wesentliche Rolle. Sie verwalten die Datenbanken und sorgen somit, dass die Daten redundanzfrei, sicher und vollständig gespeichert werden. Die Kernfunktionen organisieren letztendlich „nur noch“ die Zugriffe der Benutzer auf diese Datenbanken. Durch die Grundbausteine Produktmodell, Prozessmodell und Rollenmodell können die von der IRIS- Norm geforderten Informationsflüsse geregelt und gelenkt werden.

Ähnlich der IRIS- Norm, stehen auch bei einer erfolgreichen PLM- Umsetzung die Prozesse im Mittelpunkt des Geschehen und es erfolgt eine Ausrichtung der Daten auf die Prozesse. Durch gezieltes Prozess- und Workflowmanagement können Prozesse grafisch modelliert und (falls notwendig) automatisiert werden. Die Wichtigkeit von Kundenanforderungen spiegelt sich in der Betrachtung des gesamten Produktlebenszyklus nieder, da dadurch auch eine Einbeziehung von Kunden und Lieferanten entsteht.

Neben dem Projektmanagement spielen bei IRIS vor allem die für die Schienenfahrzeugindustrie wesentlichen späteren Lebenszyklusphasen eine wesentliche Rolle. So beziehen sich zusätzliche Anforderungen an die Erstmusterprüfung (FAI), Inbetriebnahme, Kundendienst oder auch Obsoleszenzmanagement. Produktlebenszykluskosten, Instandhaltung, Konfigurationen und Änderungen sind weitere IRIS spezifische Themen. Diese wurden in Kapitel 5 genauer untersucht. Es zeigt sich, dass durch PLM hier ein besonders hoher Nutzen zu erwarten ist. So gibt es Kernfunktionen, die sich speziell mit Projekten, Änderungen und Konfigurationen beschäftigen. Die weiteren Anforderungen der einzelnen Punkte beziehen sich Großteils auf notwendige

Verfahren und Prozesse und derer Freigaben. Wie bereits erwähnt, können durch ein funktionierendes Produkt-, Prozess- und Rollenmodell die Forderungen erfüllt werden.

Die IRIS- Anforderungen sind meist sehr allgemein formuliert und schreiben deshalb keine konkreten Methoden oder Werkzeuge vor. So ist es nicht zwingend notwendig, aufwendige und teure Informationssysteme zu installieren. Es liegt deshalb in den Händen des Unternehmens, wie Informationen generiert und entsprechend gelenkt und dokumentiert werden. Auch durch die Unterstützung eines PLM- Konzeptes bleibt es immer Aufgabe der Unternehmensleitung entsprechende Informationen einzuholen. In diesem Zusammenhang sei nochmals auf das Kapitel „Verantwortung der Leitung“ verwiesen, wo versucht wird, eben diese Verantwortung an die Führungsebene zu geben. PLM bietet jedoch ein geeignetes Grundgerüst, um Informationen über den gesamten Produktlebenszyklus einzuholen und dementsprechend zu lenken. PLM wird deshalb ein hoher Nutzen zugesprochen bei der IRIS- Zertifizierung, wobei gilt, dass eine erfolgreiche PLM- Strategie immer die Unterstützung der Unternehmensleitung benötigt.

## 7 Literaturverzeichnis

### 7.1 Verwendete Literatur

Allweyer, Thomas: BPMN 2.0- Business Process Model and Notation- Einführung in den Standard für die Geschäftsprozessmodellierung, Norderstedt, 2009

Arnold, Volker; Dettmering, Hendrik; Engel, Torsten; Karcher, Andreas: Product Lifecycle Management beherrschen- Ein Anwenderhandbuch für den Mittelstand, 2. Auflage, Berlin, 2011

Bandow, Gerhard; Schäfer, Friedrich- Wilhelm: Ganzheitliche Instandhaltung-Strukturen und Strategien, aus Früh, K.F.; Maier U.; Schaudel, D. (Hrsg.): Handbuch der Prozessautomatisierung- Prozessleittechnik für verfahrenstechnische Anlagen, 4. Auflage, München, 2009

