



Thema:

**Entwicklung eines produktlebenszyklusbegleitenden Wissensmanagementsystems  
in Microsoft® Windows® SharePoint® für ein nachhaltiges robustes Design  
mechatronischer Systeme**

**Diplomarbeit**

Arbeitsgruppe Wirtschaftsinformatik

Themensteller: LINTRA GmbH Magdeburg  
Dipl. Ing. Knut Köchli

Betreuer: Prof. Dr. rer. pol. habil. Hans-Knud Arndt  
Prof. Dr.-Ing. habil. Georg Paul

vorgelegt von: Sebastian Bertram

Abgabetermin: 10. Dezember 2008

## Inhaltsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Inhaltsverzeichnis .....   | 1  |
| Verzeichnis der Abkürzungen und Akronyme .....   | 3  |
| Abbildungsverzeichnis .....  | 5  |
| Tabellenverzeichnis .....  | 7  |
| 1 Einleitung.....  | 8  |
| 1.1 Ausgangssituation .....  | 9  |
| 1.2 Zielstellungen der Arbeit.....   | 14 |
| 1.3 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit .....   | 19 |
| 2 Grundlagen und Kennzeichnung der Situation.....  | 22 |
| 2.1 Eingrenzung des Betrachtungsraums und Begriffsbestimmung .....                               | 22 |
| 2.1.1 Begriffsdefinitionen zur Zuverlässigkeit .....   | 23 |
| 2.1.2 Begriffsdefinitionen zum Systembegriff.....  | 24 |
| 2.1.3 Begriffsdefinitionen des Wissensmanagements.....   | 27 |
| 3 Verfügbare Konzepte und Methoden.....  | 29 |
| 3.1 Allgemeine Vorgehenskonzepte zur anforderungsgerechten<br>Produktentwicklung.....            | 29 |
| 3.1.1 Besonderheiten der anforderungsgerechten Entwicklung.....                                  | 29 |
| 3.1.2 Systems Engineering .....  | 30 |
| 3.1.3 Requirements Engineering .....   | 31 |
| 3.2 Analyse ausgewählter Methodikansätze zur anforderungsgerechten<br>Produktentwicklung.....    | 33 |
| 3.2.1 VDI 2221 Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer<br>Systeme und Produkte..... | 33 |
| 3.2.2 VDI 2422 Entwicklungsmethodik für Geräte mit Steuerung durch<br>Mikroelektronik .....      | 35 |
| 3.2.3 VDI 2206 Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme .....                             | 36 |
| 3.2.4 Diskussion der analysierten Ansätze.....   | 38 |
| 3.3 Analyse bestehender Ansätze für die Wissensdokumentation in der<br>Produktentwicklung.....   | 40 |
| 4 Konzeption des WMS .....   | 43 |
| 4.1 Methodisches Grundkonzept.....   | 43 |
| 4.2 Anforderungsmanagement .....   | 48 |
| 4.2.1 Strukturierung und Gruppierung der Anforderungsvielfalt .....                              | 51 |
| 4.2.1.1 Gruppierung der Anforderungen.....   | 51 |
| 4.2.1.2 Paarvergleich der Anforderungen .....  | 52 |
| 4.3 Vernetzung der Systemsichten .....   | 55 |
| 4.3.1 Vernetzungsmethodik .....  | 55 |
| 4.3.1.1 Inputdaten für die Vernetzung .....  | 58 |
| 4.3.1.2 Erkenntnisgewinn aus der Strukturvernetzung .....  | 66 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 4.4     | Konzeption des Wissensmanagementsystems.....       | 70  |
| 4.4.1   | Dokumentation von Vernetzungswissen.....           | 72  |
| 4.4.2   | Dokumentation von Zuverlässigkeitswissen.....      | 74  |
| 4.4.2.1 | Intranets und Wissensportale .....                 | 74  |
| 4.4.2.2 | Dokumentenmanagementsysteme.....                   | 75  |
| 4.4.2.3 | Workflow-Management-Systeme .....                  | 76  |
| 4.4.2.4 | Wiki-Systeme.....                                  | 77  |
| 4.4.2.5 | Kommunikations- und Kooperationssysteme .....      | 78  |
| 4.4.2.6 | Wissensretrieval und -visualisierung .....         | 79  |
| 4.4.2.7 | Zusammenfassung.....                               | 81  |
| 5       | Anforderungen an das Wissensmanagementsystem ..... | 84  |
| 5.1     | Inhaltliche Anforderungen .....                    | 84  |
| 5.2     | Wissensmanagementorientierte Anforderungen .....   | 89  |
| 5.3     | IT-Systemorientierte Anforderungen .....           | 92  |
| 5.4     | Abgrenzungsanforderungen .....                     | 95  |
| 6       | Prototypische Realisierung des WMS .....           | 96  |
| 6.1     | MS Windows SharePoint als Lösungsplattform .....   | 96  |
| 6.1.1   | Beschreibung der Alternativen.....                 | 96  |
| 6.1.2   | Bewertung der Alternativen .....                   | 97  |
| 6.2     | Was ist SharePoint?.....                           | 98  |
| 6.3     | SharePoint Architektur .....                       | 100 |
| 6.4     | Die SharePoint Philosophie.....                    | 102 |
| 6.5     | Umsetzung des Datenmodells .....                   | 105 |
| 7       | Zusammenfassung und Ausblick .....                 | 106 |
| 7.1     | Zusammenfassung .....                              | 106 |
| 7.2     | Fazit .....  | 107 |
| 7.3     | Ausblick.....                                      | 110 |
| 7.4     | Kritische Würdigung .....                          | 111 |
|         | Literaturverzeichnis .....                         | 114 |
| A       | Wissenslebenszyklus nach Probst.....               | 123 |
| B       | WMS SharePoint WebParts.....                       | 128 |
| C       | Demonstration des WMS.....                         | 129 |

## Verzeichnis der Abkürzungen und Akronyme

|        |  |
|--------|--|
| A      | Anforderung                                    |
| BPMN   | Business Process Modeling Notation             |
| bspw.  | beispielsweise                                 |
| bzgl.  | bezüglich                                      |
| bzw.   | beziehungsweise                                |
| CAD    | Computer Aided Design                          |
| CAE    | Computer Aided Engineering                     |
| CASE   | Computer Aided Software Engineering            |
| CMS    | Content-Management-System                      |
| CSS    | Cascading Stylesheet                           |
| DIN    | Deutsches Institut für Normung e. V.           |
| d.h.   | das heißt                                      |
| DMS    | Dokumentenmanagementsystem                     |
| DMU    | Digital Mock-Up                                |
| DV     | Datenverarbeitung                              |
| etc.   | et cetera (und so weiter)                      |
| evtl.  | eventuell                                      |
| F      | Funktion                                       |
| f.     | folgende (Seite)                               |
| ff.    | fortfolgende (Seiten)                          |
| FMEA   | Failure Mode and Effects Analysis              |
| ggf.   | gegebenenfalls                                 |
| Hrsg.  | Herausgeber                                    |
| i.d.R. | in der Regel                                   |
| insb.  | Insbesondere                                   |
| IS     | Informationssystem                             |
| ISO    | International Organization for Standardization |
| IuK    | Informations- und Kommunikationstechnologie    |
| K      | Komponente                                     |
| MOSS   | Microsoft® Office SharePoint® Server           |
| MS     | Microsoft®                                     |
| o. ä.  | oder ähnliche(s)                               |
| o. g.  | oben genannt(e)                                |
| o. S.  | ohne Seitenangabe                              |
| OE     | Organisationseinheit                           |
| P      | Prozess  |
| PDM    | Produktdatenmanagement                         |
| PE     | Produktentwicklung                             |
| PLC    | Produktlebenszyklus; Product Life Cycle        |
| QM     | Qualitätsmanagement                            |
| QFD    | Quality Function Deployment                    |
| RE     | Requirements Engineering                       |
| S.     | Seite  |
| s.     | siehe  |
| s. o.  | siehe oben                                     |
| s. u.  | siehe unten                                    |
| SE     | Systemdesign; System-Engineering               |
| sog.   | sogenannt                                      |

|       |   |
|-------|---|
| SP    | SharePoint®   |
| SPD   | Microsoft® SharePoint® Designer                             |
| u. a. | unter anderem   |
| u.U.  | unter Umständen   |
| usw.  | und so weiter   |
| VDA   | Verband der Automobilindustrie                              |
| VDI   | Verein Deutscher Ingenieure e. V.; kurz für: VDI-Richtlinie |
| vgl.  | vergleiche  |
| WFMS  | Workflow-Management-System                                  |
| WLZ   | Wissenslebenszyklus   |
| WM    | Wissensmanagement   |
| WMS   | Wissensmanagementsystem                                     |
| WSS   | Windows® SharePoint® Services                               |
| z.B.  | zum Beispiel  |
| z.Z.  | zurzeit   |

## Abbildungsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Abb. 1.1: Faktor-10-Regel Kosten einer Änderung im Werdegang eines Produkts.<br>Quelle: [PfSc07, S. 584] .....                       | 9  |
| Abb. 1.2: Der Kunde trifft sein Qualitätsurteil auf der Basis von Qualitätsmerkmalen.<br>Quelle: [PfSc07, S. 372] .....              | 10 |
| Abb. 1.3: Grundstruktur eines mechatronischen Systems. Quelle: [VDI 2206, S.10,<br>S.14].....  | 11 |
| Abb. 1.4: Zusammenhang zwischen individuellen Ausfallwahrscheinlichkeiten und<br>Gesamtzuverlässigkeit mechatronischer Systeme ..... | 11 |
| Abb. 1.5: Ausschnitt einer Excel Tabelle zur QFD Methode.....  | 13 |
| Abb. 1.6: Zusammenhang der Zielstellungen des WMS.....   | 15 |
| Abb. 1.7: Mögliche Rückführungskreisläufe .....  | 16 |
| Abb. 1.8: Rückführungskreislauf von Anforderungen, vgl. [BIR097 S. 36] .....   | 16 |
| Abb. 2.1: Begriffssystematik .....   | 22 |
| Abb. 3.1: V-Modell des Anforderungsmanagements.....  | 32 |
| Abb. 3.2: Generelles Vorgehen beim Entwickeln. Quelle: [VDI2221, S.9, Bild 3.3] ....   | 34 |
| Abb. 3.3: Methodenmatrix - Zuordnung der Methoden zu den Arbeitsabschnitten .....  | 34 |
| Abb. 3.4: V-Modell als Makrozyklus für den Entwurf mechatr. Systeme. Quelle:<br>[VDI2206, S. 29] .....                               | 37 |
| Abb. 3.5: Durchlaufen mehrerer Makrozyklen mit zunehmender Produktreife. Quelle:<br>[VDI2206 S.31] .....                             | 37 |
| Abb. 4.1: House of Quality. Quelle: [PfSc07, S. 496] .....   | 44 |
| Abb. 4.2: Vier Phasen des QFD- Prozesses. Quelle: [PfSc07, S. 495] .....   | 44 |
| Abb. 4.3: Phasen des Quality Function Deployment. Quelle: [PfSc07, S. 496] .....   | 44 |
| Abb. 4.4: Übergang von der QFD zur FMEA. Quelle: [QFD Institut Dtl. 2001] .....  | 46 |
| Abb. 4.5: Vorgehenssystematik.....   | 48 |
| Abb. 4.6: Lasten- und Pflichtenheft .....  | 50 |
| Abb. 4.7: Vernetzungsschema .....  | 56 |
| Abb. 4.8: Vernetzung von Systemstrukturen (1).....   | 57 |
| Abb. 4.9: Vernetzung von Systemstrukturen (2).....   | 57 |
| Abb. 4.10: Modifikationen der Strukturen im Projektverlauf .....   | 60 |
| Abb. 4.11: Produktlebenszyklus nach VDI 4003 .....   | 61 |
| Abb. 4.12: Vernetzungsmodell (1) .....   | 62 |
| Abb. 4.13: Zusammenhang Anforderungserfüllung und Einschätzung der<br>Kundenzufriedenheit.....                                       | 65 |
| Abb. 4.14: Ablaufzusammenhang des Konzepts.....  | 69 |

|  |     |
|--|-----|
| Abb. 4.15: Vernetzungsmodell (2) .....                                   | 72  |
| Abb. 4.16: Vernetzung von Systemstrukturen (3).....                      | 73  |
| Abb. 4.17: Genehmigungsworkflow. Quelle: HA101544241031 .....            | 77  |
| Abb. 4.18: Mock-Up einer Visualisierungsfunktionalität (1) .....         | 80  |
| Abb. 4.19: Mock-Up einer Visualisierungsfunktionalität (2) .....         | 81  |
| Abb. 5.1: WMS Architektur .....  | 93  |
| Abb. 6.1: verschiedene Kommunikations- und Kooperationsplattformen ..... | 97  |
| Abb. 6.2: SharePoint Hierarchie (1). Quelle: MS473633.....               | 101 |
| Abb. 6.3: SharePoint Hierarchie (2). Quelle: MS473633.....               | 101 |
| Abb. 6.4: WMS Umsetzung - Projektablauf.....                             | 104 |
| Abb. 7.1: DRBFM- Arbeitsblatt [PfSc07, S. 437].....                      | 112 |
| Abb. 7.2: Mock-Up einer möglichen Visualisierung .....                   | 112 |

## **Tabellenverzeichnis**

|  |    |
|--|----|
| Tab. 3.1: Gegenüberstellung der analysierten Ansätze .....                 | 39 |
| Tab. 4.1: Basiskonfiguration des Anforderungsdatensatzes.....              | 50 |
| Tab. 4.2: Erweiterter Anforderungsdatensatz (1) .....                      | 52 |
| Tab. 4.3: Erweiterter Anforderungsdatensatz (2) .....                      | 53 |
| Tab. 4.4: WLZ-Phasen unterstützende SharePoint WM-Funktionalitäten.....    | 82 |
| Tab. 5.1: Zusammenfassung inhaltlicher Anforderungen .....                 | 88 |
| Tab. 5.2: Zusammenfassung wissensmanagementorientierter Anforderungen..... | 91 |
| Tab. 5.3: Zusammenfassung IT-Systemorientierte Anforderungen .....         | 94 |

## 1 Einleitung

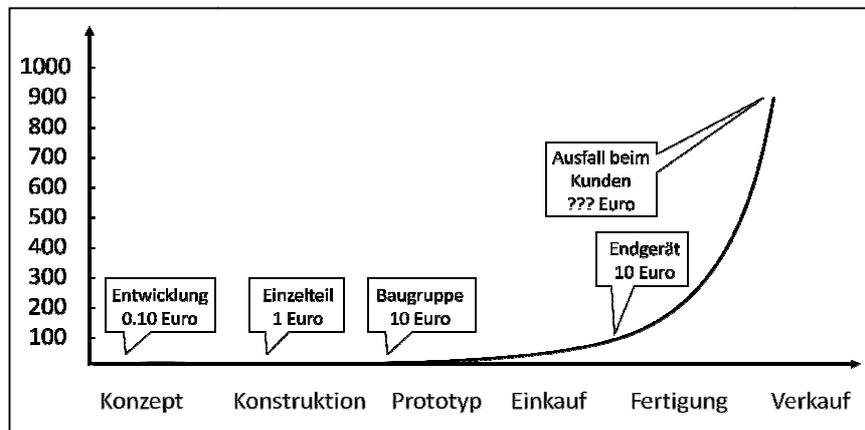
In einer Gesellschaft, in der die Möglichkeiten zur Optimierung von Strukturen, Prozessen und Techniken fast ausgereizt sind, sieht man im Gegensatz zu den traditionellen Produktionsfaktoren vor allem im Wissen der Mitarbeiter große unausgeschöpfte Potenziale, die eine Differenzierung zwischen den Unternehmen ermöglichen, vgl. [PfSc07, S. 287]. Damit gewinnt Wissen als vierter Produktionsfaktor, der in jedem Produkt, in jeder Dienstleistung, in allen Strukturen und Prozessen von Unternehmen steckt, neben den anderen Faktoren Arbeit, Personal und Kapital immer mehr an Bedeutung, vgl. [STEW98, NORT05, S. 7ff., PfSc07, S. 287]. Allerdings realisiert die Mehrzahl der Unternehmen trotz der Erkenntnis, dass der Ressource Wissen sowie deren Management eine immer größere Bedeutung zukommt, vgl. [KrIcNo00, S. 3] und Wissensmanagement eine strategische Dimension besitzt, den möglichen Wettbewerbsvorteil nicht, vgl. [PfSc07, S. 287]. Gerade in der Managementliteratur wird häufig von dem Übergang in die Wissensgesellschaft gesprochen, d.h., Wissen ist der entscheidende Faktor zur Lösung von Problemen und für den Erfolg jeglichen Handelns, vgl. [PrRR03, S. 19ff.].

Ferner ist festzuhalten, dass die produzierenden Unternehmen und Dienstleister einem ständig schärfer werdenden Wettbewerbsdruck unterliegen. Viel zitierte Auslöser sind die stetig wachsende Globalisierung, steigender Wettbewerb, technologischer Fortschritt sowie eine zunehmende Angleichung der Produktfunktionalität, vgl. [VDI2206, S. 3f.; PfSc07, S. 272; VOSS99, S. 2]. Als unmittelbare Folge sind Fortschritte bezüglich des Qualitätsniveaus im Produktentstehungsprozess durch die steigende Produktkomplexität und kürzere Entwicklungszyklen weitestgehend aufgezehrt, vgl. [PfSc07, S. 407]. Die Notwendigkeit von Maßnahmen zur Kostensenkung und Effizienzsteigerung bei gleichzeitiger Erhaltung bzw. Erhöhung der Produktqualität gekoppelt mit permanenter Innovation nimmt dadurch immer mehr zu. Daher muss ein wesentliches strategisches Ziel aller Unternehmen die Qualitäts- und Effizienzsteigerung der Produkte bzw. Produktionsabläufe sein. „Hier hilft insbesondere die Erkenntnis, dass Fehler vermeiden in aller Regel billiger ist, als Fehler machen, suchen, finden und dann beseitigen. Qualität sollte, nach einem viel zitierten Wort, nicht in ein Erzeugnis hinein inspiziert werden. Man muss sie hinein konzipieren, - konstruieren und - produzieren“, vgl. [PfSc07, S. 12].

Vor diesem Hintergrund befasst sich diese Arbeit mit einer Ergänzung von präventiven Qualitätsmethoden über den gesamten Produktlebenszyklus. Wobei der erarbeitete konzeptionelle Lösungsansatz anhand eines prototypisch implementierten Software-Systems mit umfassenden Wissensmanagement-Funktionalitäten umgesetzt wird.

## 1.1 Ausgangssituation

Eine weitere hilfreiche Erkenntnis ist, dass die Fehlerverhütung in den frühen Stadien der Produktentstehung besonders wirkungsvoll ist, vgl. [PfSc07, S. 12]. Denn es ist hinlänglich bekannt, dass die Auswirkungen eines Mangels umso größer sind, je später dieser im Produktentstehungsprozess/- lebenszyklus entdeckt wird (vgl. Abb. 1.1), vgl. [PfSc07, S. 584]. So genügt es im Konzeptstadium einen Bleistiftstrich zu versetzen; im Prototypstadium muss dagegen bereits ein Modell geändert werden. Änderungen in der laufenden Fertigung sind ungleich kostspieliger und der Aufwand zum Beheben von Mängeln am ausgelieferten Produkt<sup>1</sup> kann Millionenbeträge erreichen, vgl. [PfSc07, S. 12]. Die Folgerung für ein effektives Qualitätsmanagement liegt damit klar auf der Hand.



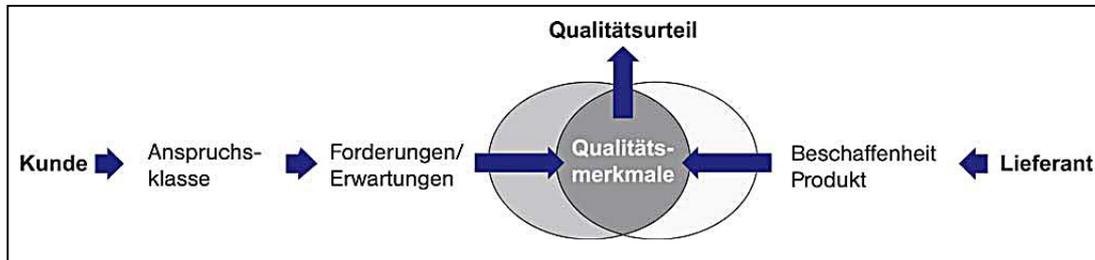
**Abb. 1.1:** Faktor-10-Regel Kosten einer Änderung im Werdegang eines Produkts. Quelle: [PfSc07, S. 584]

Und obwohl die Hauptstellhebel für Produktqualität im Produktentstehungsprozess liegen, beginnt Fehlerbehebung meist erst dann, wenn eigentlich Stabilität für den Produktionsstart notwendig wäre, vgl. [PfSc07, S. 407]. Ursachen sind hier mangelnde Klarheit, Stabilität und Richtigkeit der Forderungen, mangelnde Abstimmung zwischen parallelen Entwicklungsteams und mangelnde Verbindlichkeit. Diese Aussagen sind seit über 20 Jahren stabil, vgl. [PfSc07, S. 407].

<sup>1</sup> Rückrufaktion

## Zuverlässigkeit mechatronischer Systeme

Ein Produkt zeichnet sich in der Regel durch einen Komplex von Qualitätsmerkmalen aus, auf deren Basis der Kunde sein Qualitätsurteil trifft, vgl. [PfSc07, S. 372].



**Abb. 1.2:** Der Kunde trifft sein Qualitätsurteil auf der Basis von Qualitätsmerkmalen. Quelle: [PfSc07, S. 372]

Nach DIN EN ISO 9000:2000 wird die Qualität eines Produktes anhand der Übereinstimmung zwischen geforderter und realisierter Beschaffenheit des Produktes definiert, wobei Zuverlässigkeit dabei in der Rangskala der Kundenforderungen ganz oben steht. Der Kunde erwartet eine einwandfreie Funktion des Produkts über einen möglichst großen Zeitraum, so dass ihm ein Minimum an Folgekosten durch Reparaturen und Ausfallzeiten entstehen. Selbst Ausfälle während der Garantiezeit, die den Kunden nicht direkt finanziell belasten, werden heute nur widerwillig hingenommen und führen oft zu einem spontanen Produktwechsel, vgl. [VDI4010, S. 2; ScTa96, S. 87f.]. Damit gewinnt Zuverlässigkeit als Langzeitqualität neben Preis und Funktionalität einen kontinuierlich wachsenden Einfluss auf die Kundenzufriedenheit und ist damit eine Grundvoraussetzung für hohe Marktanteile und den Produkt- und Unternehmenserfolg.

Aus Unternehmenssicht erstrecken sich die Auswirkungen von Zuverlässigkeit über den gesamten Produktlebenszyklus: Zum einen reduzieren Probleme bei der Markteinführung nachhaltig die Profitabilität während des gesamten Produktlebens, vgl. vgl. [VDI3004]. Zum anderen werden Wachstums- und Reifephase eines Produkts hinsichtlich der Dauer und des erzielbaren Gewinns wesentlich von dessen Zuverlässigkeit beeinflusst, vgl. [PFEI96b, S. 33]. Diese Erkenntnisse gelten, wie bei allen Produkten, auch für mechatronische Systeme, deren zunehmender Einsatz, wie im Folgenden beschrieben, zu vermehrten Fehlern und Produktausfällen, vgl. [VDI2206, S. 3f.] führen können.

Mechatronik, ein Kunstwort aus Mechanik und Elektronik, stellt ein Erfolgspotenzial für die Gestaltung zukünftiger innovativer Produkte dar, um sich in einem globalen Wettbewerb behaupten zu können, vgl. [VDI2206, S.3]. Mechatronische Systeme zeichnen sich dabei im Gegensatz zur traditionellen Betrachtung von Bauteilen und Baugruppen durch ein synergetisches Zusammenwirken von Elementen und Komponenten verschiedener Ingenieurdisziplinen aus (vgl. Abb. 1.3), vgl. [LIND08, S.

10; VDI 2206, S. 3]. Dieser Umstand hebt hervor, dass sich insbesondere mechatronische Systeme durch ihre disziplinäre und damit auch strukturelle Inhomogenität nicht aus einem Blickwinkel betrachtet werden dürfen, sondern dass Elemente und Komponenten getrennt, aber in ihrem Zusammenwirken betrachtet werden müssen. Die vermehrten Wechselwirkungen, die sich aus der zunehmenden Komplexität des Gesamtsystems ergeben, erhöhen die Anfälligkeit für Störungen und die Ausfallwahrscheinlichkeit des Gesamtsystems erheblich, vgl. [VDI4007b, S. 2], da der Ausfall nur einer Teilkomponente zum Versagen des Gesamtsystems führen kann (vgl. Abb. 1.4). Somit gilt es die Wechselbeziehungen von mechanischen, elektrotechnischen und informationsverarbeitenden Komponenten bereits in der frühen Phase des Entwurfs zu berücksichtigen, da diese das wesentliche Verhalten und die Gestalt des mechatronischen Gesamtsystems beeinflussen. Damit werden vor allem an die an der Entwicklung beteiligten Personen neue Herausforderungen gestellt, denn mangelnde Erfahrungen, fehlende Methoden und Werkzeuge führen oft zu einer nicht zufriedenstellenden Produktzuverlässigkeit.

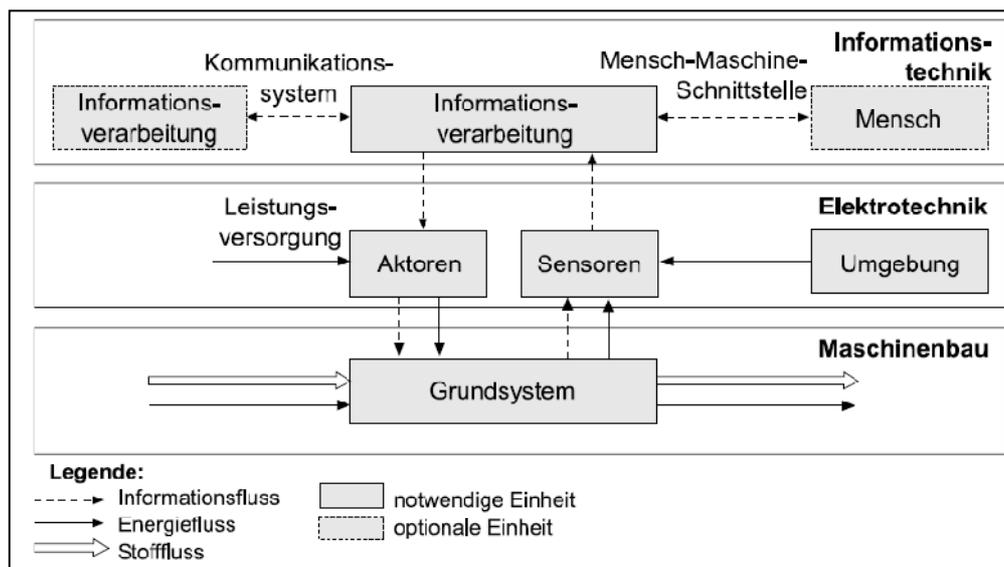


Abb. 1.3: Grundstruktur eines mechatronischen Systems. Quelle: [VDI 2206, S.10, S.14]

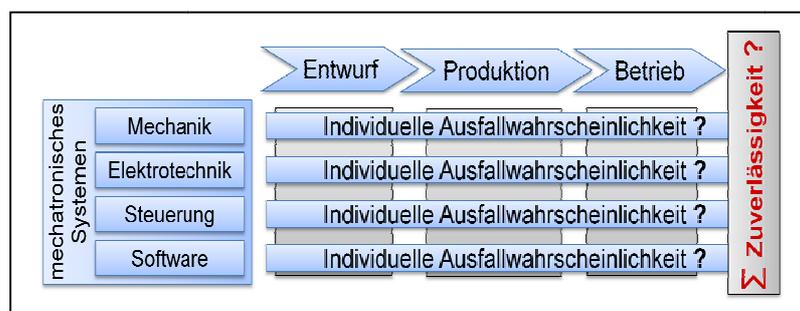


Abb. 1.4: Zusammenhang zwischen individuellen Ausfallwahrscheinlichkeiten und Gesamtzuverlässigkeit mechatronischer Systeme

Ein weiteres zu betrachtende Grundproblematik ist, dass mechatronische Produkte, genauso wie andere Produkte und Dienstleistungen, von der Phase der Idee über ihre Realisierung bis hin zur Nutzung beim Kunden einem breiten Spektrum sich ständig wandelnder Anforderungen verschiedener Herkunft unterliegen. Es kommt daher darauf an, diese Anforderungsvielfalt in allen Phasen des Produktlebenszyklus (PLC) zu beherrschen, um damit die Zuverlässigkeit mechatronischer Systeme mittels einer kontinuierlichen Überprüfung der Anforderungserfüllung gewährleisten zu können.

Des Weiteren ist das Entwickeln mechatronischer Systeme über verschiedene Abteilungen und auch Unternehmensgrenzen hinweg durch geeignete Formen interdisziplinärer Zusammenarbeit organisatorisch zu unterstützen, vgl. [VDI2206 S. 4; VDI4007a; VDI4007b]. Zwar sind mit der fortschreitenden Entwicklung der Informationstechnik eine Vielzahl von IT-Werkzeugen entstanden, die den Entwurf unterstützen, diese sind jedoch nur unzureichend integrierbar, vgl. [VDI2206, S. 3]. Insbesondere fehlen zwischen den beteiligten Fachdisziplinen<sup>2</sup> domänenübergreifende Informationsplattformen, um zuverlässigkeitsrelevante Wechselwirkungen voneinander abhängiger Elemente aufzunehmen, beschreiben und weiterbearbeiten zu können. Weiter fehlen Strukturen zum produktübergreifenden Erfahrungsaustausch der Mitarbeiter in den zahlreichen an der Zuverlässigkeitsverbesserung beteiligten Stellen, zur geeigneten Dokumentation des in verschiedenen Unternehmensbereichen gewonnenen zuverlässigkeitsrelevanten Wissens. Bekanntlich kommt es beim Produkterstellungsprozess oftmals zu Änderungen an den Planungsvorgaben, beispielsweise wenn diese den Erfahrungen bestimmter Mitarbeiter widersprechen. Im besten Fall findet dann eine informelle Kontaktaufnahme mit den Entwicklungsverantwortlichen statt, damit diese zukünftig die notwendigen Rahmenbedingungen berücksichtigen können. Meistens werden diese Änderungen den vorgelagerten Betriebsbereichen allerdings aufgrund der fehlenden Mechanismen nicht mitgeteilt oder irgendwo festgehalten, vgl. [WOLL94, S. 1ff.]. Solche Änderungen am Produkt bergen stets ein gewisses Fehlerpotenzial, sind aber naturgemäß unvermeidbar im Verlauf eines Entwicklungsprozesses. Je größer der Neuheitsgrad der Entwicklung und komplexer ein Produkt, desto größer die Zahl der Änderungen, umfangreicher die Auswirkung und damit das Fehlerrisiko aufgrund der Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Produktelementen, vgl. [PfSc07, S. 433]. Diese Wechselwirkungen werden häufig nicht ausreichend analysiert, die daraus resultierenden Fehler daher erst in den letzten Phasen des Produktentstehungsprozesses, spätestens aber im Feld, entdeckt d.h. immer erst am fertigen Produkt als dessen Mangel.

---

<sup>2</sup> Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik

Zusammenfassend wird festgestellt, dass häufig Kommunikations- und Kooperationsfunktionalitäten für eine unternehmensweite Diskussion über Entwicklungsergebnisse, für durchgeführte oder geplante Abweichungen von Planungsvorgaben sowie die Möglichkeit Verbesserungsvorschläge einzubringen, fehlen. Vor diesem Hintergrund ist festzuhalten, dass kontinuierlich sämtliche mit den bestehenden Produkten gesammelten Erfahrungen dokumentiert werden sollten, um als Wissensbasis bei weiteren Entwicklungen<sup>3</sup> wiederverwendet zu werden, vgl. [VDI4007b, S. 3; ScStPe04, S. V-VIII]. So können beispielsweise gewonnene Erfahrungen, Fehler, die erst in der Nutzungsphase beim Kunden aufgetreten sind, im Sinne einer präventiven Vorbeugung als neue Anforderungen für Anpassungs- oder Variantenkonstruktionen definiert werden. Denn Untersuchungen in Produktionsbetrieben haben gezeigt, dass etwa 60 Prozent der Fehler in gleicher oder ähnlicher Form schon einmal aufgetreten sind, vgl. [PFEI96a, S. 5].

Bisherige Lösungsstrategien beschränken sich oftmals auf unstrukturierte und dezentral gepflegte Excel Tabellen<sup>4</sup> (siehe folgende Abbildung). Präventive QM-Methoden werden teilweise nicht rechnergestützt auf Formblättern bearbeitet. Die Nachteile (z.B. fehlende Wiederverwendung von Informationen usw.) sind offensichtlich. Eine Rechnerunterstützung ist bei der Methodenintegration unumgänglich, um die große Komplexität zu reduzieren. Die Ausklammerung organisatorischer Aspekte stellt ein weiteres Defizit dieser Lösungen dar.

|  |                | (P1)           |  |                |    |                |              |                |    |                |  |
|--|----------------|----------------|--|----------------|----|----------------|--------------|----------------|----|----------------|--|
|  |                | Komponente 1   |  |                |    |                | Komponente 2 |                |    |                |  |
|  |                | Element 1      |  | Element 1b     |    | Element 2      |              | Element 3      |    | Element 4      |  |
|  |                | Unterelement 1 |  | Unterelement 1 |    | Unterelement 1 |              | Unterelement 2 |    | Unterelement 2 |  |
|  | Quelle1        |                |  | 3              | 5  |                |              | 7              |    |                |  |
|  | Anforderung1   |                |  | 5              | 7  |                |              | -7             |    |                |  |
|  | Anforderung2   |                |  |                |    |                |              |                |    |                |  |
|  | Anforderung3   |                |  |                |    |                |              |                |    |                |  |
|  | Quelle1        |                |  | 3              | 5  |                |              | 7              |    |                |  |
|  | Anforderung1   |                |  | 5              | 7  |                |              | -7             |    |                |  |
|  | Anforderung2   |                |  |                |    |                |              |                |    |                |  |
|  | Anforderung3   |                |  |                |    |                |              |                |    |                |  |
|  | Quelle1        |                |  | 3              | 5  |                |              | 7              | -7 |                |  |
|  | Anforderung1   |                |  | 5              | 7  |                |              | -7             |    |                |  |
|  | Spezifikation1 |                |  | 7              | -7 |                |              |                |    |                |  |
|  | Spezifikation2 |                |  | -7             |    |                |              |                |    |                |  |
|  | Anforderung2   |                |  |                |    |                |              |                |    |                |  |
|  | Anforderung3   |                |  |                |    |                |              |                |    |                |  |

**Abb. 1.5:** Ausschnitt einer Excel Tabelle zur QFD Methode

<sup>3</sup> Neue Produktgenerationen etc.

<sup>4</sup> Anmerkung: vom Umfang her eher „Tapeten“ (endlos lange und unübersichtliche Listen).

Konsequent ist daraus zu schließen, dass es Handlungsbedarf bei der Entwicklung mechatronischer Systeme gibt. Es gilt die Konsistenz und die Erfüllung der gestellten Anforderungen der mechatronischen Produkte über das gesamte Produktleben zu gewährleisten. Bezogen auf den letzten Punkt, ist z.Z. kein IT-gestütztes und technologisch offenes Informationssystem bekannt, welches eine gleichzeitige Vernetzung von Anforderungen mit dem Produkt, seinen Komponenten, Funktionen und Prozessen erfassen und abbilden kann. Und gleichzeitig dazu die Möglichkeit bietet, dass entsprechende Hintergrundwissen dieser Verknüpfungen mit zu erfassen, abzubilden und auszuwerten. Dieser Änderungsbedarf wird in dieser Arbeit durch eine Entwicklung eines wirksamen Wissensmanagementsystems (WMS) angegangen und prototypisch umgesetzt, um weiteren Schaden durch mangelnde Zuverlässigkeit mechatronischer Produkte abzuwenden. Das Fehlen von einer solchen geeigneten und umfassenden Lösung, umgesetzt als WMS über den Produktlebenszyklus hinweg, impliziert einen entsprechend hohen Forschungsbedarf und begründet den wissenschaftlichen Beitrag dieser Arbeit.

## **1.2 Zielstellungen der Arbeit**

Offensichtlich kommt es daher vor allem darauf an, den durch die unterschiedlichen Teildisziplinen geprägten und mit zahlreichen Schnittstellen behafteten Designprozess mechatronischer Produkte grundlegend zu verbessern, um die Zuverlässigkeit mechatronischer Produkte signifikant zu erhöhen. Der sich daraus für die Diplomarbeit ableitende Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht in einem forderungskonformen geschlossenen Design, welches vorsieht die zuverlässigkeitsrelevanten Anforderungen systematisch mit den beteiligten Komponenten, Funktionen und Prozessen zu verknüpfen. Im Mittelpunkt der Diplomarbeit stehen dabei die Entwicklung und die pilothafte Realisierung eines ganzheitlichen Konzeptes zur Erhöhung der Zuverlässigkeit mechatronischer Systeme, insbesondere in den frühen Phasen ihrer Entstehung. Bezogen auf die formulierte Themenstellung der Diplomarbeit, wird ein von bestehenden Systemen losgelöstes Konzept entwickelt, welches sich mit der Modularisierung und Ergänzung von präventiven Qualitätsmethoden in den frühen Phasen der Produktentstehung befasst. Dazu wird eine Systematik entwickelt, die die Anwendung der Methoden QFD<sup>5</sup>, FMEA<sup>6</sup> effizienter, problemorientierter und weniger zeitintensiv gestaltet. Als Schwerpunkt der softwaretechnischen Umsetzung soll ein konzeptuelles und praktisches Rahmenwerk geschaffen werden, dass die Bildung von entscheidungs- oder geschäftsprozessrelevantem Wissen unterstützt und folglich zur

---

<sup>5</sup> Quality Function Deployment

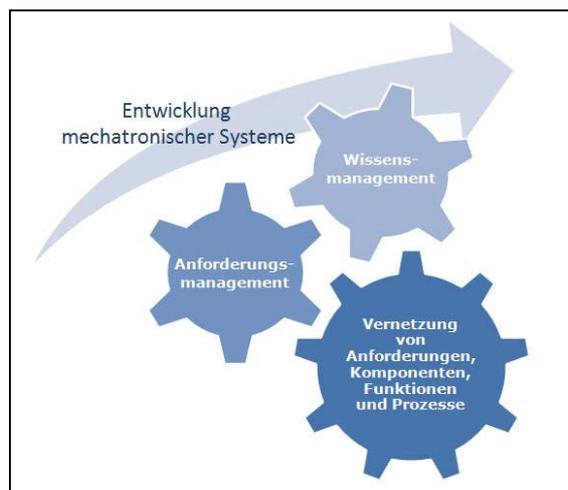
<sup>6</sup> Failure mode and effects analysis / Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse

Verbesserung der Entscheidungsqualität und damit folgerichtig auch zur Verbesserung der Produktqualität beitragen soll.

Das Wesen der Arbeit umfasst drei Ziele, die nun im Folgenden näher erläutert und durch die nachfolgende Grafik visualisiert werden.

1. Bereitstellung von Anforderungsmanagement-Funktionalitäten
2. Bereitstellung eines WMS, als Kommunikations- und Kooperationsplattform für die Optimierung der Zusammenarbeit aller an Zuverlässigkeitsfragen beteiligter Mitarbeiter
3. Implementierung einer bidirektionalen Vernetzungsfunktionalität innerhalb des WMS, um u.a. Komponenten, Anforderungen, Prozesse, Funktionen sowie QM-Methoden untereinander zu vernetzen sowie eine Möglichkeit bereitzustellen, diese Verknüpfungen mit entsprechenden Hintergrundwissen zu attributieren

Folglich entspricht das zu entwickelnde Portal dem Charakter einer harmonischen Kombination von Wissens- und Qualitätsmanagement<sup>7</sup> im Fokus einer ganzheitlichen Produktlebenszyklusbetrachtung.



**Abb. 1.6:** Zusammenhang der Zielstellungen des WMS

Das Gesamtziel der Bemühungen im Rahmen der Diplomarbeit ist die Konzipierung einer Methode für die anforderungsgerechte Entwicklung mechatronischer Systeme, welche während des gesamten PLC als Werkzeug zur Verfügung stehen soll. Zur Verbesserung der Effektivität von Entwicklungsprozessen soll ein kontinuierliches Anforderungsmanagement einbezogen werden. Daher sieht Punkt eins der Zielsetzung der Diplomarbeit vor, die Zuverlässigkeit mechatronischer Systeme mittels einer

<sup>7</sup> Der Zusammenhang zwischen Wissens- und Qualitätsmanagementsystem wird in Kapitel 4.4 erörtert.

kontinuierlichen Überprüfung der Anforderungserfüllung zu verbessern. Damit eine anforderungsgerechte Entwicklung mechatronischer Systeme gewährleistet wird, soll es möglich sein, notwendige Änderungen an den Planungsvorgaben, deren Rechtfertigung sowie Verbesserungsvorschläge rechnerunterstützt in Form neuer oder präzisierter Anforderungen in vorgelagerte Entscheidungsbereiche zurückzuführen und damit für Neu- oder Variantenentwicklungen zur Verfügung zu stellen (siehe Abb. 1.7 und Abb. 1.8). Diese Informationsrückführung stellt damit einen ersten Schritt zur unternehmensweiten Diskussion über Entwicklungsergebnisse dar. Fördernd wirkt dabei eine systematisch wachsende Daten- und Erfahrungswertbasis zu Produkten, Anforderungen, Methoden, Risiken etc. Dadurch könnten u.a. die für diesen Zweck oftmals in der Praxis eingerichteten „Lessons Learned“ Datenbanken<sup>8</sup> weitestgehend ersetzt werden.