Bausch, Lore Kern; Jeckle, Mario: Datenbanken, aus Schneider, Uwe (Hrsg.): Taschenbuch der Informatik, 6. Auflage, München, 2007

Becker, Jörg; Luczak, Holger: Workflowmanagement in der Produktionsplanung und –steuerung - Qualität und Effizienz in der Auftragsabwicklung steigern, Berlin, 2003

Bitzer, Michael Alexander: Entwicklung einer Methode zur prozessorientierten Planung und Optimierung von Product Lifecycle Management Lösungen- am Beispiel der Automobilindustrie, Kaiserslautern, 2008

Brahm, Markus; Fletscher, Andrew; Pargmann, Hergen: Workflow management with SAP WebFlow- A practical manual, Berlin, 2004

Brüggemann, Holger; Bremer, Peik: Grundlagen Qualitätsmanagement- Von den Werkzeugen über Methoden zum TQM, Wiesbaden, 2012

Czuchra, Waldemar: UML in logistischen Prozessen- Graphische Sprache zur Modellierung der Systeme, Wiesbaden, 2010

Dangelmaier, Wilhelm: Theorie der Produktionsplanung und –steuerung- Im Sommer keine Kirschpralinen?, Heidelberg, 2009

Dickmann, Philipp: Schlanker Materialfluss mit Lean Production, Kanban und Innovationen, Berlin, 2009

DIN 199-1: Technische Produktdokumentation- CAD- Modelle, Zeichnungen und Stücklisten- Begriffe, Berlin, 2002

DIN 4000-1: Sachmerkmal- Listen- Begriffe und Grundsätze, Berlin, 2012

- DIN 6763: Nummerung- Grundbegriffe, Berlin, 1985
- DIN 6789-Teil 1: Dokumentationssystematik- Aufbau Technischer Produktdokumentationen, Berlin, 1990
- DIN 6789- Teil 2: Dokumentationssystematik- Dokumentensätze Technischer Produktdokumentationen, Berlin, 1990
- DIN 6789- Teil 4: Dokumentationssystematik- Inhaltliche Gliederung Technischer Produktdokumentationen, Berlin, 1995
- DIN 6789- Teil 5: Dokumentationssystematik- Freigabe in der Technischen Produktdokumentation, Berlin 1995
- DIN 69901-5: Projektmanagement- Projektmanagementsysteme- Begriffe, Berlin, 2009
- DIN EN 60300-3-3: Zuverlässigkeitsmanagement- Anwendungsleitfaden- Lebenszykluskosten, Berlin, 2005
- DIN EN 62402: Anleitung zum Obsoleszenzmanagement, Berlin, 2005
- DIN EN 9102: Luft- und Raumfahrt- Qualitätsmanagementsysteme- Erstmusterprüfung, Berlin, 2006
- DIN EN ISO 9000: Qualitätsmanagementsysteme- Grundlagen und Begriffe, Berlin, 2005
- DIN EN ISO 9001: Qualitätsmanagementsysteme- Anforderungen, Berlin, 2008
- DIN ISO 10007: Qualitätsmanagement- Leitfaden für Konfigurationsmanagement, Berlin, 2004
- Eigner, Martin; Stelzer, Ralph: Product Lifecycle Management- Ein Leitfaden für Product Development, 2. Auflage, Berlin, 2009
- Elmasri, Ramez; Navathe, Sham: Grundlagen von Datenbanksysteme, München, 2009
- Feldhusen, Jörg; Gebhardt, Boris: Product Lifecycle Management für die Praxis- Ein Leitfaden zur modularen Einführung, Umsetzung und Anwendung, Heidelberg, 2008
- Finger, Patrick; Zeppenfeld, Klaus: SOA und WebServices, Berlin, 2008
- Freund, Jakob; Götzer, Klaus: Vom Geschäftsprozess zum Workflow- Ein Leitfaden für die Praxis, München, 2008