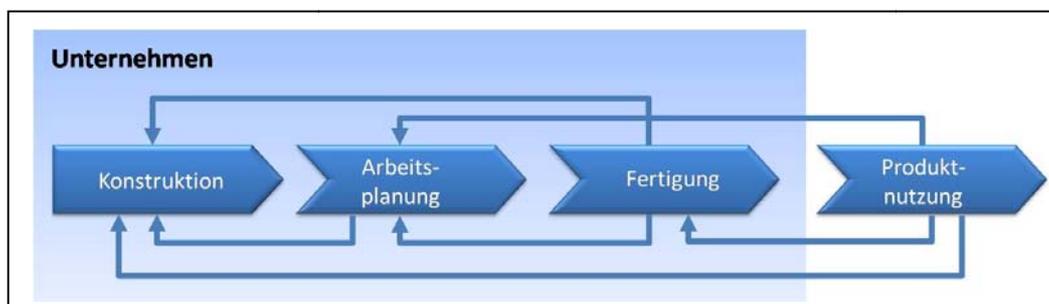


Abb. 1.7: Mögliche Rückführungskreisläufe

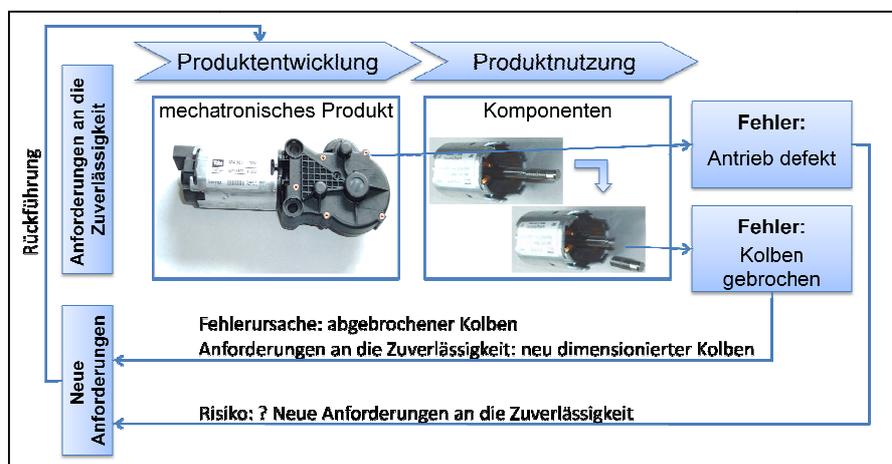


Abb. 1.8: Rückführungskreislauf von Anforderungen, vgl. [BIR097 S. 36]

Bezogen auf Punkt zwei setzt sich die vorliegende Arbeit zum Ziel, einen Beitrag zur Verbesserung des Wissensmanagements in einer Organisation zur Zuverlässigkeitsverbesserung mechatronischer Systeme zu leisten. Für die organisatorische Dimension wird ein Rahmenprozess definiert, der dem besonderen Charakter der Zuverlässigkeits-

<sup>8</sup> Oftmals sind diese Informationen ebenfalls in MS Excel gehalten, die Nachteile sind wie o.g. die dezentrale Pflege sowie die unstrukturierte Darstellung.

verbesserung gerecht wird und für die jeweilige Problemstellung spezifisch detailliert werden kann. Ein übergreifendes, effizienz- und effektivitätssteigerndes Ziel ist dabei die Verbesserung der Kommunikation zwischen den zahlreichen involvierten Bereichen zu ermöglichen. Bezogen auf die Nutzung von Wissen und Erfahrungen, die im Unternehmen meist verteilt vorliegen, ist der problemspezifische und insbesondere der übergreifende Austausch hinsichtlich Zuverlässigkeit zwischen den Mitarbeitern zu fördern. Daher sind Zuverlässigkeitsinformationen unternehmensweit und systematisch zu sammeln, den Fragestellungen im Zuverlässigkeitsmanagement entsprechend aufzubereiten und zu hinterlegen. Weiter soll ein Lernen aus diesen gewonnenen Zuverlässigkeitsdefiziten und Auswertung diesbezüglicher Erfahrungen aus ähnlichen, vorangegangenen Projekten, ermöglicht werden. Diesen Vorgaben entsprechend wird ein integriertes WMS entwickelt, welches den an den Zuverlässigkeitsfragen beteiligten Mitarbeitern unter Berücksichtigung verschiedener Wissensarten bzw. -formen ermöglicht, Erfahrungen zu sammeln, bereitzustellen und auszutauschen, um damit eine Wissensbasis für zukünftige Produkte zu schaffen.

Um die Komplexität und Variabilität, die durch die Charakteristik mechatronischer Systeme entsteht, berücksichtigen zu können, sollen die Komponenten des mechatronischen Systems untereinander mit den zuverlässigkeitsrelevanten Anforderungen, Prozessen, Funktionen sowie QM-Methoden verknüpft werden können (Punkt drei der eingangs dargestellten Zielstellung). Diese vier Systeme sind untrennbar miteinander verbunden und in Kombination von entscheidender Wichtigkeit. Ein weiteres zentrales Ziel des zu entwickelnden WMS ist es, dass kontinuierlich alle Systemabbilder, namentlich Produktsystem, Funktionssystem und Prozesssystem, in ihrem Zusammenhang betrachtet, die Strukturen abgeglichen und damit die Integrität der Systeme sichergestellt wird. Gleichzeitig sollen diese Verknüpfungen mit Hintergrundinformationen wie Entscheidungsbegründungen, Lösungsbeschreibungen, Vorgehensweisen, Wertigkeiten, Korrelationen etc. attribuiert werden können. Ziel soll es sein, auf Basis der angelegten Daten eine detailliertere Produktkenntnis zu ermöglichen, indem Wechselwirkungen bzw. interaktive Zusammenhänge zwischen den o.g. Objekten aufgezeigt werden. Damit kann der Bearbeiter zu jedem Zeitpunkt während des Entwicklungsprozesses über die Konsequenzen seiner Arbeitsergebnisse dahingehend informiert werden, dass wenn er Änderungen beispielsweise an Komponenten vornehmen möchte, er dargestellt bekommt, welche anderen Komponenten mit der zu ändernden Komponente in Wechselwirkung stehen, welche Funktionen und Anforderungen davon betroffen sind und welche QM-Methoden erneut ausgeführt werden müssen, damit die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems weiterhin gewährleistet bleibt. Damit soll es ein wesentliches Ergebnis des in dieser Arbeit zu entwickelnden WMS sein, einen Beitrag zu leisten, die Kenntnis der Zusammenhänge

und Abhängigkeiten zwischen den Prozessen, Komponenten, Funktionen und Anforderungen eines mechatronischen Systems zu erhöhen.

Damit ist es angesichts der aufgezeigten Situation das Ziel dieser Arbeit ein groupware-basiertes WMS zu entwickeln, das eine serienbegleitende Zuverlässigkeitsverbesserung komplexer technischer Produkte durch eine kontinuierliche Erfahrungsdokumentation zur Entwicklung zuverlässiger Neuprodukte unterstützt. Die prototypische Umsetzung des hierfür zu entwickelnden Konzeptes soll dabei unter Verwendung von verbreiteten Internet-Technologien vorgenommen werden. Dies ermöglicht den Einsatz des WMS als Assistenzsystem für Informations- und Entscheidungsunterstützungszwecke auch in verteilten, dezentralen Produktentwicklungsprozessen. Zudem soll der nicht operative Charakter des Systems zahlreiche weitere Anwendungsmöglichkeiten, u.a. ein kontinuierliches Anforderungsmanagement über die Zuverlässigkeitsanforderungen hinaus, Absicherung gegen Schadenersatzansprüche oder sogar einen Einsatz zum Zweck der Einarbeitung und Orientierung neuer, unerfahrener Mitarbeiter in die Produktentwicklung ermöglichen. Die Ziele für die Systemanwendung lassen sich zusätzlich nach ihrer Ausrichtung auf Effizienz und Effektivität unterteilen. Die Effizienz soll durch zwei Effekte erhöht werden: Zum einen soll der Zugriff auf im System geführte Informationen erleichtert sowie die Wiederverwendung vorhandener Informationen durch erhöhte Transparenz und adäquate Strukturierung gefördert werden. Hierdurch sollen Suchzeiten reduziert und Doppelarbeiten vermieden werden. Zum anderen soll die Aufgabenbearbeitung durch teilweise Automatisierung sowie entsprechende Unterstützung vereinfacht werden. Dies senkt den Bearbeitungsaufwand für einzelne Tätigkeiten und beschleunigt ihren Durchlauf. Hinsichtlich der Effektivität sollen Maßnahmen zur Zuverlässigkeitsverbesserung zielgerichteter ermittelt sowie die Zuverlässigkeit neuer Produkte durch Nutzung bestehender Informationen gesteigert werden. Ferner ist es Ziel, systematisch Erfahrungswissen zur Zuverlässigkeitsverbesserung aufzubauen und zu nutzen, vgl. [PFEI96a, S. 264]. Auf diese Weise wird ein wesentlicher Beitrag zur Sicherung der Wirtschaftlichkeit und der Wettbewerbsfähigkeit bestehender und neuer Produkte geleistet. Weiter ermöglicht eine verbesserte Kommunikation und Kooperation sowie Produktkenntnis eine von vornherein verbesserte Entwicklung und führt damit zu einer entscheidenden Senkung der Entwicklungs- und Durchlaufzeiten wie auch zu einer signifikanten Kostenreduzierung, vgl. [WOLL94, S. 1f.].

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit den oben genannten Problemstellungen. Sie zeigt einen neuen Weg durch die Erstellung einer leistungsfähigen Konzeptlösung zum Aufbau eines nutzerorientierten WMS auf. Ein signifikanter Mehrwert soll durch die systemübergreifende Strukturierung der Informationsmengen, durch die Formalisierung

der Bedeutung von Informationen sowie durch die Bereitstellung kontextueller Informationen zwischen Informationen erreicht werden. Die Entwicklung eines entsprechenden Software-Systems, das diese Konzepte und Empfehlungen prototypisch umsetzt, bildet die praktische Zielsetzung der Arbeit. Dazu soll eine Lösung für ein integriertes WMS entwickelt werden, das sämtliche Produktentwicklungsphasen unter Berücksichtigung verschiedener Wissensarten bzw. -formen<sup>9</sup> vereint und einheitlich berücksichtigt.

Exemplarisch werden zu den bereits geschilderten Forderungen einige weitere Kriterien an die Zielstellung formuliert bzw. zusammengefasst:

- die Methode soll (im Vergleich zur QFD) zusätzliche Informationen liefern
- die Methode soll durch Automatisierung Vereinfachungen ermöglichen bzw. Zeit einsparen
- die Systemvergleiche sollen Beziehungen / Widersprüche / fehlende Systemteile u. Ä. aufzeigen

### **1.3 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit**

Um das im vorher liegenden Abschnitt formulierte Ziel der Arbeit zu erreichen, wird im Sinne des wissenschaftlichen Arbeitens zunächst eine eindeutige Vorgehensweise bzw. der Aufbau der Arbeit festgelegt.

Anhand der in diesem Kapitel ermittelten Defizite und Problemstellungen wurde der resultierende Handlungsbedarf für diese Arbeit konkretisiert und Zielstellungen für das weitere Vorgehen der Arbeit abgeleitet. Das zweite Kapitel dieser Arbeit hat die Aufgabe allgemeine Grundlagen der Themenstellung aufzubereiten. Dazu gehören das Aufstellen einer Begriffssystematik und die Definition der Begriffe, denen eine zentrale Rolle innerhalb der Arbeit zugeordnet ist.

Angesichts des eingegrenzten Betrachtungsraums dieser Arbeit werden dann im Kapitel 3.1 bestehende Methoden und Vorgehenskonzepte hinsichtlich ihrer Eignung zur anforderungsgerechten Produktentwicklung untersucht. Darauf folgend werden im zweiten Teil dieses Kapitels ausgewählte normative Ansätze aus dem Bereich der Konstruktions- und Entwicklungsmethodik hinsichtlich des anforderungsgerechten

---

<sup>9</sup> Ein Versuch, das unternehmensweite bzw. produktlebenslaufweite Wissen sowie sämtliche denkbaren Wissensformen zu erfassen, zu verwalten und bedarfsgerecht bereitzustellen, könnte verständlicherweise den Rahmen der Arbeit sprengen. Daher wird an dieser Stelle eine klare Einordnung und Gebietsabgrenzung vorgenommen

Produktentwickeln sowie der DV-Unterstützung analysiert. Die Ergebnisse werden in entsprechenden Unterabschnitten beschrieben und in zusammengefasster Form einer Tabelle am Ende des jeweiligen Abschnitts dargestellt. Die Recherche dieser bereits existierenden Konzepte und Methoden im Bezug auf eine anforderungsgerechte Entwicklung mechatronischer Systeme soll einerseits die Motivation des Zieles argumentativ unterstützen und andererseits Hinweise für mögliche und notwendige Verbesserungen liefern, die in das Entwicklungsvorhaben als Anregungen mit einfließen. Im nachfolgenden Abschnitt erfolgt dann eine zusammenfassende Darstellung der derzeitigen Unterstützung der Wissensdokumentation in der Produktentwicklung. Abschließend werden die Ergebnisse der Recherche in einer entsprechenden Anforderungsliste für die Umsetzung des WMS ergänzt.

Nachfolgend wird dann in Kapitel fünf aus der bereits erfolgten Festlegung der Zielsetzung der Arbeit, in Kombination mit dem Stand der Technik Anforderungen an die Umsetzung des WMS abgeleitet. Auf Basis des formulierten Anforderungskataloges wurde bereits im vierten Kapitel nach vorhandenen Ansätzen, Lösungen und Konzepten gesucht. Die Feststellung, dass der Stand der Technik über keine zufrieden stellenden Lösungen verfügt, führt unmittelbar zur Notwendigkeit der Konzeption einer neuen Lösung. Dazu wird ein allgemeines fachspezifisches Konzept am Beispiel der QM-Methoden QFD und FMEA entwickelt, welches unter Verwendung einer verbreiteten Internet-Technologien prototypisch umgesetzt wird. Am Beispiel von QFD und FMEA wird aufgezeigt, wie sich aus der sinnvollen Kombination positive diskrete Effekte erzielen lassen. Aufbauend auf der Begriffsdefinition aus Kapitel zwei (vgl. Abb. 2.1) wird das weitere Vorgehen zur Konzeption der Methodik in drei Abschnitte gegliedert. Diese unterteilen sich in das Anforderungsmanagement, der Vernetzung von Systemstrukturen sowie der Möglichkeit die Verknüpfungen zu beschreiben, als auch allgemeine Erfahrungen bzgl. Zuverlässigkeitsverbesserungen zu dokumentieren (vgl. Abb. 1.6). Gegenstand des darauf folgenden Abschnittes ist es, eine passförmige Methodik zur Modellierung der Anforderungen zu konzipieren. Ausgehend von dem in Kapitel 4.2 beschriebenen Anforderungsdatensatz, wird dann erläutert, wie aus der Anforderungsvielfalt mit verschiedenen Stakeholdern ein strukturierter Anforderungsbaum entwickelt werden kann. Es werden Methoden zur Zerlegung und zur Strukturierung von Anforderungen sowie zum zerteilen bzw. zusammenfügen von Anforderungsstrukturen vorgestellt. Als Werkzeuge dienen hierfür u.a. die Gruppierung und der Paarvergleich von Anforderungen. Im nächsten Abschnitt wird dann näher auf die Vernetzung der Systemstrukturen eingegangen. Dazu werden exemplarisch einige Vernetzungskombinationen erläutert. Als Abschluss dieses Abschnitts werden wesentliche Erkenntnisse zusammengefasst sowie generelle Potenziale und Einschränkungen bzgl. der Vernetzung abgeleitet. Der anschließende Abschnitt 4.4 des

Konzepts umfasst zwei WM-Herangehensweisen, zunächst im Speziellen (Wirkbeziehungen der Elemente) als auch im Allgemeinen (Erfahrungsdokumentation). Zur Umsetzung von WM-Funktionalitäten werden Entwicklungen bei den Informations- und Kommunikationstechnologien untersucht, durch deren Einsatz die Realisierung einiger Anforderungen DV-seitig unterstützt werden können. Die Untersuchung erfolgt dabei insbesondere vor dem Hintergrund der prototypischen Umsetzung des Konzeptes unter Verwendung der Microsoft® SharePoint® Technologie. Anschließend wird die Möglichkeit der Attributierung der Verknüpfungen vorgestellt, um Wirkbeziehungen und Abhängigkeiten beschreiben und präzisieren zu können. Als informationstechnische Realisierung der zuvor vorgenommenen theoretischen Konzeptionalisierung und damit zur Schließung der aufgezeigten Praxislücke, folgt als Gegenstand des sechsten Kapitels eine kurze Darstellung von Microsoft® SharePoint® als Lösungsplattform für das WMS. Nachfolgend wird dann im Einzelnen die der Technologie zugrunde liegenden Philosophie und Systemarchitektur erläutert sowie kurz auf das Vorgehen zum Aufbau einer dynamischen Wissensdatenbank eingegangen. Schließlich werden im siebenten Kapitel die wichtigsten Ergebnisse und Erkenntnisse dieser Arbeit zusammengefasst und kritisch betrachtet. Daraus entstanden Empfehlungen für weitere gebietsbezogene Arbeiten, welche den abschließenden Ausblick bilden.

Als Ergänzung der vorliegenden Arbeit ist ein umfassender Anhang entstanden, der sich vorwiegend an den interessierten Leser richtet und punktuell die Funktionsweise des WMS demonstriert und erklärt. Als weitere Ergänzung wird der Wissenslebenszyklus nach Probst kurz dargestellt.

## 2 Grundlagen und Kennzeichnung der Situation

### 2.1 Eingrenzung des Betrachtungsraums und Begriffsbestimmung

Eine grobe Bestimmung des Betrachtungsraums liefert bereits die Themenstellung der Diplomarbeit. Für eine wissenschaftliche Bearbeitung dieses Betrachtungsraums sind präzise, einheitliche Begriffsdefinitionen erforderlich. Schwerpunkte der Begriffsbestimmung bilden die Definitionen Zuverlässigkeit, Qualität, Wissensmanagement sowie Systemstrukturen und den damit verbundenen Begriffen. Diese dienen dazu, eine Basis für das Verständnis der verwendeten Begriffe und deren Zusammenhänge herzustellen und untereinander abzugrenzen. Zur besseren Übersicht werden die hier diskutierten Grundbegriffe je nach zugehöriger wissenschaftlicher Disziplin in Gruppen zusammengefasst. Zuerst werden Begriffe erläutert, die dem Bereich des Zuverlässigkeitsbegriffs entstammen. Es folgen die produktentwicklungsrelevanten Begriffe, und schließlich bilden die WM-Grundbegriffe die dritte Gruppe.

Aufbauend auf den Erkenntnissen des ersten Kapitels und den Begriffsdefinitionen in diesem Kapitel, zeigt die folgende Abbildung die Begriffssystematik für diese Arbeit:

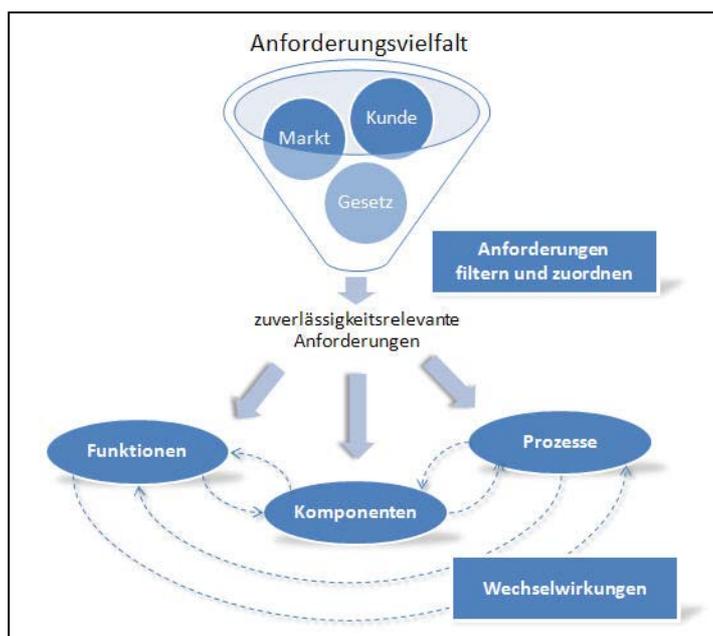


Abb. 2.1: Begriffssystematik

Den Ausgangspunkt zum anforderungsgerechten Entwickeln stellt die Anforderungsvielfalt, deren Ursprung die verschiedenen Stakeholder sind, dar. Diese Vielfalt gilt es durch geeignete Methoden zu filtern und entsprechend den Zielen zuzuordnen. Ziele sind das Produkt, die Prozesse, sowie die Funktionen innerhalb des mechatronischen Systems. Im Folgenden werden diese Begriffe näher erläutert.

### 2.1.1 Begriffsdefinitionen zur Zuverlässigkeit

Qualität ist gemäß Norm definiert als „die Gesamtheit von Merkmalen einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen“, vgl. [DIN8402, S. 9]. Diesen Zusammenhang beschrieb Philip B. Crosby schon 1979 in seinem Buch „Quality is free ~ Qualität kostet nichts“, in dem er vier Grundsätzen der Qualität definierte, wobei der erste Eckpfeiler der Qualität lautete: „Die Definition von Qualität ist Erfüllung von Anforderungen“ oder anders ausgedrückt Qualität wird als Grad der Übereinstimmung mit Anforderungen definiert. Diese Definition zielt somit auf die realisierte Beschaffenheit bezüglich der Qualitätsforderung ab; Zuverlässigkeit wird als ein solches Erfordernis explizit genannt. Zuverlässigkeit stellt einen der zeitbezogenen Aspekte der Qualität, vgl. [DIN8402, S. 12] in Form von Langzeitqualität dar und repräsentiert somit die Qualität eines Produkts während seines Einsatzes, vgl. [BeLe99, S. 128]. Ebenso sieht ein weiterer Pionier des Qualitätsmanagements, David A. Garvin, die Zuverlässigkeit als eine von acht Qualitätsforderungen neben Gebrauchsnutzen, Lebensdauer, Ausstattung, Ästhetik, Image, Kundendienst und Konformität, vgl. [GARV88, S. 47ff.]. Allerdings wird der Begriff der Zuverlässigkeit im allgemeinen Sprachgebrauch vielfältig benutzt: synonyme Verwendungen sind u.a. Verlässlichkeit, Instandhaltbarkeit, Verfügbarkeit oder Sicherheit. Angesichts dieser Vielzahl von Bedeutungen ist für diese Arbeit eine detaillierte Definition erforderlich, durch die Zuverlässigkeit objektiviert und operationalisiert wird. Gemäß der begriffsdefinierenden Norm DIN 40041 ist Zuverlässigkeit die „Wahrscheinlichkeit, dass die geforderte Funktion eines Produktes unter den gegebenen Arbeitsbedingungen während einer festgelegten Zeitdauer ausfallfrei ausgeführt wird“. Folglich ist Zuverlässigkeit eine Eigenschaft und keine quantitative Größe. Für Aussagen über das Zuverlässigkeits- bzw. Ausfallverhalten werden Kenngrößen benötigt, diese sind allerdings nicht Bestandteil der Arbeit und finden demnach hier auch keine Erläuterung.

Der Zuverlässigkeitsbegriff wird allerdings für die Diplomarbeit eingegrenzt, dies wird schon im Titel der Arbeit deutlich, welche mit „... für ein nachhaltiges robustes Design...“ betitelt wird. Wobei robustes Design bedeutet, dass ein Produkt ausgereift ist, es erfüllt in der Summe seiner Komponenten, die von ihm geforderten Funktionen zuverlässig innerhalb der definierten Anforderungen. Dabei ist das Produkt robust gegenüber Toleranzen, wechselnden Einsatz- und Betriebsbedingungen sowie Umwelt- und Alterungseinflüssen, vgl. [PfSc07, S. 433f.]. Der Zusammenhang beider Begriffe liegt klar auf der Hand, daher wird im weiteren Verlauf der Diplomarbeit weiterhin nur von Zuverlässigkeit gesprochen.

### **2.1.2 Begriffsdefinitionen zum Systembegriff**

Wie die Themenstellung der Diplomarbeit deutlich zeigt, ist der Systembegriff von zentraler Bedeutung. Deshalb wird er im Folgenden genauer untergliedert und abgegrenzt sowie zusammen mit weiteren Begriffen aus diesem Umfeld näher analysiert, soweit es für das nachfolgende Konzept zur Strukturierung und Vernetzung erforderlich ist.

#### **System (nach DIN EN ISO 9000:2000)**

„Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Elementen.“

#### **System (nach DIN EN 61508-4)**

„Menge von Elementen, die nach einem Entwurf in gegenseitiger Beziehung stehen. Ein Element eines Systems kann zugleich ein anderes System sein, genannt Teilsystem, welches ein steuerndes oder ein gesteuertes System und Hardware, Software und menschliche Eingriffe beinhalten kann.“

Diese allgemein gehaltene Definition wird durch die folgenden Definitionen nach VDI 2221 näher spezifiziert:

#### **Technisches System (nach VDI 2221)**

„Gesamtheit von der Umgebung abgrenzbarer (Systemgrenzen), geordneter und verknüpfter Elemente, die mit dieser durch technische Eingangs- und Ausgangsgrößen in Verbindung stehen.“

#### **Mechatronisches System (nach VDI 2206)**

„Mechatronik bezeichnet das synergetische Zusammenwirken der Fachdisziplinen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik beim Entwurf und der Herstellung industrieller Erzeugnisse sowie bei der Prozessgestaltung.“

Diese Definitionen sind wiederum sehr allgemein gehalten, weshalb für das weitere Vorgehen in dieser Arbeit die geordneten und verknüpften Elemente genauer spezifiziert werden:

#### **Produkt (nach VDI 4003)**

„Unter dem Begriff „Produkt“ werden eindeutig beschriebene, lieferbare, aus Hardware- und/oder Software- Anteilen zusammengesetzte Geräte, Systeme, Verfahren, Prozesse, Anlagen und Dienstleistungen verstanden und im Sinne dieser Richtlinie als abgegrenzte Einheit (Betrachtungseinheit) aufgefasst.“

#### **Produktkomponente (nach VDI 2221)**

„Ein bauliches Merkmal des Produktes.“

**Betrachtungseinheit (nach VDI 4003)**

„Die Betrachtungseinheit (auch Einheit) ist Gegenstand der Zuverlässigkeitsuntersuchung, sie kann Teil eines Produkts oder das gesamte Produkt sein. Sie muss definiert werden.“

**Anforderungen**

Sehr knappe Definitionen des Begriffs „Anforderungen“ liefern die DIN 9000:2000 und die VDI 2221. Die DIN 9000:2000 definiert den Begriff „Anforderungen“ sowohl allgemein als auch im Speziellen, als „Anforderungen an das Produkt“.

**Anforderung (nach DIN EN ISO 9000:2000)**

„Erfordernis oder Erwartung, das oder die festgelegt, üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend ist.“

**Anforderungen an Produkte (nach DIN EN ISO 9000:2000)**

„Anforderungen an Produkte können entweder von den Kunden oder von der Organisation in Vorwegnahme der Kundenanforderungen oder durch behördliche Vorschriften festgelegt werden. Anforderungen an Produkte und in einigen Fällen Anforderungen an zugehörige Prozesse können z. B. enthalten sein in technischen Spezifikationen, Produktnormen, Prozessnormen, Vertragsvereinbarungen und behördlichen Anforderungen.“

**Anforderungen (nach VDI 2221)**

„Qualitative und/oder quantitative Festlegung von Eigenschaften oder Bedingungen für ein Produkt. Dabei lassen sich für Anforderungen unterschiedliche Gewichtungen feststellen.“

**Zuverlässigkeitsforderungen (nach VDI 4003)**

„Die Zuverlässigkeitsforderungen definieren die zu erreichenden und nachzuweisenden Zuverlässigkeitsmerkmale. Sie sind Teil der Qualitätsforderung und durchlaufen im Zuge der Zuverlässigkeitsplanung und im Lebenszyklus eines Produkts im Allgemeinen mehrere Konkretisierungsstufen.“

**Spezifikation (nach VDI 4003)**

„In der Spezifikation sind die Vorgaben (z.B. Funktion, Eigenschaften, Einsatzbedingungen) für das zu liefernde Produkt festgelegt. Sie kann vom Kunden oder der Organisation erstellt werden. Die Spezifikation ist Bestandteil des Vertrages zwischen Kunde und Organisation<sup>10</sup>.“

---

<sup>10</sup> Zum Beispiel Lastenheft von der Organisation, Pflichtenheft von Lieferanten.

Aus diesen Definitionen lässt sich zusammenfassend ableiten, dass Anforderungen von verschiedenen Quellen (Kunde, Unternehmen und behördliche Vorschriften) stammen können und sie sich an das Produkt, an Prozesse oder der am Prozess beteiligten Personen richten können. Dabei werden qualitative und/ oder quantitative Festlegungen bezüglich der Eigenschaften oder Bedingungen der zu erbringenden Leistung getroffen, die im WMS erfasst und dokumentiert werden müssen.

Ein **Fehler** ist nach EN ISO 9000:2005 hingegen als „Nichterfüllung einer Anforderung“ definiert.

### **Der Funktionsbegriff (nach VDI 2221)**

Nach DIN EN 1325-1 ist mit Funktion die Wirkung eines Produktes oder eines seiner Bestandteile gemeint. Die VDI 2221 beschreibt diesen Begriff ausführlicher als lösungsneutrale beschriebene Beziehung zwischen Eingangs-, Ausgangs- und Zustandsgrößen eines Systems.

Die Gesamtfunktion eines Systems ist dabei die „Gesamtheit aller Funktionen, die ein Produkt verwirklicht oder verwirklichen soll.“

### **Die Prozessstruktur**

Die allgemeine Grundlage für die Prozessstruktur stellt, wie in Kapitel 4.3.1.1 beschrieben, der Produktlebenszyklus (PLC) dar.

### **Lebenszyklus (nach VDI 4003)**

Unter dem Begriff Lebenszyklus des Produkts werden vier Lebensphasen unterschieden:

1. Entwicklung, einschließlich Konzept, Konstruktion und Verifizierung
2. Herstellung, einschließlich Einbau und Inbetriebnahme
3. Betrieb, einschließlich Instandhaltung
4. Entsorgung und Wiederverwertung (Recycling)

Für diese Arbeit wird eine verbindliche Unterteilung des Produktlebenslaufes festgelegt, die eine mittlere Granularität aufweist (vgl. Abb. 4.11).

### **Prozess (nach DIN EN ISO 9001:2000)**

„Eine Tätigkeit, die Ressourcen verwendet und die ausgeführt wird, um die Umwandlung von Eingaben in Ergebnisse zu ermöglichen, kann als Prozess angesehen werden.“ Eine für die Arbeit entsprechendere Definition findet sich in [SCHE02], dort wird ein Prozess als eine zusammengehörende Abfolge von Unternehmungsverrichtungen bzw. -aktivitäten zum Zweck einer Leistungserstellung verstanden.

### **Risiko (nach DIN EN 61508-4)**

Kombination aus der Wahrscheinlichkeit, mit der ein Schaden auftritt und dem Ausmaß dieses Schadens.

### **2.1.3 Begriffsdefinitionen des Wissensmanagements**

Betrachtet man allein die vielfältigen Definitionen und Einteilungsmöglichkeiten für Wissen<sup>11</sup>, so überrascht es nicht, dass die Aussage, was Wissensmanagement (WM) ist, sich schwierig darstellt und die Vorstellungen darüber erheblich divergieren. Der Grund liegt darin, dass sich WM als ein interdisziplinäres Forschungsgebiet etabliert hat und somit von den verschiedensten Forschungsbereichen wie Informatik insbesondere der Wirtschaftsinformatik, Wirtschaftswissenschaften, Psychologie, Philosophie, Kybernetik usw. beeinflusst wird. Einige viel zitierte Definitionen werden an dieser Stelle beispielhaft aufgezeigt, um damit die Vielfalt der Thematik aufzuzeigen.

Für Heckert, vgl. [HECK02, S. 3] umfasst „Wissensmanagement den systematischen Einsatz von Instrumenten der Organisation sowie Informations- und Kommunikationstechnologie für ein gezieltes Aufbauen, Verfügbar machen und Anwenden von Wissen zum Erreichen wohldefinierter Prozess- und Organisationsziele“.

North, vgl. [NORT05, S. 167 ff] sieht das „Wissensmanagement als Gestalten, Lenken und Entwickeln der organisatorischen Wissensbasis“.

Nach Probst, vgl. [PrRR03, S. 47] bildet Wissensmanagement „ein integriertes Interventionskonzept, das sich mit den Möglichkeiten zur Gestaltung der organisationalen Wissensbasis befasst“.

Nach Abecker/Hinkelmann/Maus/Müller, vgl. [AHMM02, S. 2] ist WM „ein systematischer und strukturierter, ganzheitlicher Ansatz, der implizites und explizites Wissen im Unternehmen als strategische Schlüssel-Ressource versteht und daher darauf abzielt, den Umgang mit Wissen in allen Ebenen nachhaltig zu verbessern, um Kosten zu senken, Qualität zu steigern, Innovationen zu fördern und Entwicklungszeiten zu verkürzen.“

Diese Definitionen zeigen, dass sie sich dem Thema Wissensmanagement aus verschiedenen Perspektiven nähern und nur unvollständig Antwort darauf geben, aus welchen Aktivitäten es besteht. Doch so unterschiedlich diese Definitionen auch sind, so lassen sich dennoch gemeinsame Schwerpunkte herausarbeiten: Wissensmanagement ist prozessorientiert, zielgerichtet und bezieht sich auf das im Unternehmen benötigte

---

<sup>11</sup> Die an dieser Stelle nicht zitiert werden, um die Arbeit nicht unnötig zu belasten.

Wissen sowie der effizienten Nutzung von Kommunikations- und Informationstechnologien. Wissensmanagement umfasst demnach sämtliche Werkzeuge, Konzepte und Strategien, um das in einem Unternehmen vorhandene Wissen transparent zu machen und darüber hinaus einen Mehrwert des vorhandenen Wissens zu schaffen, vgl. [PfSc07, S. 290].

Für diese Arbeit wird diesem Begriff ein etwas breiterer Geltungsbereich zugeordnet, nämlich der der Gesamtheit der daten- und informationsverwaltenden Technologien, die das WM unterstützen. Es steht auf jeden Fall fest, dass Daten-, Informations- und Wissensmanagement stets zusammenspielen müssen, da sich das Wissen auf Daten und Informationen stützt, vgl. [PrRR03].

In dieser Arbeit wurde bereits und wird im Folgenden oft auch der Begriff des sog. Hintergrundwissens verwendet. Es handelt sich dabei um keine neue Wissensenteilung, sondern lediglich um einen eher umgangssprachlichen Begriff, der zur Bezeichnung des gesamten erforderlichen Vorwissens für die Interpretation und Aufnahme neuen Wissens bzw. neuer Informationen zur Anwendung kommt.

### **3 Verfügbare Konzepte und Methoden**

#### **3.1 Allgemeine Vorgehenskonzepte zur anforderungsgerechten Produktentwicklung**

Bevor das dem WMS zugrunde liegende Konzept für ein nachhaltig robustes Design mechatronischer Systeme dargestellt wird, erfolgt in logischer Konsequenz eine kurze Recherche einiger ausgewählter, bereits existierender Konzepte und Methoden zu dieser Thematik. Um eventuelle Defizite daraus zu identifizieren und/ oder Potentiale für das eigene Konzept daraus abzuleiten.

##### **3.1.1 Besonderheiten der anforderungsgerechten Entwicklung**

Es herrscht eine Übereinstimmung in der Qualitätswissenschaft darüber, dass die Entwicklung von Produkten nur dann zielgerichtet sein kann, wenn kontinuierlich die Anforderungen seitens der verschiedenen Stakeholder an das System betrachtet und deren Grad der Erfüllung<sup>12</sup> bewertet wird, vgl. [PfSc07 S. 408]. Daher beginnt jeder Entwicklungsprozess mit der Analyse und Spezifikation der Forderungen an das Produkt. Folgerichtig ist ein wirksames und effektives Anforderungsmanagement nur über die iterative Anpassung der Detailliertheit an das System und die kontinuierliche Vernetzung der Anforderungen mit den Systemstrukturen umsetzbar.

Unter der Prämisse, dass der Methodeneinsatz grundsätzlich zum Ziel hat, die Erfüllung der gestellten Anforderungen durch das System zu verfolgen, ist es von immenser Wichtigkeit bei der folgenden Entwicklung der Methode, das Management der Anforderungen zu gewährleisten: Nach der Erfassung von Anforderungen muss das methodische Vorgehen eine Übersetzung der formulierten Forderungen auf eine gemeinsame Basis vorsehen, denn die Einbeziehung verschiedener Stakeholder bedingt gleichermaßen die Auseinandersetzung mit verschiedenen Sichtweisen und „Sprachcodes“ bei der Formulierung. Eine Systematisierung, vergleichende Betrachtung und Konkretisierung über Attribute schafft die Grundlage dafür, dass der nun formulierte Katalog mit dem System und seinen Dimensionen in Verhältnis gesetzt wird und in Konsequenz die Anforderungserfüllung bzw. die Beiträge der Elemente zur Erfüllung analysiert und bewertet werden können.

Die Vielfältigkeit von Anforderungen und deren Variabilität zwingt die Produktentwickler, die Flexibilität des entwickelten Produktes zu erhalten. Ein etabliertes Vorgehen, um komplexe Systeme zu gestalten, ist es daher, Subsysteme in

---

<sup>12</sup> Qualität ist die Übereinstimmung zwischen geforderter und realisierter Beschaffenheit des Produktes (DIN 2006).

Module aufzuteilen, diese eigenständig zu entwickeln und über die gezielte Kombination Produktvarianten zu gestalten (siehe nächsten Abschnitt). Die Möglichkeit, Produkte entsprechend der Anforderungen konfigurieren zu können, ist ein Beitrag zur Flexibilität und Reaktionsfähigkeit. Voraussetzung ist jedoch, dass Module gesondert betrachtet werden müssen und dass die Konsequenzen, welche sich durch die Kombination ergeben, weiter erfasst werden sollten. Dies betont die Forderung nach hierarchischen Strukturen und der Möglichkeit Systeme parallel und vergleichend zu analysieren.

### 3.1.2 Systems Engineering

Als elementarstes Vorgehenskonzept ist das Systems Engineering (SE) zu nennen. Es basiert auf der Kombination von Denkmodellen und Grundprinzipien, die eine zweckmäßige und zielgerichtete Gestaltung komplexer Systeme unterstützen, [ZÜST99]. Nach der Definition des INCOSE<sup>13</sup> ist das Systems Engineering eine Disziplin, deren Aufgabe die Erstellung und Ausführung eines interdisziplinären Prozesses ist, der sicherstellen soll, dass Kunden- und Stakeholder-Anforderungen in einer hohen Qualität, zuverlässig, kostengünstig und zeitlich konform in einem System über dem gesamten Lebenszyklus erfüllt werden können, vgl. [INCO06].

Systems Engineering beruht darauf, dass ein System mehr ist als die Summe seiner Subsysteme bzw. Teile und aus diesem Grund notwendigerweise die Gesamtzusammenhänge betrachtet werden sollten, vgl. [INCO06]. So schlägt das Vorgehensmodell für komplexe Aufgaben ein Vorgehen vom Groben zum Detail vor, vgl. [HNBM99, S. 30f.], durch die die Gliederung von Systemen ermöglicht wird. Nach einer Abgrenzung des zu untersuchenden Systems werden seine wesentlichen Elemente erkannt und mit ihren Beziehungen erfasst. Die Elemente werden anschließend z.B. durch Bildung von Untersystemen detailliert. Durch Unter- und Übersysteme wird eine hierarchische Gliederung über verschiedene Systemebenen ermöglicht, die eine stufenweise Detaillierung bis zu einem geeigneten Grad erlaubt. Hierdurch wird die Erfassung aller relevanten Bestandteile des Gesamtsystems gewährleistet und gleichzeitig die Komplexität innerhalb des jeweils betrachteten Einzelsystems reduziert, vgl. [HNBM99, S. 7f.]. Durch dieses Vorgehen wird eine unvollständige Erfassung des Gesamtsystems durch eine zu frühzeitige Vertiefung in die Details vermieden.

---

<sup>13</sup> International Council on Systems Engineering

SE schaut damit auf das Ganze, die Teile und die Beziehungen<sup>14</sup> zwischen den Teilen, um das System im Ganzen zu analysieren und die Teile zu verstehen, vgl. [INCO06].

Grundsätzlich ist der Ansatz der Systembetrachtung dadurch charakterisiert, dass in dessen Fokus die Beziehungen zwischen verschiedenen Elementen des Systems liegen. Die Interaktion der Elemente untereinander wird hervorgehoben sowie deren besondere Eigenschaften, dabei ist die verschieden orientierte Betrachtung des Systems von besonderer Bedeutung für dessen Verständnis, vgl. [HNBM99].

Angesichts der in dieser Arbeit fokussierten anforderungsgerechten Entwicklung fordert das SE explizit die Forderung nach einer konsequenten integrierten Verfolgung der Anforderungen über den gesamten Lebenszyklus. Systems Engineering ist jedoch nur als ein grundsätzliches Vorgehenskonzept bzw. eine Philosophie zu verstehen, welche einerseits durch verschiedene Interpretation zu Verwirrung führt und sich darüber hinaus zur Umsetzung verschiedenster Tools und Methoden bedienen muss. Verschiedene Modelle sind entwickelt worden, die auf der Basis des SE konkretere Vorgehensweisen empfehlen. Zu nennen ist hier beispielhaft das V-Modell, ein Vorgehensmodell zur Planung und Durchführung von IT-Projekten. Die Verbindung zum Systems Engineering besteht beispielhaft über die VDI-Richtlinie 2206, Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme

Durch die o.g. Eigenschaften eignet sich das SE als Grundlage für die Gestaltung der Zuverlässigkeitsverbesserung als spezifischer Problemlösungsprozess: Zum einen wird ein methodisches Vorgehen als organisatorischer Rahmenprozess benötigt; zum anderen ist die Integration bestehender zuverlässigkeitsspezifischer Komponenten (Fachwissen, Methoden, Instrumente, Informationen) erforderlich. Weitere nutzbare Ansätze für die Entwicklung des WMS sind die Einführung des Systemdenkens, der Detaillierungsgedanke des Vorgehensmodells und der Problemlösungszyklus des Vorgehensmodells selbst, welcher in den folgenden Kapiteln immer wieder aufgegriffen wird.