- Gadatsch, Andreas: Grundkurs Geschäftsprozessmanagement- Methoden und Werkzeuge für die IT- Praxis: Eine Einführung für Studenten und Praktiker, 7. Auflage, Wiesbaden, 2012
- Gausemeier, Jürgen; Plass, Christoph; Wenzelmann, Christoph: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung- Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen, München, 2009
- Gerhard, Detlef: Produktdatenmanagement, Wien, 2011
- Giefing, Hannes: Ein Beitrag zur Modularisierung und Plattformbildung im Schienenfahrzeugbau, Wien, 2006
- Grabowski, Hans; Anderl, Reiner; Polly, Adam; Warnecke, Hans- Jürgen: Integriertes Produktmodell, Berlin, 1993
- Hachtel, Günther; Holzbaur, Ulrich: Management für Ingenieure- Technisches Management für Ingenieure in Produktion und Logistik, Wiesbaden, 2009
- Hänsch, Kathleen; Endig, Martin: Informationsmanagement in der Instandhaltung, aus: Schenk, Michael (Hrsg.): Instandhaltung technischer Systeme- Methoden und Werkzeuge zur Gewährleistung eines sicheren und wirtschaftlichen Anlagenbetriebs, Berlin, 2009
- Hecht, M.; Kleemann, U.; Polach O.: Schienenfahrzeuge, aus: Grote, K.-H.; Feldhusen J. (Hrsg.): Doppel- Taschenbuch für den Maschinenbau, 23. Auflage, Berlin, 2011
- Herrmann, Christoph: Ganzheitliches Life Cycle Management- Nachhaltigkeit und Lebenszyklusorientierung in Unternehmen, Berlin, 2010
- Hofbauer, Günter; Rau, Daniela: Professionelles Kundendienstmanagement- Strategien, Prozess, Komponenten, Erlangen, 2011
- Hoffjan, Andreas; Schroll, Stefan: Modell zur wertorientierten Unternehmenssteuerung und seine Anwendung im Anlagenbau, aus Bandow, Gerhard; Holzmüller, Hartmut H. (Hrsg.): Das ist gar kein Modell!- Unterschiedliche Modelle und Modellierungen in Betriebswirtschaftslehre und Ingenieurwissenschaften, Wiesbaden, 2010
- IRIS- International Railway Industry Standard: Deutsche Revision 02, Brüssel, 2009
- IRIS- International Railway Industry Standard- Fragenkatalog: Deutsche Revision 02, Brüssel, 2009
- Jacobs, Jens: Produktlebenszyklusorientiertes Controlling am Beispiel des produktbezogenen Businessplans, Siegen, 2009

Jakoby, Walter: Projektmanagement für Ingenieure- Ein praxisnahes Lehrbuch für den systematischen Projekterfolg, 2. Auflage, Wiesbaden, 2013

Kirchner, Christian: Liberalisierungsindex Bahn 2011- Marktöffnung: Eisenbahnmärkte der Mitgliedsstaaten der Europäischen Union, der Schweiz und Norwegens im Vergleich, 4. Auflage, Brüssel, 2011

Kleinschmidt, Peter; Rank, Christian: Relationale Datenbanksysteme- Eine praktische Einführung, 3. Auflage, Berlin, 2005

Krafzig, Dirk; Banke, Karl; Slama, Dirk: Enterprise SOA- Wege und best practices für serviceorientierte Architekturen, Heidelberg, 2007

Krause, Frank- Lothar; Franke, Hans- Joachim; Gausemeier, Jürgen: Innovationspotenziale in der Produktentwicklung, München, 2007

Krause, Lars: Methode zur Implementierung von integriertem Produktdatenmanagement (PDM), Berlin, 2001

Langlotz, Martin: Konzept zur Unterstützung von Entscheidungsprozessen in der Produktentwicklung durch Product Lifecycle Management am Beispiel des Änderungswesen, Kaiserslautern, 2011