### **3.1.3 Requirements Engineering**

Das Requirements Engineering (RE) kann als Teildisziplin des Systems Engineering angesehen werden. Seine Schlüsselaufgabe ist die Systementwicklung<sup>15</sup> mit der Verantwortung für die Pflege der Anforderungen eines Systems über die Zeit. Es ist ein systematischer Prozess der Entwicklung von Anforderungen durch einen iterativen kooperativen Prozess der Problemanalyse, der Dokumentation der ergebenden

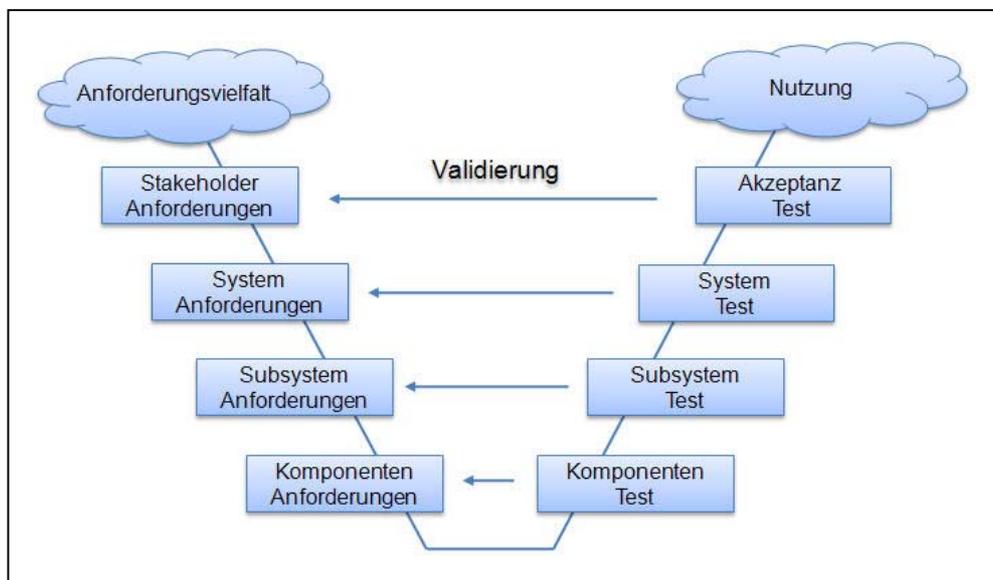
---

<sup>14</sup> z.B. Material- oder Informationsfluss, Organisation, räumliche Lage

<sup>15</sup> eigentlich von Softwaresystemen

Beobachtungen und der Kontrolle der Genauigkeit des erhaltenen Verständnisses. Das RE kann als Prozess beschrieben werden bzw. als organisierte Gruppe von Aktivitäten, Methoden und Praktiken, die erledigt werden müssen, um Produkte entstehen zu lassen und sie zu validieren. Dies umfasst das Sammeln, Dokumentieren, Analysieren und Verfolgen von Kundenforderungen über den Lebenszyklus eines Produktes, vgl. [RoRo06]. Die Kernziele des RE sind die Ermittlung von Anforderungen, deren inhaltliche Analyse und Filterung sowie Dokumentation und Pflege des Anforderungskatalogs über den Lebenszyklus eines Produktes, vgl. [RoRo06].

Die folgende Grafik (Abb. 1.3) zeigt, wie das V-Modell, angewendet auf das Anforderungsmanagement, dargestellt werden kann.



**Abb. 3.1:** V-Modell des Anforderungsmanagements

Die Entwicklung basiert dabei auf der hierarchischen Verfeinerung, wie im SE empfohlen, durch Zerlegung des Produktes in kleinere Einheiten vom System zu den Komponenten, bis schließlich eine Realisierung möglich wird. Dabei werden bei jedem Schritt zunächst die Forderungen aus den übergeordneten Elementen übernommen, die Zerlegung entworfen, die Realisierung spezifiziert und schließlich die resultierenden Forderungen der nächsten Ebene zugeordnet. Für jeden dieser Zerlegungsschritte existiert ein präzises Vorgehen, das auf einem einheitlichen Muster basiert und eine lückenlose Verfolgung der Forderungen ermöglicht<sup>16</sup>.

Die Grenzen zum SE sind etwas unscharf, weil in der Literatur teilweise Aktivitäten dem RE zugeordnet werden, die im klassischen SE angesiedelt sind wie z.B. die Vernetzung von Anforderungen und den Systemstrukturen. Weiter ist das RE ebenfalls

<sup>16</sup> Einen ersten möglichen Schritt zur Umsetzung dieses methodischen Vorgehens soll durch das zu entwickelnde WMS realisiert werden.

vielmehr als eine Art Philosophie aufzufassen, als struktureller Rahmen, welcher durch Methoden, Werkzeuge und konkrete Vorgehen unteretzt werden muss, um in der Entwicklung von Produkten angewendet werden zu können.

### **3.2 Analyse ausgewählter Methodikansätze zur anforderungsgerechten Produktentwicklung**

Dieser Abschnitt analysiert ausgewählte Methodikansätze hinsichtlich ihrer Eignung zum anforderungsgerechten Produktentwickeln. Zunächst werden verschiedene normative Ansätze betrachtet. In Deutschland haben sich Industrie und Wissenschaft auf Leitlinien verständigt, die aus den Erkenntnissen von Forschungs- und Praxisarbeiten entstanden sind, vgl. [VDI2206, S.4]. Diese Richtlinien, die unter der Federführung des VDI entstehen und dementsprechend als „VDI-Richtlinie“ bezeichnet werden, werden in der Praxis als Leitlinie für das methodische Vorgehen verwendet. Sie gelten allgemein als „Stand der Technik“. Ziel ist es, die Methoden ihren wichtigsten Anwendungsgebieten zuzuordnen. Auf eine ausführliche Erläuterung wird an dieser Stelle aber verzichtet, um die Diplomarbeit nicht unnötig zu belasten. In den folgenden Abschnitten gilt die jeweilige VDI Richtlinie der Kapitelüberschrift als Hauptquelle und wird aufgrund der besseren Lesbarkeit nicht mehrfach wiederholt.

#### **3.2.1 VDI 2221 Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte**

##### **Einordnung der VDI 2221**

In der VDI-Richtlinie 2221, vgl. [VDI2221] wird eine allgemeingültige, branchenunabhängige Grundlage ausgehend von der Entwicklungsaufgabe bis hin zum Abschluss der Konstruktion in sieben einzelne Schritte unterteilt (vgl. Abb. 3.2).

##### **Zielsetzung und Schwerpunkt**

Die VDI Richtlinie 2221 gliedert den Entwicklungsprozess in Arbeitsabschnitte und die dazugehörigen Ergebnisse mit zunehmendem Detaillierungs- und Konkretisierungsgrad auf. Die Darstellung des Vorgehensmodells vermittelt einen stark sequenziellen Charakter, obwohl die Notwendigkeit von Rücksprüngen im Sinne von Iterationen ebenfalls betont wird, vgl. [LIND08, S. 15]

Die folgende Abbildung zeigt dieses generelle Vorgehen bei der Produktentwicklung:

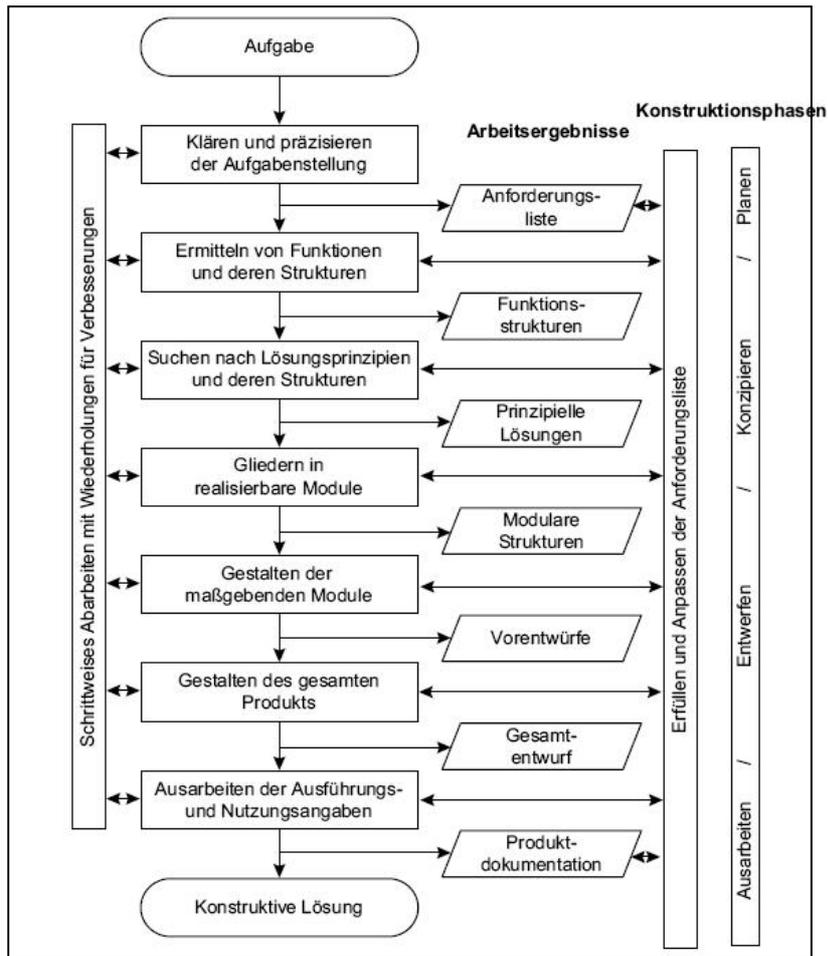


Abb. 3.2: Generelles Vorgehen beim Entwickeln. Quelle: [VDI2221, S.9, Bild 3.3]

Aufbauend auf den Vorgehensschritten ordnet die Richtlinie verschiedene Methoden den Arbeitsabschnitten zu. Dies erfolgt in Form einer Methodenmatrix. Die Abbildung Abb. 3.3 zeigt die Gegenüberstellung der Methodengruppen zu den Arbeitsabschnitten.

| Arbeitsabschnitte                                   | Arbeitsabschnitte                           |   |  |                                  |                                   |                                 |  |
|---|---|---|--|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--|
|   | Klären und präzisieren der Aufgabenstellung | Ermitteln von Funktionen und deren Strukturen | Suchen nach Lösungsprinzipien und deren Strukturen | Gliedern in realisierbare Module | Gestalten der maßgeblichen Module | Gestalten des gesamten Produkts | Ausarbeiten der Ausführungs- und Nutzungsangaben |
| Methodengruppen                                     | 1   | 2   | 3  | 4                                | 5                                 | 6                               | 7  |
| Analyse- und Zielvorgabe-Methoden                   |   |   |  |                                  |                                   |                                 |  |
| Methoden zum Entwickeln von Lösungs-ideen           |   |   |  |                                  |                                   |                                 |  |
| Kosten- und Wirtschaftlichkeitsberechnungsverfahren |   |   |  |                                  |                                   |                                 |  |
| Bewertungsverfahren und Entscheidungstechniken      |   |   |  |                                  |                                   |                                 |  |
| Integrierte Methoden (Handlungsmodelle)             |   |   |  |                                  |                                   |                                 |  |

Abb. 3.3: Methodenmatrix - Zuordnung der Methoden zu den Arbeitsabschnitten

## **Unterstützung bei der Handhabung von Anforderungen**

Das Vorgehensmodell (siehe Abb. 3.2) enthält die Elemente „Anforderungsliste“ und „Erfüllen und Anpassen der Anforderungen“. Die in der Methodenmatrix aufgeführten Methoden stellen aber keine hinreichende Unterstützung bei der umfassenden Handhabung der Anforderungen im Entwicklungsprozess dar. Es stehen nur Methoden zur Ermittlung von Anforderungen und Analyse des Produktumfeldes zur Verfügung. Für die weitere Handhabung, z.B. zur Vernetzung, zum Abgleich oder zur Strukturierung der Anforderungen, reicht die Funktionalität der Anforderungsliste nicht aus.

### **3.2.2 VDI 2422 Entwicklungsmethodik für Geräte mit Steuerung durch Mikroelektronik**

#### **Einordnung der VDI 2422**

Die VDI 2422 entstand vor dem Hintergrund des Einzugs der Mikroelektronik in die Gerätetechnik, vgl. [VDI2206, S.4]. Sie ergänzt die Richtlinie VDI 2221 um Methoden, die sich in der Praxis bei der Entwicklung von Geräten mit Steuerungen durch Mikroelektronik als hilfreich erwiesen haben, vgl. [VDI2422, S.3].

#### **Zielsetzung und Schwerpunkt**

Der Schwerpunkt der Richtlinie liegt in der Beschreibung des konkreten Vorgehens bei der Geräteentwicklung. Dazu werden die Vorgehensschritte in den Bereichen Software-Entwicklung, Schaltungsentwicklung und bei der Entwicklung des elektromechanischen Geräteteils detailliert beschrieben. Hierzu zeigt die VDI 2422 Wege auf, wie sich die Entwicklungsaufgabe in zeitliche und fachliche Abschnitte gliedern lässt, vgl. [VDI2422, S.14 ff]. Durch die Beschreibung der Schnittstellen und der Definition von allgemeinen Begriffsinhalten wird ein zum Anwenden der verschiedenen Methoden notwendiges begriffliches Verständnis erstellt.

#### **Unterstützung bei der Handhabung von Anforderungen**

Die VDI 2422 beschreibt ebenfalls keine Methoden zur Handhabung der Anforderungen. Sie weißt beim Vorgehen zur Geräteentwicklung nur auf das Erstellen des Pflichtenhefts hin, vgl. [VDI2422, S.14]. Sie erläutert dieses Vorgehen jedoch nicht vor dem Hintergrund, dass die verschiedenen Anforderungen an unterschiedliche Fachbereiche gerichtet sein können und in Wechselwirkung stehen.

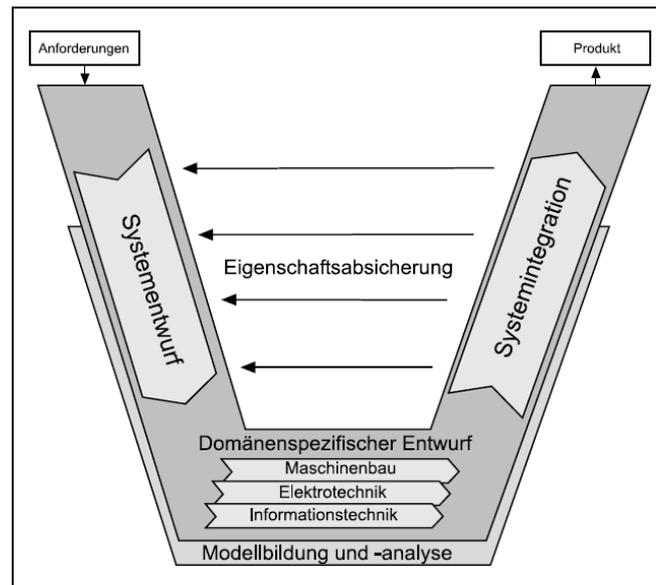
### **3.2.3 VDI 2206 Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme**

#### **Einordnung**

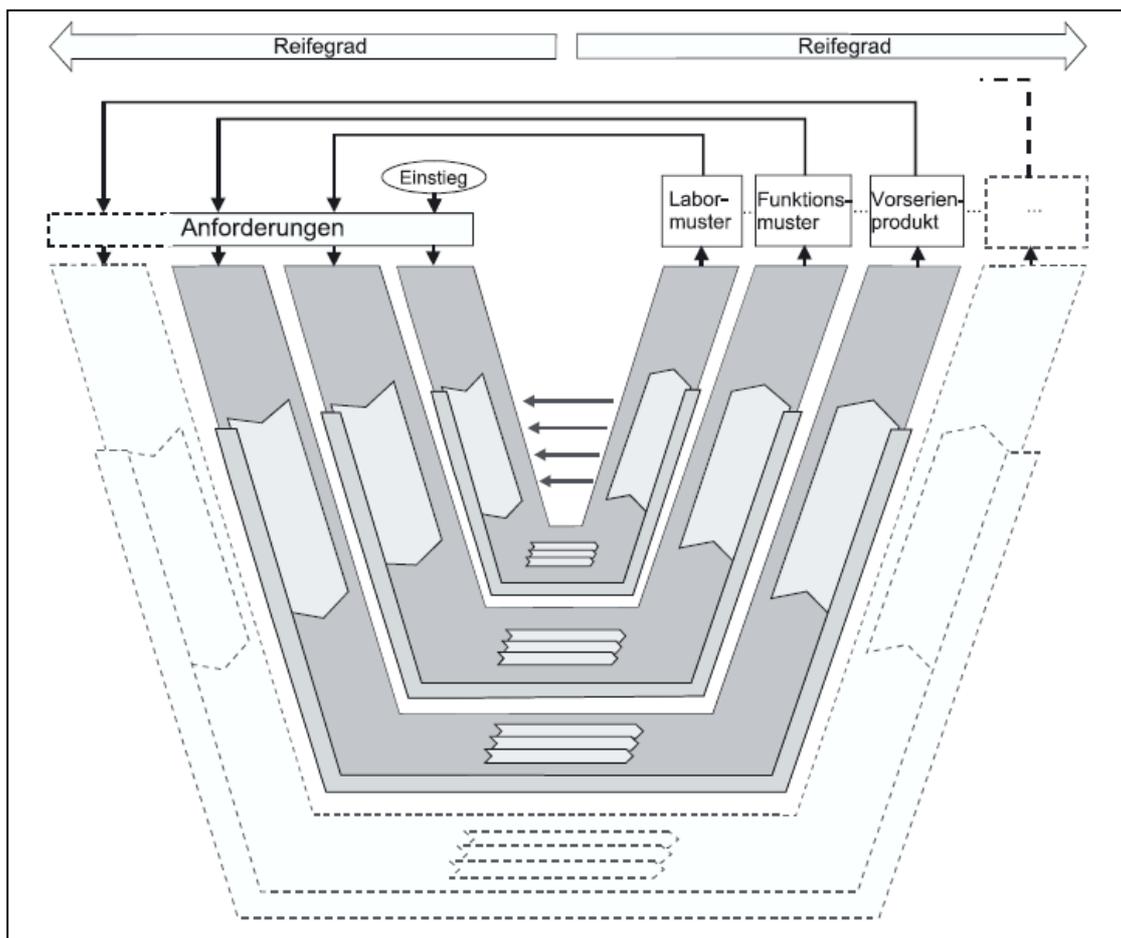
Die VDI Richtlinie 2206, vgl. [VDI2206] verfolgt das Ziel, die verschiedenen domänenspezifischen Methoden zusammenzuführen. Sie ist als Ergänzung zu den oben bereits erläuterten Richtlinien anzusehen.

#### **Zielsetzung und Schwerpunkt**

Die VDI 2206 führt die bestehenden domänenspezifischen Entwurfsmethoden zusammen. Sie unterstützt methodisch und ganzheitlich die Entwicklung mechatronischer Produkte und dient als Grundlage für die Kommunikation und die Kooperation der Fachleute aus den beteiligten Bereichen. Dadurch wird die interdisziplinäre Zusammenarbeit gefördert, welche sich als herausragender Erfolgsfaktor in der Entwicklung mechatronischer Systeme erwiesen hat. Das Hauptaugenmerk wird auf die frühe Phase des Entwickelns mit dem Schwerpunkt Systementwurf gelegt. Hierzu werden Vorgehensweisen, Methoden und Werkzeuge aufgezeigt. Besonderes Augenmerk liegt auf der Verwendung computergestützter Werkzeuge zur Modellbildung und Simulation, aber auch zum Datenmanagement. Zielgruppe der Richtlinie ist der Entwickler von mechatronischen Systemen. Diesem werden Grundzüge des Entwickelns mechatronischer Systeme vermittelt und er wird zu einer ganzheitlichen Sichtweise angeregt. Kernbestandteil der VDI 2206 ist der Makrozyklus. Dieser besteht aus den Schritten Systementwurf, domänenspezifischer Entwurf und der Systemintegration. Ausgangspunkt sind die Anforderungen eines konkreten Entwicklungsauftrages. Ziel des Systementwurfs ist die Festlegung eines domänenübergreifenden Lösungskonzeptes, das die wesentlichen physikalischen und logischen Wirkungsweisen des zukünftigen Produktes beschreibt. Auf der Basis dieses gemeinsam entwickelten Lösungskonzeptes erfolgt die weitere Konkretisierung meist getrennt in den beteiligten Domänen (Maschinenbau, Elektrotechnik, Informationstechnik). Die Ergebnisse aus den einzelnen Domänen werden anschließend zu einem Gesamtsystem integriert, um das Zusammenwirken untersuchen und eine Eigenschaftsabsicherung betreiben zu können (vgl. Abb. 3.4), vgl. [LIND08, S. 16]. Zusätzlich zu beachten ist, dass das Produkt nicht zwangsläufig das Endprodukt sein muss. D.h. der Makrozyklus wird im Produktentwicklungsprozess mehrfach durchlaufen und erreicht über die Zwischenstufen Labormuster, Prototyp, Vorserienmodell, etc. den endgültigen Reifegrad (vgl. Abb. 3.5)



**Abb. 3.4:** V-Modell als Makrozyklus für den Entwurf mechatr. Systeme. Quelle: [VDI2206, S. 29]



**Abb. 3.5:** Durchlaufen mehrerer Makrozyklen mit zunehmender Produktreife. Quelle: [VDI2206 S.31]

## **Unterstützung bei der Handhabung von Anforderungen**

Die Handhabung der Anforderungen wird in VDI 2206 im Vergleich zu den Schrittfolgen der Modellbildung nur sehr dürftig behandelt. Als Werkzeug bzw. Hilfsmittel wird im theoretischen Teil, wie schon in VDI 2221 und VDI 2422, auf die Anforderungsliste verwiesen. In der Beschreibung von IT-Werkzeugen wird auf die Einsatzmöglichkeit von Werkzeugen zur Beschreibung und Verwaltung von Anforderungen hingewiesen. Es findet sich jedoch kein Hinweis darüber, wie domänenübergreifend und über die verschiedenen Makrozyklen hinweg mit den verschiedenen Anforderungen umgegangen werden kann.

### **3.2.4 Diskussion der analysierten Ansätze**

Nachdem in diesem Kapitel die verschiedenen untersuchten Ansätze einzeln knapp analysiert und in ihren Komponenten kritisch hinterfragt wurden, werden sie im Folgenden Abschnitt einander gegenübergestellt. Ziel ist es, die verschiedenen Vorteile bzw. Lücken der analysierten Ansätze herauszustellen.

Die Analyse des RE hat deutlich gezeigt, dass dieses bereits sehr konsequent die Anforderungen erfasst, den erfassten Katalog über den Produktlebenszyklus pflegt und trotz der ursprünglichen Softwareorientierung Offenheit zu hybriden Systemen zeigt. Zur Entwicklungsunterstützung gibt es im Bereich der Literatur zum Requirements Engineering durch den Fokus auf die Anforderungen naturgemäß keine Übereinstimmungen. Entsprechend unterschiedlich waren die Funde bei dem Vergleich mit dem Systems Engineering: Beim Systems Engineering fällt auf, dass besonders häufige Übereinstimmungen bei den Anforderungsgruppen „Wissensmanagement“ und „Entwicklungsunterstützung“ zu finden sind. Vereinzelt sind neben dem grundsätzlichen Erwähnen des RE auch spezifische Aussagen zum Anforderungsmanagement in der Systementwicklung nachzulesen.

Die Entwicklungskonzepte leben davon, dass diese auf der Basis von Entwicklungsphilosophien Vorgehensmodelle umsetzen, deren Einzelaktivitäten mit Methoden und Werkzeugen durchgeführt werden. Diese Methoden und Werkzeuge dienen der Umsetzung von Einzelaktivitäten und haben in der Regel nicht den Anspruch, kontinuierlich, konsequent und generisch anwendbar zu sein.

Im Laufe der Untersuchung zum RE wurden exemplarisch drei Anforderungsmanagementsoftwaretools<sup>17</sup> betrachtet. Es wurde deutlich, dass diese bereits sehr

---

<sup>17</sup> Borland® CaliberRM™, <http://www.borland.com/de/products/caliber/rm.html>  
IBM Rational® RequisitePro®, <http://www-01.ibm.com/software/awdtools/reqpro/>

konsequent Anforderungen erfassen und den erfassten Katalog über den Produktlebenszyklus pflegen. Allerdings werden lediglich die Anforderungen untereinander vernetzt. Eine gleichzeitige Vernetzung der Anforderungen mit dem Produkt, seinen Komponenten, Funktionen und Prozessen konnte bisher nicht festgestellt werden. Gleiches gilt für Funktionen und Prozesse. Es erfolgt zwar eine Zuordnung von Anforderungen zu Projekten und Produkten, jedoch nicht zu den Produkt-, Funktions- und Prozessbäumen. Folglich wurde dieser Ansatz zur komplexen Anforderungsrealisierung anscheinend bisher nur ungenügend erkannt bzw. behandelt. Dieses gilt für die Anforderungen im Allgemeinen, wie auch für die Anforderungen an die Zuverlässigkeit im Speziellen.

Nachdem nun die verschiedenen untersuchten Ansätze einzeln analysiert und in ihren Komponenten kritisch hinterfragt wurden, werden sie im folgenden Abschnitt einander gegenübergestellt. Ziel ist es, die verschiedenen Vorteile bzw. Lücken der analysierten Ansätze herauszustellen. Aus dieser Gegenüberstellung leiten sich die Anforderungen an eine umfassende Methodik zum anforderungsgerechten Produktdesign ab.

**Tab. 3.1:** Gegenüberstellung der analysierten Ansätze

| Ansatz          | Vorteile  | Nachteile   |
|-----------------|---|---|
| <b>VDI 2221</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Methodenmatrix allgemein anerkannter Vorgehenszyklus</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ nur Anforderungsliste IT-Unterstützung fehlt</li> </ul>              |
| <b>VDI 2422</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Projektleitung innerhalb der Fachbereiche</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ zu fixiert auf Geräteentwicklung nur Anforderungsliste</li> </ul>    |
| <b>VDI 2206</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ iterativer Makrozyklus (V-Modell) verweist auf neue IT-Werkzeuge zur Modellbildung und Simulation</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ keine konkreten Hinweise zur Handhabung der Anforderungen</li> </ul> |

Die Analyse der untersuchten Ansätze hat gezeigt, dass die Problemstellung der anforderungsgerechten Produktentwicklung, insbesondere im Hinblick auf zukunftsfähige Produktsysteme, noch nicht erfüllend realisiert werden konnte. Das Problemfeld eröffnet viele Ansatzpunkte zur Verbesserung der derzeitigen Situation. Denn offensichtlich unterstützt keine Methodik eine durchgängige und umfassende Handhabung der Anforderungsvielfalt über den gesamten Produktlebenszyklus. Aus dieser Gegenüberstellung leiten sich die Anforderungen an ein zu erarbeitendes Konzept zum anforderungsgerechten Produktdesign ab.

### 3.3 Analyse bestehender Ansätze für die Wissensdokumentation in der Produktentwicklung

Hierzu wurden zunächst informationstechnische Systeme des Bereichs der Produktentwicklung identifiziert, welche als Informationsquellen, Bestandteile potenzieller WM-Lösungen bilden können. In der Produktdefinitionsphase sind dies hauptsächlich spezielle CAE- und CAS-Systeme für die Produktplanung, -konzeption und den Produktentwurf. In der Produktkonstruktionsphase kommen CAD-, CAE-, CASE- und PDM Systeme zum Einsatz, und in der Produkterprobungsphase sind es DMU-, VR- und RP Systeme, die Unterstützung leisten. Darüber hinaus bestehen oft alternativ oder parallel zu den PDM-Systemen WFM-Systeme und Projektmanagement-Systeme deren Einsatz hauptsächlich durch die Größe des Unternehmens bedingt ist, vgl. [VDI2223].

Die Untersuchung des Standes der Technik dieser in der Entwicklung mechatronischer Systeme identifizierten Systeme führte zu der Feststellung, dass bereits mehrere unterschiedlicher Herangehensweisen und Ansätze existieren. So sind folgende implementierungstechnische Varianten für das Wissensmanagement in der Produktentwicklung vorzufinden, vgl. [SpKr97]:

- Als erweiterte Funktionalität von operativen Produktentwicklungssystemen (CAD, CAE, CASE, CAS).
- Als erweiterte Funktionalität von produktentwicklungsübergreifenden bzw. -integrierenden Systemen (PDMS, WFMS).
- Als eigenständiges, dediziertes WMS, welches eine direkte oder indirekte Kopplung zu den operativen und/ oder integrierenden Systemen aufweist.
- Als Zugang zu dem unternehmensweiten WMS, z.B. einem Intranet-Wissensportal.

Letztere der o.g. Möglichkeiten stellt eine sehr generische Variante dar, zu dessen Umsetzung diese Diplomarbeit einen Beitrag leistet. In den anderen drei Fällen handelt es sich einerseits um kommerzielle Lösungen und Eigen- bzw. Weiterentwicklungen, dessen Analyse nur zusammenfassend dargestellt wird, um die Diplomarbeit nicht unnötig zu belasten<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> Der interessierte Leser findet in [SpKr97] eine Erörterung einzelner WM-Funktionalitäten in Konstruktionssysteme (CAD-Systeme), Berechnungs- und Simulationssysteme (CAE-Systeme), Software-Entwicklungssysteme (CASE-Systeme), PDM und WFM-Systeme. Außerdem möchte an dieser Stelle festgehalten werden, dass zum Themengebiet im Bereich der Literatur sehr wenige Entsprechungen vorliegen und die genannte Quelle nicht mehr aktuell ist, um somit dem derzeitigen Stand der Technik zu entsprechen.

## Bewertung der Ansätze

Spur/Krause, vgl. [SpKr97] haben festgestellt, dass trotz einer durchgängigen informationstechnischen Unterstützung des Produktentwicklungsbereiches durch die etablierten CAD-, CAE- und PDM-Systeme die Aufnahme und Wiederverwendung lediglich eines Teiles des produktentwicklungsspezifischen Wissens möglich ist. So wird der Fokus auf das Wissen über das Produkt gelegt, während dem Wissen über die das Produkt beeinflussenden Prozesse, Anforderungen sowie die eingesetzten IT-Ressourcen nur ein rudimentäres Augenmerk geschenkt wird. Bestehende Ansätze für die Umsetzung von WM-Funktionalitäten in Systeme des Konstruktionsbereiches sind laut Günter/Krause nur in geringem Umfang vorzufinden. Die Protokollierung von prozessbezogenen Informationen, wie auch ihre anschauliche und durchgängige Bereitstellung, erweist sich dadurch als erschwert bzw. unmöglich. Es werden lediglich freigegebene Endergebnisse (2D-Zeichnungen, 3D-Modelle, Berichte etc.) der Produktgestaltung und -berechnung bzw. -simulation gespeichert und weiterverwendet und zwar fragmentiert in verschiedenen Systemen bei verschiedenen Partnern und meistens ausschließlich in unterschiedlichen proprietären Dateiformaten. Eine Dokumentation der Prozesse, Teilprozesse und einzelnen Aktivitäten mit den so genannten Hintergrundinformationen, wie Entscheidungen, Annahmen, Vereinfachungen, Restriktionen, Iterationen, verwendeten Quellen, die das implizite, ausschließlich "im Kopf" enthaltene, Wissen des Konstrukteurs bzw. Berechnungsingenieurs darstellen, wird zudem unterlassen. Bestenfalls wird eine Dokumentation lediglich auf individueller Ebene in Form unstrukturierter Protokolle oder Notizen<sup>19</sup> vorgenommen. Bereits erledigte Entwicklungsaufgaben werden darüber hinaus nicht strukturiert und bewertet. Sie bleiben somit nicht nachvollziehbar, was zu keiner bzw. geringer Wiederverwendung vorhandener Lösungen für gleiche oder ähnliche Aufgaben sowie zu unnötigen mehrfach wiederholten Fehlern führt. So "muss das Rad immer wieder neu erfunden werden".

Zusammenfassend ist ersichtlich, dass keine Art von verfügbaren kommerziellen IT-Systemen speziell für eine adäquate und integrierte Dokumentation von Produktentwicklungsprozessen und von prozeduralem Wissen geeignet ist. Eine bedingte bzw. eingeschränkte Eignung ist aber bei den meisten der o.g. Systemarten erkennbar, sodass die Kombination einiger ihrer Funktionen und Prinzipien zu einer denkbaren Basislösung beitragen könnte. Auffällig ist zudem, dass bei allen Systemklassen die Erfassung von zusätzlichen Informationen in Form von freien Kommentaren stattfinden kann, wodurch individuelles Hintergrundwissen aufgenommen werden kann.

---

<sup>19</sup> z.B. Vereinfachungen der Lagerung oder Lastverteilung im Falle einer Festigkeitsberechnung

Auch bezüglich der eingangs dritten und vierten erwähnten implementierungstechnischen Lösung für das WM in der Produktentwicklung, nämlich des eigenständigen und der Produktentwicklung zugeschnittenen WMS sowie ein unternehmensweites Wissensportal, musste festgestellt werden, dass keine Systeme bestehen, die bereits große Verbreitung als kommerzielle Produkte gefunden haben. Vermutlich existieren Lösungen, die diverse produzierende Unternehmen intern entwickelt und im Einsatz haben, auf die jedoch aus Gründen nicht öffentlich verfügbarer Informationen nicht eingegangen werden kann. Bezüglich der zentralen Dokumentation von Wirkzusammenhängen und des damit verbundenen Anwenderwissens bestehen (vermutlich bisher) ebenso keine Umsetzungen bzw. Ansätze.



## 4 Konzeption des WMS

### 4.1 Methodisches Grundkonzept

Nach der eingehenden Analyse von Problemstellung und bestehenden Ansätzen wird nun in diesem Kapitel versucht, eine passförmige Methodik für die drei Zielstellungen zu konzipieren.

Da sich das Konzept mit der Modularisierung und Ergänzung von präventiven Qualitätsmethoden in den frühen Phasen der Produktentstehung befasst, kommen für den Bereich der entwicklungsunterstützenden Methoden und Werkzeuge prinzipiell nur solche für eine nähere Betrachtung in Frage, die aufgrund Ihrer Systematik und Orientierung prospektiv einsetzbar sind und damit präventiv zur Vermeidung von Fehlern und Problemen dienen. Hier haben sich insbesondere die Methoden QFD und FMEA im Einsatz des präventiven Qualitätsmanagements etabliert, vgl. [PfSc07, S. 495]. Beide Methoden werden kontinuierlich während der gesamten Entwicklungsphase und darüber hinaus eingesetzt.

Da sie als Grundlage des Konzeptes dienen, werden beide Methoden im Folgenden Abschnitt kurz erläutert.

#### Quality Function Deployment (QFD)

Die QFD hat sich als verbreitete Methode der Qualitätswissenschaft und des SE etablierte. Indem die Kundenbedürfnisse in spezifische Anforderungen an das Produkt und dessen Komponenten übersetzt werden, erreicht sie, dass keine wichtigen Kundenbedürfnisse vergessen werden, vgl. [PfSc07, S. 495ff.].

Zentrales Element der Methode ist ein Satz von Matrizen, die zu einer großen Matrix verschmelzen, in der die Informationen systematisch verknüpft werden. Dieser Matrizensatz heißt in der Terminologie der QFD „House of Quality“ (vgl. Abb. 4.1). Die iterative Anwendung der Systematik unter Weiternutzung und Detaillierung der Daten und Ergebnisse ermöglichen die kontinuierliche Nutzung, vgl. [PFEI96a].

Der vollständige QFD- Prozess besteht in der Regel aus einem vorbereitenden Schritt und drei „Übersetzungsschritten“, während derer die Kundenanforderungen zunehmend auf einzelne Teile des Produktes und dessen Herstellung übersetzt werden (vgl. Abb. 4.2), vgl. [PfSc07, S. 495; PFEI96a].

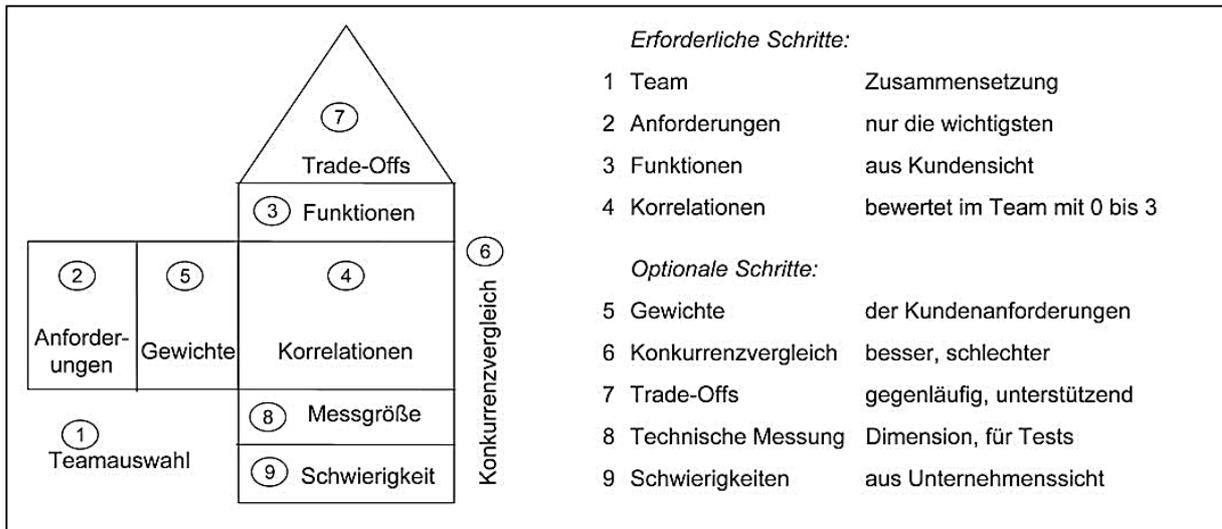


Abb. 4.1: House of Quality. Quelle: [PfSc07, S. 496]

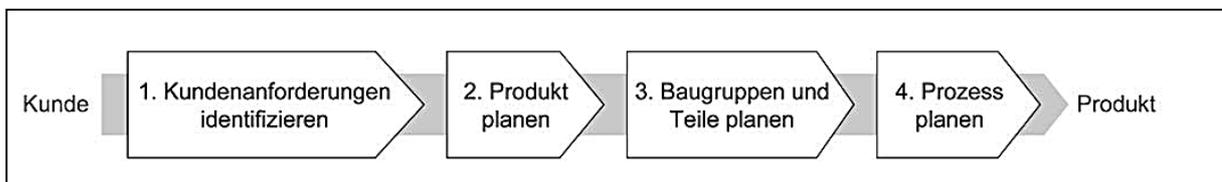


Abb. 4.2: Vier Phasen des QFD- Prozesses. Quelle: [PfSc07, S. 495]

In jedem Schritt werden die Anforderungen der vorhergehenden Schritte weiter konkretisiert. Je nach Situation müssen zusätzliche Schritte eingeplant (z. B. bei einem komplexen Produkt) oder auch weggelassen werden.

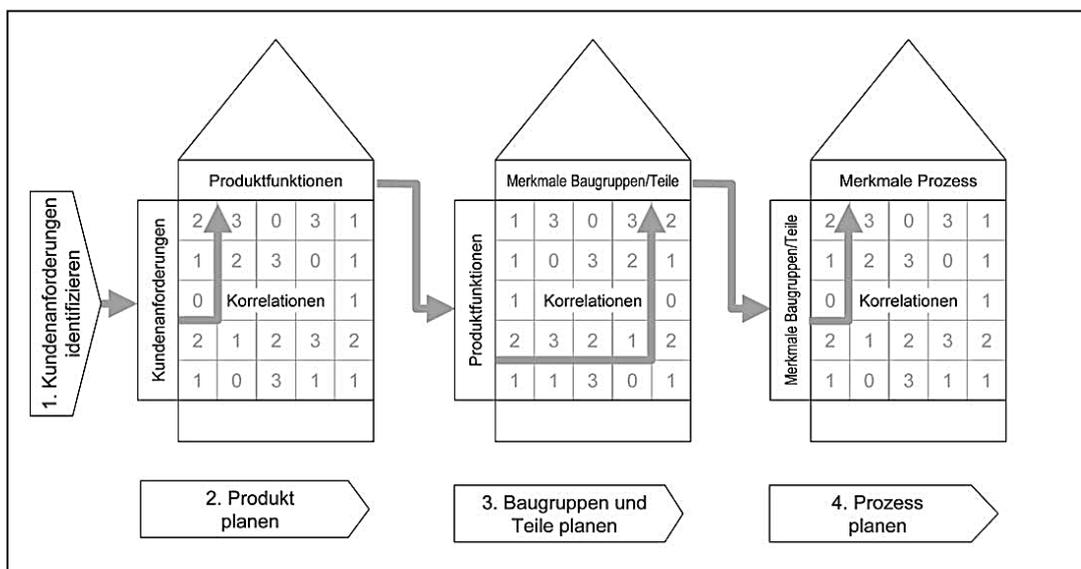


Abb. 4.3: Phasen des Quality Function Deployment. Quelle: [PfSc07, S. 496]

Die Methode QFD schafft es, eine umfassende Momentaufnahme der Zusammenhänge der Anforderungen und der Systemmerkmale abzubilden und ist damit zur Entwicklungsunterstützung geeignet.

Die QFD dient allerdings lediglich zur Analyse der Kundenanforderungen. Es findet jedoch keine Berücksichtigung der verschiedenen Stakeholder darüber hinaus statt. Ein weiterer Nachteil dieser Methode ist, dass die Verwendung von Matrizen zur systematischen Vernetzung der Systemstrukturen jedoch unmittelbar mit sich bringt, dass die Anzahl der zu betrachtenden Kombinationen mit der Größe der Strukturen enorm steigt. Probleme, die daraus resultieren, sind die Beeinträchtigung der Übersichtlichkeit sowie eine enorme Steigerung des erforderlichen Aufwands bei der Analyse und Bewertung der Kombinationen. Ebenso können Interaktionen oder wechselseitige Beeinflussungen nicht verfolgt werden. Zudem ist die Einteilung in die klassischen QFD-Phasen Product Planning, Design, Process Planning und Production Operation Planning für die Entwicklung komplexer Produkte zu oberflächlich, vgl. [VOSS99, S. 28].