Lassmann, Wolfgang: Wirtschaftsinformatik- Nachschlagewerk für Studium und Praxis, Wiesbaden, 2006

Laudon, Kenneth C.; Laudon, Jane Price; Schoder, Detlef: Wirtschaftsinformatik- Eine Einführung, 2. Auflage, München, 2010

Litke, Hans- Dieter; Kunow, ilonka: Projektmanagement, 5.Auflage, Planegg, 2006

Masak, Dieter: SOA?- Serviceorientierung in Business und Software, Berlin, 2007

Matthiessen, Günter; Unterstein, Michael: Relationale Datenbanken und Standard-SQL- Konzepte der Entwicklung und Anwendung, münchen 2008

Meier, Andreas: relationale und postrelationale Datenbanken, Berlin, 2010

Meister, Vera: Grundlagen betrieblicher Anwendungssysteme, Integrative Lösungsansätze für die betriebliche Praxis, Renningen, 2011

Mertens, Peter: Integrierte Informationsverarbeitung 1- Operative Systeme in der Industrie, 17. Auflage, Wiesbaden, 2009

Müller, Joachim: Workflow- based Integration- Grundlagen, Technologien, Management, Heidelberg, 2005

- Pernul, Günther; Unland, Rainer: Datenbanken in Unternehmen- Analyse, Modellbildung und Einsatz, München, 2003
- Pfizinger, Elmar: Qualitätsmanagement nach DIN EN 9000 ff. in Dienstleistungsunternehmen, Berlin, 2010
- Pilorget, Lionel: MIIP: Modell zur Implementierung der IT- Prozesse, Wiesbaden, 2010,
- Rempp, Gerhard; Akermann, Mark; Löffler, Martin; Lehmann, Jens: Model Driven SOA- Anwendungsorientierte Methodik und Vorgehen in der Praxis, Heidelberg, 2011
- Rumpe, Bernhard: Modellierung mit UML- Sprache, Konzepte und Methodik, 2.Auflage, Berlin, 2011
- Saake, Gunter; Sattler, Kai- Uwe; Heuer, Andreas: Datenbanken- Konzepte und Sprachen, 4. Auflage, Heidelberg, 2010
- Saaksvuori, Antti; Immonen, Anselmi: Product Lifecycle Management, 3. Auflage, Heidelberg, 2008
- Scheer, August- Wilhelm; Boczanski, Manfred; Muth, Michael; Schmitz, Willi- Gerd; Segelbacher, Uwe: Prozessorientiertes Product Lifecycle Management, Berlin, 2006
- Schloske, A.; Thieme P.: Qualitätsmanagementsysteme, aus Westkämper, Engelbert (Hrsg.): Handbuch- Unternehmensorganisation- Strategien, Planung, Umsetzung, 3. Auflage, Berlin, 2009
- Schnauder, Volker: Qualitätsmanagement für Dienstleister- Mehr Qualität im Betrieb- Wo die Dienstleister ansetzen, Renningen- Malmsheim, 1998
- Schönsleben, Paul: Integrales Logistikmanagement- Operation und Supply Chain Management innerhalb des Unternehmens und unternehmensübergreifend, 6. Auflage, Heidelberg, 2011
- Schönung, Martin Michael: Kundenwertorientierte Preissetzung für Leistungssysteme im Maschinen- und Anlagenbau, Aachen, 2008
- Schubert, Sebastian: Wettbewerbsvorteile durch Vereinheitlichung am Beispiel der europäischen Schienenfahrzeugindustrie, Halle, 2007
- Schuh, Günther: Produktkomplexität managen- Strategien, Methoden, Tools, 2. Auflage, München, 2005