### **Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)**

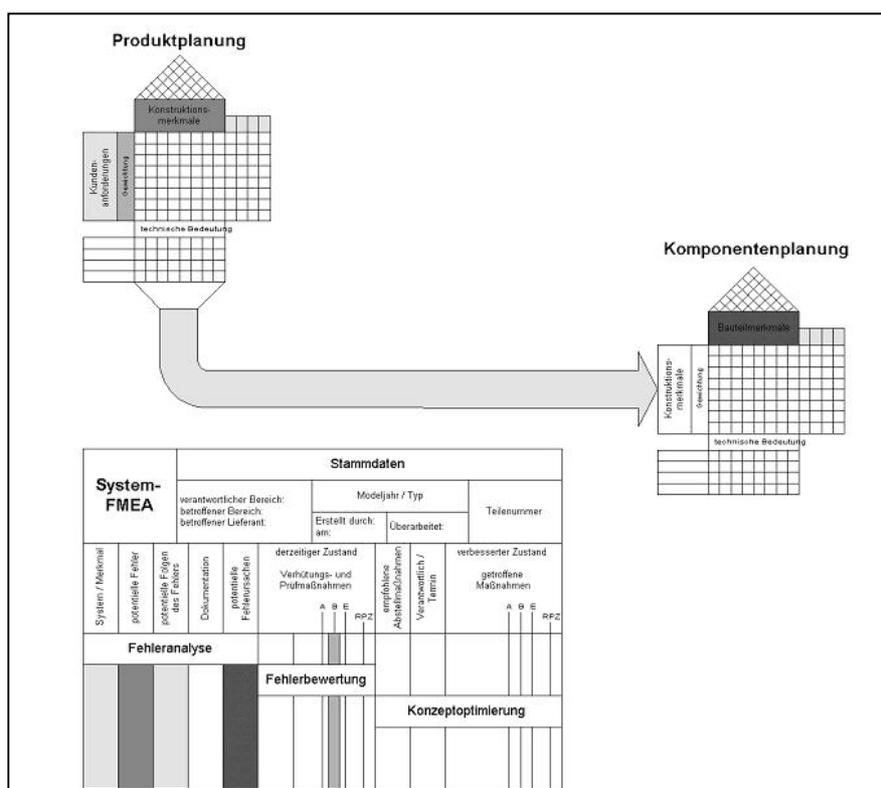
Die DIN EN ISO 9004 empfiehlt zur Fehlervermeidung in der Phase der Produktentwicklung die Methode FMEA. Die FMEA ist ein mächtiges und umfassendes Analyseinstrument, um mögliche Fehler in den verschiedenen Phasen der Produktentstehung und des Prozessablaufs systematisch zu erfassen [PFEI96a, S. 109]. Ihre Stärke liegt darin, Fehler so frühzeitig wie möglich zu erkennen und durch geeignete Abstellmaßnahmen ihr Auftreten zu verhindern [PFEI96a, S. 110, 119]. Hierdurch werden später Ausfälle und erhöhte Kosten vermieden. Aus diesem Grund wird die Durchführung von FMEA's in der DIN EN ISO 9001 als eine Methode zur regelmäßigen Entwurfsbewertung empfohlen bzw. vorgeschrieben. Je nach Untersuchungsobjekt und Zielsetzung lassen sich drei FMEA-Arten unterscheiden, die aufeinander aufbauen und sich ergänzen [PFEI96a, S. 112f.]. Bei der System-FMEA werden in der Entwicklung das Zusammenwirken und Wechselwirkungen zwischen den Komponenten des Gesamtsystems sowie die Schnittstellengestaltung untersucht. In der Konstruktions-FMEA hingegen werden mögliche Fehler einzelner Komponenten betrachtet, die einen hohen Einfluss auf die Zuverlässigkeit des Gesamtprodukts haben. In Prozess-FMEAs schließlich werden in der Fertigungsplanung Arbeitsschritte der Produktionsprozesse auf potentielle Fehler untersucht. Über die Anwendung in konkreten Einzelfällen hinaus kann Wissen über Fehlerzusammenhänge und Qualitätseinflüsse mit Hilfe der FMEA systematisch gesammelt und verfügbar gemacht werden. Hierdurch können Erfahrungen mit bestehenden Produkten bei der Neuentwicklung und der Produktverbesserung genutzt und damit Qualitätsregelkreise sowohl im planenden wie auch im ausführenden Bereich geschlossen werden, vgl. [PFEI96a, S. 109]. Für die Erstellung der FMEA werden typischerweise Formblätter<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> Das am meisten verwendete, ist das Formblatt nach VDA (Verband Deutscher Automobilhersteller).

verwendet. Für eine ausführliche Beschreibung der FMEA wird auf entsprechende Literatur verwiesen (siehe u.a. PFEI96b, S. 46ff; ScTa96, S. 83ff.).

Damit erweist sich die FMEA im praktischen Einsatz als hilfreiches Werkzeug. Als Nachteil der FMEA zeigt sich jedoch, dass die Systemanalyse und die Folgeschritte nicht methodisch vorgegeben und damit konsequent systematisch durchgeführt werden und dass die Qualität der FMEA unmittelbar mit der Kompetenz und den Erfahrungen des FMEA-Teams verknüpft ist. Die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse sowie deren Nachvollziehbarkeit sind demnach nur bedingt möglich. Synergien der Kombination von QFD und FMEA können realisiert werden, wenn z.B. die bestehenden Strukturen der QFD für die FMEA als Grundlage dienen und im Sinne der kundenorientierten Entwicklung die Nichterfüllung der Anforderungen bzw. Ziele aus der QFD-Matrix als mögliche Fehler interpretiert und hierüber die systematische Analyse der FMEA durchgeführt wird. Die Ergebnisse können wiederum in die QFD-Systematik bei der Bewertung der Elementverknüpfung einfließen, vgl. [QFD Institut Deutschland 2001; VOSS99, S. 29ff.].



**Abb. 4.4:** Übergang von der QFD zur FMEA. Quelle: [QFD Institut Dtl. 2001]

Aus diesem Zusammenhang (vgl. Abb. 4.4) ergibt sich positiv, dass der Aufwand zur Erstellung der FMEA erheblich reduziert und die Nutzung der Daten aus der QFD systematisch möglich gemacht wird. Die Effektivität und auch die Effizienz des Methodeneinsatzes lassen sich durch diese strategische Kombination deutlich steigern

und im Falle einer gezielten Automatisierung ist diese Steigerung sogar noch größer, vgl. [QFD Institut Deutschland 2001].

Das in dieser Diplomarbeit bearbeitete Konzept positioniert sich dabei in der identifizierten Methodenlücke und orientiert sich an den grundsätzlichen Prinzipien des RE und des SE. Darüber hinaus ist die Systematik wie an die Prinzipien einzelner Werkzeuge, wie der im Abschnitt zuvor beschriebenen QFD angelehnt. Bezüglich der QFD sind dies die Vernetzung von Informationen, die Verrechnung numerischer Bewertungen der Zusammenhänge und die iterative Anwendung unter Weiternutzung und Vernetzung der vorhandenen Ergebnisse. Die Integration zusätzlicher externer Methoden in das Konzept, konkret zunächst die FMEA, erweitert das Gesamtkonzept um weitere nützliche und wichtige Eigenschaften. Der generische Charakter, den das Konzept anstrebt, impliziert, dass sie sich das Konzept im gesamten SE positioniert und bestrebt ist, möglichst ganzheitlich und kontinuierlich als Werkzeug bei der Entwicklung mechatronischer Systeme von Nutzen zu sein.

Wie im ersten Kapitel bereits beschrieben, ist das erklärte Ziel und Gegenstand dieser Arbeit eine produktlebenszyklusbezogene Betrachtung mechatronischer Systeme zu gewährleisten. Zusammengefasst charakterisieren folgende Schwerpunkte das Konzept:

1. Betrachtungsschwerpunkt: Frühe Phasen der Produktentstehung
2. Entwicklung/ Anpassung komplexer mechatronischer Produkte (Elektronik, Software, Mechanik)
3. Entwicklung interaktiver Methoden und Hilfsmittel zur Vernetzung der Informationsobjekte
4. Reduktion der betrachteten Elemente auf zuverlässigkeitsrelevante Anforderungen, Komponenten, Funktionen und Prozesse
5. Integriertes Produkt-Anforderung-Funktion-Prozessmodell
6. Kontinuierlicher Anforderungsabgleich: Produkt / Markt / Prozess / Technologie
7. Bereitstellung und Speicherung von Wissen

Das nachfolgend beschriebene Konzept wird entsprechend so entworfen und softwaretechnisch umgesetzt, dass die in Kapitel 5 formulierten Anforderungen erfüllt und die Vorteile der untersuchten Prinzipien und Werkzeuge umgesetzt werden. Als Ergebnis soll eine Methode vorliegen, welches die Anwendung der Methoden QFD und FMEA effizienter, problemorientierter und weniger zeitintensiv gestaltet.

Aufbauend auf der Begriffsdefinition aus Kapitel 2.1 (vgl. Abb. 2.1) wird das weitere Vorgehen zur Konzeption der Methodik in den drei nachfolgenden Abschnitten beschrieben:



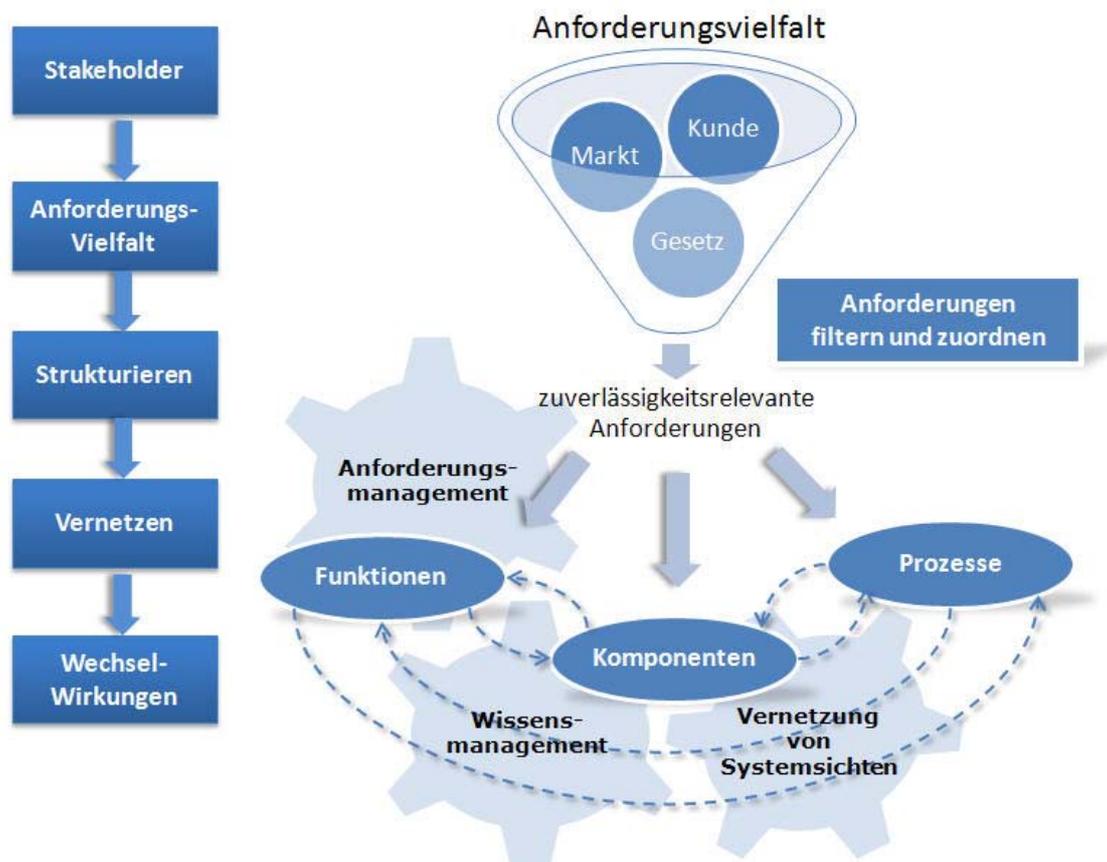


Abb. 4.5: Vorgehenssystematik

Den Ausgangspunkt zum anforderungsgerechten Produktentwickeln bildet die Anforderungsvielfalt, deren Ursprung die verschiedenen Stakeholder sind. Diese Vielfalt gilt es durch geeignete Methoden zu filtern und entsprechend den Zielen zuzuordnen. Ziele sind das Produkt, die Prozesse, sowie die Funktionen innerhalb des Gesamtsystems. Darüber hinaus soll eine vollständige Wissensdokumentation aller Wirkzusammenhänge und Wechselwirkungen ermöglicht werden.

## 4.2 Anforderungsmanagement



Wie aus der Analyse der verschiedenen Ansätze bereits hervorgegangen ist, wird die Modellierung der Anforderungen bisher nicht umfassend berücksichtigt (vgl. Kapitel 3.2).

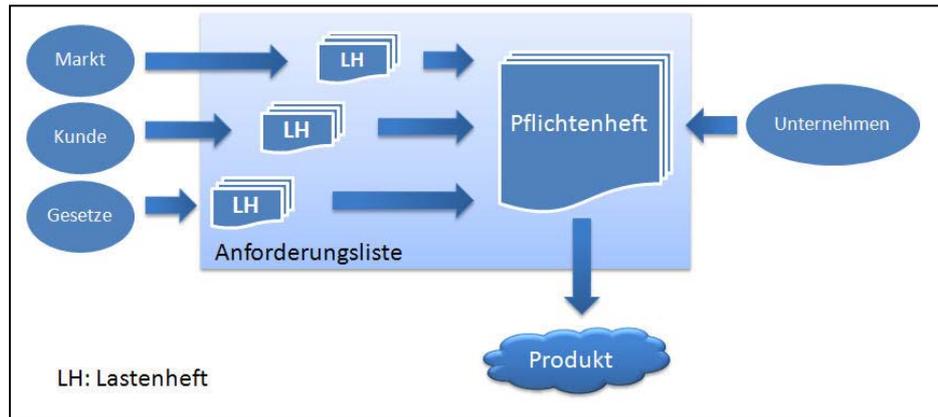
In diesem Abschnitt wird daher versucht, eine passformige Methodik zur Modellierung der Anforderungen zu konzipieren. Dabei soll eine durchgängige und umfassende Handhabung der Anforderungen über den Produktlebenslauf mechatronischer Systeme realisiert werden. Die Handhabung umfasst dabei alle Prozesse im Zusammenhang mit Anforderungen, d.h. von der Erfassung, Strukturierung, Vernetzung, Verwaltung, bis

zum zur Verfügung stellen für externe Methoden und zur Verifizierung. Grundlage für die Methodik ist eine umfassende und exakte Erfassung der Anforderungen, die von den Stakeholdern<sup>21</sup> ausgehen. Dabei ist es wichtig, dass sowohl ausgesprochene als auch unausgesprochene Anforderungen erfasst werden. Diese müssen dann möglichst genau beschrieben werden. Dieses Vorgehen benötigt je nach Anforderungsquelle auch unterschiedliche Methoden. Die Methodenmatrix der VDI 2221 schlägt hierfür u. a. die Marktanalyse, Wettbewerberanalyse, Unternehmensanalyse und die Fremderzeugnisanalyse vor, vgl. [VDI2221, S.33 ff] und [LIND04, S. 87]. Die verschiedenen Methoden und Möglichkeiten, wie die Forderungen des Kunden ermittelt werden können, sind sehr weitreichend und müssen fallspezifisch ausgewählt werden. Aufgrund der Komplexität dieses Bereichs, wird in dieser Arbeit nicht weiter darauf eingegangen.

Wie in Kapitel 3.2 aufgezeigt ist es gegenwärtig Praxis, Anforderungslisten zu erstellen, vgl. [VDI2221, S.9, Bild 3.3]. Die Anforderungsliste lässt sich dabei in das Lastenheft und das Pflichtenheft aufgliedern. Nach DIN 69905 umfasst das Lastenheft alle Anforderungen des Auftraggebers. Es beschreibt das „Was“ und das „Wofür“. Das Pflichtenheft ist eine umsetzungsorientierte Form der Anforderungsliste. Es wird vom Auftragnehmer erstellt und umfasst die Realisierungsvorgaben zur Umsetzung des Lastenheftes d.h. das „Wie“ und das „Womit“. Die folgende Abbildung zeigt, dass das Unternehmen unter Berücksichtigung eigener Gegebenheiten (technische und wirtschaftliche Ressourcen, Wissen, etc.) die Forderungen, die durch verschiedene Anforderungsquellen, z.B. Kundengruppen, den Markt, die gesetzlichen Anforderungen, normative Anforderungen, usw. entstehen und in teils verschiedenen Lastenheften formuliert sind, im Produkt realisiert werden müssen. Es hat sich gezeigt, dass es nicht ausreicht, die Anforderungen in Form einer strukturierten Anforderungsliste zu erheben. Es müssen die Anforderungen aus den verschiedenen Lastenheften (Quellen) verdichtet und in ein Pflichtenheft zusammengefasst werden.

---

<sup>21</sup> Kunde(n), Gesetzgeber, Unternehmen, Markt, Verbände, Umwelt, Gesellschaft, Wertschöpfungspartner, Mitarbeiter, Usw.



**Abb. 4.6:** Lasten- und Pflichtenheft

Die Vielfalt der Anforderungen ist allerdings nur mit einem leistungsstarken Werkzeug zum Sortieren, Gewichten und Verteilen beherrschbar. Eine Modellierung der Anforderungen ist aber notwendig, um beispielsweise Widersprüche oder Mehrfachnennungen aus den verschiedenen Quellen zu beheben. Dabei muss im Rahmen dieser Modellierung zudem berücksichtigt werden, dass vom Unternehmen alle Anforderungen mit ausreichender Sicherheit erfüllt werden können. Um die Rückverfolgbarkeit der Anforderungsquelle zu gewährleisten, ist es notwendig, dass mit den erfassten Anforderungen immer die Stakeholder dokumentiert werden. Das bedeutet, dass jede Anforderung als Datensatz betrachtet wird, der sowohl die Beschreibung der Forderung, als auch die Quelle, den Stakeholder, enthält. Haben verschiedene Stakeholder die gleiche Forderung, so wird ein Datensatz mit beiden Stakeholdern als Quelle erstellt. Ein fehlender exakter Bezug zur Anforderungsquelle würde beispielhaft die Abschätzung des Risikos einer eventuellen Teilerfüllung von Anforderungen erschweren. Die folgende Abbildung stellt die Basiskonfiguration des Datensatzes dar. Im Verlauf der Methodik wird dieser Datensatz dann um weitere Elemente erweitert.

**Tab. 4.1:** Basiskonfiguration des Anforderungsdatsatzes

| Titel                         | Quelle der Anforderung   | Beschreibung der Anforderung | ... weitere Beschreibungs-, Klassifizierungs- und Verwaltungsspalten |
|-------------------------------|--|------------------------------|--|
| <a href="#">Anforderung 1</a> | <a href="#">Stakeholder1</a> ;<br><a href="#">Stakeholder2</a> |                              |  |
| ...                           |  |                              |  |

Zusätzlich ist darauf hinzuweisen, dass die gegenseitige Beeinflussung der Anforderungen und die Zuordnung zu Teilen des Produktsystems und des Produktlebenszyklus bei der Modellierung der Anforderungen berücksichtigt werden müssen. Eine mögliche Herangehensweise wird in folgenden Abschnitt gezeigt.

## **4.2.1 Strukturierung und Gruppierung der Anforderungsvielfalt**

Ausgehend von dem eben beschriebenen Anforderungsdatensatz, wird in diesem Abschnitt erläutert, wie aus der Anforderungsvielfalt mit verschiedenen Stakeholdern ein strukturierter Anforderungsbaum entwickelt werden kann. Als Methoden dienen hierfür die Gruppierung und der Paarvergleich von Anforderungen.

### **4.2.1.1 Gruppierung der Anforderungen**

Die Aufgabe der Gruppierung besteht darin, die Anforderungsvielfalt in Gruppen einzuteilen. Diese Einteilung erfolgt dadurch, dass der Anforderungsdatensatz (siehe Tab. 4.2) mit weiteren Attributen beschrieben wird. Die Kategorien stehen für frei wählbare Anforderungsgruppen. Sie können beispielsweise projektspezifisch gewählt werden. Dadurch ist es möglich die Schwerpunkte oder Problembereiche besonders zu berücksichtigen. Die Tab. 4.2 zeigt weiter einige Beispiele für allgemeine Kategorien. So eignet sich die Kategorie „finanzielle Anforderung“ beispielsweise auch, um Anforderungen herauszufiltern, welche in anderen Methoden z.B. Target Costing weiterverarbeitet werden. Die Wahl der Kategorien bietet viele Möglichkeiten, die Anforderungsvielfalt nach unterschiedlichen Kriterien, auch für andere Methoden und Werkzeuge, aufzubereiten. Diese umfangreichen Möglichkeiten können allerdings im Rahmen der Arbeit nur angedacht und sollten daher in weiterführenden Forschungsarbeiten genauer untersucht werden. In vielen Fällen kann eine Anforderung nicht nur einer Anforderungsgruppe angehören. Beispielsweise kann eine sicherheitstechnische Anforderung auch eine Anforderung an den Prozess sein. Diese Anforderungsgruppen schließen sich also nicht aus. Gleichmaßen existieren aber auch sich ausschließende Anforderungsgruppen; so kann eine Anforderung nicht sowohl eine Kann-Forderung als auch eine Muss-Forderung sein. Daraus resultiert, dass es verschiedene Gruppen geben muss.