- Schuh, Günther; Müller, Jochen; Rauhut, Marcus: Gestaltung von Produktentwicklungsprozessen, aus Schuh, Günther (Hrsg.): Innovationsmanagement- Handbuch Produktion und Management, 2. Auflage, Heidelberg, 2012
- Schuh, Günther; Uam, Ju-Young: Product Lifecycle Management, aus Schuh, Günther (Hrsg.): Innovationsmanagement- Handbuch Produktion und Management 3, 2. Auflage, Heidelberg, 2012
- Sendler, Ulrich: Das PLM- Kompendium- Referenzbuch des Produkt- Lebenszyklus-Managements, Berlin, 2009
- Sendler, Ulrich; Wawer, Volker: Von PDM zu PLM- Prozessoptimierung durch Integration, 3. Auflage, München, 2011
- Stark, John: Product Lifecycle Management- 21<sup>st</sup> Century Paradigm for Product Realisation, 2. Auflage, London, 2011
- Strunz, Matthias: Instandhaltung- Grundlagen- Strategien- Werkstätten, Heidelberg, 2012
- Trippner, Dietmar: Vorgehensmodell zum Management von Produktdaten in komplexen und dynamischen Produktentwicklungsprozessen, Aachen, 2002
- VDB- Positionspapier Nr.02/2013: Obsoleszenzmanagement im Eisenbahnsektor- die Perspektive der Hersteller, Berlin, 2013
- VDI 2206: Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme, Düsseldorf, 2004
- VDI 2219: Informationsverarbeitung in der Produktentwicklung – Einführung und Wirtschaftlichkeit von EDM/PDM- Systemen, Düsseldorf, 2002
- Wilhelm, Martin: Instandhaltungsstrategien unter Berücksichtigung stochastischer Alterungsprozesse, Karlsruhe, 2011
- Winkelhofer, Georg A.; Keßler, Heinrich: Projektmanagement- Leitfaden zur Steuerung und Führung von Projekten, 3. Auflage, Berlin, 2002
- Wirtz, Jörg: Ein Referenzmodell zur integrationsgerechten Konzeption von Produktdatenmanagement, München, 2001
- Wix, Michael; Greco, Giuseppe; Sandor, Judit: IRIS- Internation Railway Industry Standard- Globales Managementsystem für die Bahnindustrie, Belgien, 2006

**Internetquellen:**

<http://www.iris-rail.org> (letzter Zugriff 13.11.2013).

[http://de.ptc.com/WCMS/files/43562/de/2089\\_VV\\_RM\\_TS\\_DE.pdf](http://de.ptc.com/WCMS/files/43562/de/2089_VV_RM_TS_DE.pdf) (letzter Zugriff 13.11.2013).

## 8 Abbildungsverzeichnis

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Aufbau der Arbeit.....                                                    | 2  |
| Abbildung 2: betriebswirtschaftliche Produktlebenszyklusmodell.....                    | 6  |
| Abbildung 3: ingenieurwissenschaftliche Produktlebenszyklusmodell.....                 | 8  |
| Abbildung 4: Attribute eines Stammsatzes.....                                          | 17 |
| Abbildung 5: Verbundnummer.....                                                        | 20 |
| Abbildung 6: Parallelnummer.....                                                       | 20 |
| Abbildung 7: Beispiel einer Produktstruktur.....                                       | 24 |
| Abbildung 8: Ausprägungen von Stücklisten.....                                         | 26 |
| Abbildung 9: Modellierungsbeispiel mit UML.....                                        | 32 |
| Abbildung 10: Freigabeprozess.....                                                     | 37 |
| Abbildung 11: Änderungsprozess.....                                                    | 38 |
| Abbildung 12: Zusammenhang zwischen Produkt-, Dokumentenstruktur und Effektivität..... | 41 |
| Abbildung 13: Darstellungsbeispiel eines Netzplanes.....                               | 43 |
| Abbildung 14: Schichtenmodell.....                                                     | 46 |
| Abbildung 15: Beispiel eines Relationsmodell.....                                      | 48 |
| Abbildung 16: SOA- Architektur.....                                                    | 55 |
| Abbildung 17: Wertschöpfungskette in der Schienenfahrzeugindustrie.....                | 59 |
| Abbildung 18: prozessorientiertes Modell der ISO9001/IRIS.....                         | 63 |
| Abbildung 19: Dokumentenstruktur der ISO9001/IRIS.....                                 | 64 |
| Abbildung 20: Obsolezenzmanagementprozess.....                                         | 84 |

## 9 Tabellenverzeichnis

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| Tabelle 1: Beispiel einer Merkmal- Liste..... | 23 |
|-----------------------------------------------|----|

## 10 Abkürzungsverzeichnis

|        |                                                |
|--------|------------------------------------------------|
| 2D     | 2- Dimensional                                 |
| 3D     | 3- Dimensional                                 |
| ARIS   | Architektur Integrierter Informationssysteme   |
| BLOB   | Binary Large Object                            |
| BPMN   | Business Process Model and Notation            |
| bzw.   | beziehungsweise                                |
| CAD    | Computer Aided Design                          |
| CAE    | Computer Aided Engineering                     |
| CAM    | Computer Aided Manufacturing                   |
| CAX    | Computer Aided x                               |
| CNM    | Customer Needs Management                      |
| CRM    | Customer Relationship Management               |
| CSCW   | Computer Supported Cooperative Work            |
| CSM    | Component Supplier Management                  |
| DBMS   | Datenbankmanagementsystem                      |
| DDL    | Datendefinitionssprache                        |
| d.h.   | das heißt                                      |
| DIN    | Deutsches Institut für Normung                 |
| DML    | Datenmanipulationssprache                      |
| EDM    | Engineering Data Management                    |
| EPK    | Ereignisgesteuerte Prozesskette                |
| ERP    | Enterprise Resource Planning                   |
| etc.   | Et cetera                                      |
| FAI    | First Article Inspection                       |
| FMEA   | Failure Mode and Effects Analysis              |
| IEC    | International Electrotechnical Commission      |
| i.e.S. | im engeren Sinn                                |
| ID     | Identifikation                                 |
| i.d.R. | in der Regel                                   |
| IGES   | Initial Graphics Exchange Specification        |
| IRIS   | International Railway Industry Standard        |
| ISO    | International Organization for Standardization |
| IT     | Informationstechnik                            |
| K.O.   | Knockout                                       |
| KPI    | Key Performance Indicator                      |
| LCC    | Life Cycle Costs                               |
| MRO    | Maintenance, Repair and Operations             |
| ODBMS  | objektorientiertes Datenbankmanagementsystem   |
| ODL    | Object Definition Language                     |
| ODMG   | Object Database Management Group               |

|       |                                                    |
|-------|----------------------------------------------------|
| OMG   | Objekt Management Group                            |
| OML   | Object Manipulation Language                       |
| PDF   | Portable Document Format                           |
| PDM   | Produktdatenmanagement                             |
| PDML  | Panel Definition Markup Language                   |
| PDX   | Product Data Exchange                              |
| PLM   | Product Lifecycle Management                       |
| RAMS  | Reliability, Availability, Maintainability, Safety |
| RDBMS | relationales Datenbankmanagementsystem             |
| SCM   | Supply Chain Management                            |
| SE    | Simultaneous Engineering                           |
| SGML  | Standard Generalized Markup Language               |
| SOA   | Serviceorientierte Architektur                     |
| SQL   | Structured Query Language                          |
| TDM   | Team Data Management                               |
| TIFF  | Tagged Image File Format                           |
| u.a   | unter anderem                                      |
| UML   | Unified Modeling Language                          |
| UNIFE | Union des Industries Ferroviaires Européennes      |
| usw.  | und so weiter                                      |
| VDI   | Verein Deutscher Ingenieure                        |
| VR    | Virtuelle Realität                                 |
| XML   | Extensible Markup Language                         |
| z.B.  | zum Beispiel                                       |
| z.T.  | zum Teil                                           |