Um von der Anforderungsvielfalt zum Anforderungsbaum zu gelangen, reicht es nicht aus, den Anforderungen ein oder mehrere Kategorien zuzuordnen. Das Strukturieren und Gruppieren der Attribute zu einer Baumstruktur stellt die Hauptschwierigkeit bei der Gruppierung dar. Es lässt sich aber durchaus gut realisieren, wenn man zur Bildung der Baumstruktur nicht zu viele Kategorien, z.B. maximal 10 - 15 Gruppen, verwendet.

In die jeweiligen Anforderungen können dann die Kategorien eingefügt werden, um dadurch eine grobe Strukturierung zu erzeugen. Durch das Aufteilen der Anforderungen in Gruppen wird die Vielfalt überschaubarer und wesentlich handhabbarer.

Tab. 4.2: Erweiterter Anforderungsdatensatz (1)

| Titel                         | Quelle der Anforderung   | Beschreibung der Anforderung | Kategorie der Anforderung (Auswahlfeld)                                    | Zugeordnete Dokumente             | ... |
|-------------------------------|--|------------------------------|--|-----------------------------------|-----|
| <a href="#">Anforderung 1</a> | <a href="#">Stakeholder1</a> ;<br><a href="#">Stakeholder2</a> |                              | <a href="#">Sicherheitstechn...</a><br><a href="#">Qualitätsforderu...</a> | <a href="#">Pflichtenheft.doc</a> |     |
|                               |  |                              |  |                                   |     |
| ...                           |  |                              |  |                                   |     |

| Kategorien von Anforderungen      |                                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Finanzielle Anforderung           |                                     |
| Direkte Produktanforderung        |                                     |
| Funktionsbestimmende Anforderung  |                                     |
| Prozessbezogene Anforderung       |                                     |
| Sicherheitstechnische Anforderung | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Umwelttechnische Anforderung      |                                     |
| Qualitätsanforderung              | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Design bestimmende Anforderung    |                                     |
| usw.                              |                                     |

### Schwachstellen der Gruppierungsmatrix

Innerhalb der Gruppen gibt es noch keine Sortierung oder Gewichtung der verschiedenen Anforderungen. Auch sind die Anforderungen noch nicht nach gleichen, ähnlichen oder konkurrierenden Anforderungen überprüft worden. Dies ist allerdings notwendig, um eine möglichst widerspruchsfreie und schlanke Anforderungsstruktur zu erhalten. Es wird deutlich, dass diese Überprüfung notwendig ist und dazu ebenfalls ein Werkzeug erforderlich ist.

#### 4.2.1.2 Paarvergleich der Anforderungen

Die Aufgaben des Paarvergleichs ergeben sich aus den oben schon erkannten Schwachstellen bei der Gruppierung von Anforderungen. Mit ihr werden die Anforderungen bezüglich gleichem/ähnlichem Inhalt oder gegensätzlicher Beschreibung untersucht. Der Fall, dass zwei oder mehr Anforderungen mit ähnlichen Inhalten existieren, resultiert aus den verschiedenen Stakeholdern, von denen die Forderungen stammen und unter Umständen auch aus den verschiedenen Analysemethoden, mit denen die Forderungen ermittelt wurden. Dazu wird der aus der QFD bekannte Paarvergleich in leicht modifizierter Form entwickelt.

Bei dem Paarvergleich werden, entsprechend vorher definierter Vergleichsmöglichkeiten, Bewertungen vorgenommen, nach der QFD Methode werden die Beziehungen zwischen den Anforderungen mit den Attributen „Gleiche“ (d.h. die

beiden Anforderungen sind identisch oder zielen auf das Gleiche ab), „Widersprüche“ (d.h. die beiden Anforderungen schließen sich mindestens zum Teil gegenseitig aus) und „Beziehung“ (im Sinne von positiver Beeinflussung) beschrieben. Sie werden in Zahlen ausgedrückt, weil sich eine Verrechnung dieser Bewertungen über die weitere Vorgehensweise als sinnvoll erweisen könnte. Felder mit unabhängigen Anforderungspaaren bleiben dagegen frei. Die Basisvergleichsmöglichkeiten wurden in diesem Konzept auf folgende Fälle erweitert:

- zerlegt sich zu
- ähnlich mit
- setzt sich zusammen aus
- erzeugt
- gegensätzlich zu
- konkurriert mit

Dem Anforderungsdatensatz werden diese zusätzliche Spalten (vgl. Tab. 4.3) hinzugefügt, die entsprechenden Zuweisungen können weiterhin über Mehrfachauswahlfelder getroffen werden.

**Tab. 4.3:** Erweiterter Anforderungsdatensatz (2)

| Titel                         | ... | Bestandteil von | Elternobjekt von | zerlegt sich zu | ähnlich mit | setzt sich zusammen aus | ... |
|-------------------------------|-----|-----------------|------------------|-----------------|-------------|-------------------------|-----|
| <a href="#">Anforderung 1</a> |     |                 |                  |                 |             |                         |     |
| <a href="#">Anforderung 2</a> |     |                 |                  |                 |             |                         |     |
| <a href="#">Anforderung 3</a> |     |                 |                  |                 |             |                         |     |
| ...                           |     |                 |                  |                 |             |                         |     |

| ... | erzeugt | unterstützt | gegensätzlich zu | konkurriert mit | ... |
|-----|---------|-------------|------------------|-----------------|-----|
|     |         |             |                  |                 |     |
|     |         |             |                  |                 |     |
|     |         |             |                  |                 |     |
|     |         |             |                  |                 |     |

Die Querbeziehungen zu anderen Anforderungen sind besonders dann wichtig, wenn eine Anforderung modifiziert werden soll, da dann die Auswirkungen der Modifikation auf die anderen Anforderungen im Rahmen einer Risikoabschätzung zu beachten sind. Zusammengefasst sind die wichtigsten Ziele des Paarvergleichs, dass Widersprüche zwischen verschiedenen Anforderungen behoben werden sowie ähnliche oder identische Anforderungen zusammengefasst oder klar gegeneinander abgrenzt werden sollen. Gleichzeitig findet bei der Anforderungsentwicklung eine semantische Vernetzung der Anforderungen untereinander statt. Über das semantische Anforderungsnetz soll schließlich der Bezug zum Produkt und allen anderen Informationsobjekten hergestellt

werden können. So bezeichnet die Bewertung „ähnlich mit“ Anforderungen, die ähnlich sind und entweder exakter gegeneinander abgegrenzt werden müssen oder zusammengefasst werden sollten. Werden Anforderungen mit der Bewertung „gegensätzlich zu“ oder „konkurriert mit“ gekennzeichnet, so müssen diese behoben werden. Dazu kann durchaus eine Risikoabschätzung mit Hilfe zusätzlicher Methoden notwendig sein. Eventuell müssen diese im Rahmen von Workshops mit entsprechenden Spezialisten diskutiert werden. Die Bewertung „zugeordnete Anforderungen“ zeigt an, dass zwischen den beiden Anforderungen eine Abhängigkeit besteht, diese aber keinen konkurrierenden Charakter und auch keine Ähnlichkeit besitzt. Ohne Bewertung bleiben Anforderungen, wenn zwischen ihnen keine Beziehungen bestehen.

Die Schwierigkeit liegt damit nicht in der Bewertung der einzelnen Anforderungen, sondern in der Auswertung und Weiterverarbeitung der Anforderungen zu einer möglichst widerspruchsfreien Anforderungsstruktur. Das Lösen von Widersprüchen erfordert großes Hintergrundwissen und gute Kenntnisse der Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Elementen. Deshalb ist es von Vorteil für die Entscheidungsfindung Workshops durchzuführen. Hervorzuheben ist, dass zur Behebung der Widersprüche und Ähnlichkeiten immer geeignete Methoden, z.B. im Rahmen von interdisziplinär zusammengesetzten Workshop, durch Reviews, FMEA, u.a., verwendet werden müssen, worauf im Rahmen dieser Arbeit allerdings nicht näher eingegangen wird. In weiterführenden Arbeiten könnten hierzu für konkrete Problemstellungen entsprechende Lösungswege erarbeitet werden. Der klassische Paarvergleich der QFD bewertet zusätzlich die Wichtigkeit der Anforderungen zueinander. Diese Wertung kann nicht zwangsläufig bedeuten, dass die Anforderung von zentraler Bedeutung ist, denn unter Umständen können die vielen Verbindungen zu anderen Anforderungen auch daraus resultieren, dass die Anforderungen nur unspezifisch formuliert sind. Trotz dieser Erkenntnis werden Bewertungsmechanismen für die Verknüpfungen softwaretechnisch implementiert.

In weiterführenden Arbeiten sind die Methoden zur Gruppierung und zum Paarvergleich insbesondere vor dem Hintergrund der IT-gestützten Datenverarbeitung dahingehend zu untersuchen, ob eine Wiederverwendung der Bewertungen und Gruppenzuordnungen für nachfolgende Projekte<sup>22</sup> möglich ist. Dadurch ließe sich der Aufwand zur Vereinfachung und Strukturierung der Anforderungsvielfalt sicher deutlich reduzieren, da gerade die Vorgaben des Gesetzgebers und der Gesellschaft innerhalb eines Marktsegmentes sehr ähnlich sind. Es würde zwangsläufig zu ähnlichen Bewertungen kommen. Des Weiteren sind Möglichkeiten zum Nachweis der Anforderungserfüllung

---

<sup>22</sup> Anpassungs- und Variantenkonstruktionen

zu untersuchen. Es müssen zwangsläufig Einschätzung gegeben werden, ob es möglich ist, Anforderungen an die Zuverlässigkeit umzusetzen, um damit Fehler zu vermeiden.

### 4.3 Vernetzung der Systemsichten



In diesem Kapitel werden zunächst die Eingangsdaten und die für die Vernetzung notwendige Darstellung beschrieben. Darauf folgt im zweiten Abschnitt das eigentliche Vernetzen der Strukturen. Abschließend wird gezeigt, welche Erkenntnisse aus dieser Vernetzung hervorgehen können.

Hierarchisierte Strukturen von Anforderungen und den verschiedenen Sichtweisen des analysierten Systems, namentlich Produktsystem, Funktionssystem und Prozesssystem, müssen entsprechend der Abb. 4.7 miteinander kombiniert werden. Ziel dieser multidimensionalen Betrachtung ist es, eine vollständige Vernetzung der Systemelemente zu schaffen und die Konstellationen auf Ihre Wechselwirkung hin zu analysieren. Zu den Produkthanforderungen kann so die Erfüllung der Anforderungen erfasst, zwischen den Strukturen Abhängigkeiten identifiziert und schließlich die Integrität des Gesamtsystems dargestellt werden.

#### 4.3.1 Vernetzungsmethodik

Für jedes der einzelnen Informationsobjekte (u.a. Funktionen, Anforderungen, Prozesse und Komponenten usw.) werden Tabellen angelegt, in der die entsprechenden Informationsobjekte abgelegt werden können (vgl. Abb. 4.7). Diese sind vergleichbar mit relationalen Datenbanktabellen und können mit Spalten versehen werden. Im einfachsten Fall ist das eine einzige Spalte mit der Namensbezeichnung des Objekts. Durch weitere Beschreibungs-, Klassifizierungs- und Verwaltungsspalten können zu jedem einzelnen angelegten Informationsobjekt (Funktion, Anforderung, Prozess und Komponente) zusätzlichen Informationen abgelegt werden. Innerhalb des Strukturmodells werden die Wirkbeziehungen zwischen den Elementen durch Verbindungen erfasst. Eigens für die Vernetzung erhält dafür jede Tabelle vier zusätzliche Spalten („zugeordnete Anforderungen“, „zugeordnete Komponenten“, „zugeordnete Funktionen“ und „zugeordnete Prozesse“ (vgl. Abb. 4.8), wobei jede Spalte über ein Mehrfachauswahlfeld verfügt, welches auf den Inhalt der im Spaltennamen angezeigten Tabelle verweist.

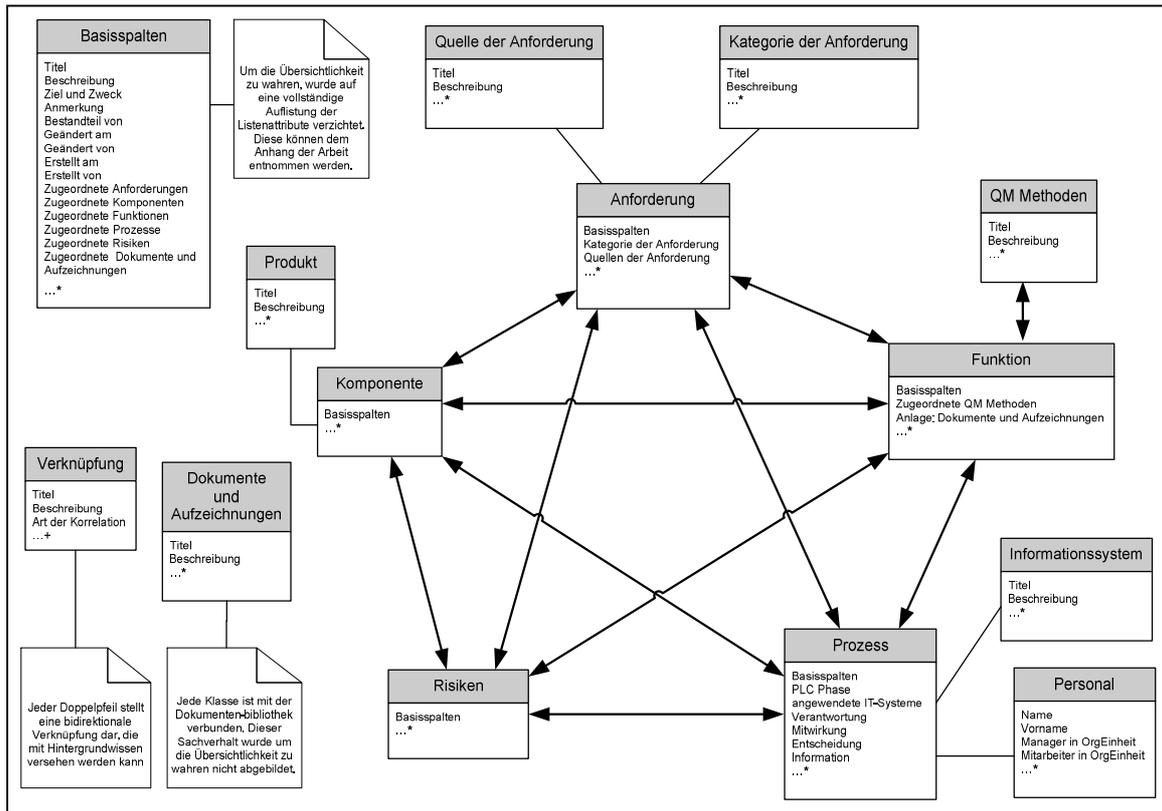


Abb. 4.7: Vernetzungsschema

Die gewünschten Informationsobjekte werden dann durch Selektion der entsprechenden Zelle hinzugefügt. Die zugeordneten Informationsobjekte sollen aber lediglich Verweise auf die zugeordneten Informationsobjekte darstellen. Eine Selektion von „Komponente\_2“ in der Liste „Anforderungen“ löst damit das gleiche Ereignis aus, wie eine direkte Auswahl der „Komponente\_2“ in der Liste „Komponenten“, nämlich eine Möglichkeit über ein entsprechendes Formular die „Komponente\_2“ näher zu beschreiben. Die Idee dabei ist, dass Objekte nur ein einziges Mal definiert und beschrieben werden müssen, dies sichert die Konsistenz der Daten und reduziert den Pflegeaufwand. Die Zuordnung entspricht daher einer Referenzierung, die auf die zugeordneten Informationsobjekte verweist. Dieser Sachverhalt wird in der folgenden Abbildung am Beispiel einer Vernetzung zwischen einer Anforderung und Komponente visualisiert (vgl. Abb. 4.18 und Abb. 4.19). In der Abb. 4.8 wird die bidirektionale Verknüpfung der „Anforderung\_1“ mit „Komponente\_2“ gezeigt.

| Tabelle: Anforderungen        |              |                           |                        |                              |                      |     |
|-------------------------------|--------------|---------------------------|------------------------|------------------------------|----------------------|-----|
| Titel                         | Beschreibung | Zugeordnete Anforderungen | Zugeordnete Funktionen | Zugeordnete Komponenten      | Zugeordnete Prozesse | ... |
| <a href="#">Anforderung 1</a> |              |                           |                        | <a href="#">Komponente 2</a> |                      |     |
| <a href="#">Anforderung 2</a> |              |                           |                        |                              |                      |     |
| <a href="#">Anforderung 3</a> |              |                           |                        |                              |                      |     |
| <a href="#">Anforderung 4</a> |              |                           |                        |                              |                      |     |
| ...                           |              |                           |                        |                              |                      |     |

| Tabelle: Komponenten         |              |                               |                        |                         |                      |     |
|------------------------------|--------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-----|
| Titel                        | Beschreibung | Zugeordnete Anforderungen     | Zugeordnete Funktionen | Zugeordnete Komponenten | Zugeordnete Prozesse | ... |
| <a href="#">Komponente 1</a> |              |                               |                        |                         |                      |     |
| <a href="#">Komponente 2</a> |              | <a href="#">Anforderung 1</a> |                        |                         |                      |     |
| <a href="#">Komponente 3</a> |              |                               |                        |                         |                      |     |
| <a href="#">Komponente 4</a> |              |                               |                        |                         |                      |     |
| ...                          |              |                               |                        |                         |                      |     |

**Abb. 4.8:** Vernetzung von Systemstrukturen (1)

Zunächst wird in der Tabelle Anforderungen in der Spalte „Zugeordnete Komponenten“, durch ein Mehrfachauswahlfeld, welches den kompletten Inhalt (der Titelspalte) der Tabelle „Komponenten“ anzeigt, die „Komponente\_2“ selektiert und damit in die entsprechende Zelle geschrieben (1). Gleichzeitig muss automatisch die umgekehrte Beziehung in der Tabelle „Komponenten“ ergänzt werden, sprich: in der Zeile „Komponente\_2“ wird in der Spalte „Zugeordnete Anforderungen“ die „Anforderung\_1“ ergänzt (2). Dieser Mechanismus lässt auch mehrwertige Verknüpfungen zu. Ordnet man beispielsweise der „Anforderung\_1“ noch die „Komponente\_4“ zu, ergibt sich folgende Abbildung.

| Tabelle: Anforderungen        |              |                           |                        |  |                      |     |
|-------------------------------|--------------|---------------------------|------------------------|--|----------------------|-----|
| Titel                         | Beschreibung | Zugeordnete Anforderungen | Zugeordnete Funktionen | Zugeordnete Komponenten                                      | Zugeordnete Prozesse | ... |
| <a href="#">Anforderung 1</a> |              |                           |                        | <a href="#">Komponente 2</a><br><a href="#">Komponente 4</a> |                      |     |
| <a href="#">Anforderung 2</a> |              |                           |                        |  |                      |     |
| <a href="#">Anforderung 3</a> |              |                           |                        |  |                      |     |
| <a href="#">Anforderung 4</a> |              |                           |                        |  |                      |     |
| ...                           |              |                           |                        |  |                      |     |

| Tabelle: Komponenten         |              |                               |                        |                         |                      |     |
|------------------------------|--------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-----|
| Titel                        | Beschreibung | Zugeordnete Anforderungen     | Zugeordnete Funktionen | Zugeordnete Komponenten | Zugeordnete Prozesse | ... |
| <a href="#">Komponente 1</a> |              |                               |                        |                         |                      |     |
| <a href="#">Komponente 2</a> |              | <a href="#">Anforderung 1</a> |                        |                         |                      |     |
| <a href="#">Komponente 3</a> |              |                               |                        |                         |                      |     |
| <a href="#">Komponente 4</a> |              | <a href="#">Anforderung 1</a> |                        |                         |                      |     |
| ...                          |              |                               |                        |                         |                      |     |

**Abb. 4.9:** Vernetzung von Systemstrukturen (2)

Die Navigation lässt es zu, dass es dem Anwender überlassen wird, welchen Einstieg er zur Befüllung des Systems wählt; dieser kann über Anforderungen, Komponenten, Funktionen, als auch Prozesse erfolgen. So kann man von den Komponenten ausgehen und diese mit Anforderungen verknüpfen oder andersherum die Anforderungen durchlaufen und sich überlegen, ob diese auf Komponenten wirken. Daher sind (zunächst noch) alle möglichen Verknüpfungskombinationen zwischen Komponenten, Anforderungen, Funktionen und Prozesse denkbar. Da die entsprechenden Spaltenwerte automatisch ergänzt werden, entstehen für den Anwender keine Doppelarbeiten bei der Verknüpfung. Gleichzeitig werden dem Anwender zunächst keine zwingenden Vorgaben zur Beschreibung und Verknüpfung der verschiedenen Systemstrukturen gemacht.

#### **4.3.1.1 Inputdaten für die Vernetzung**

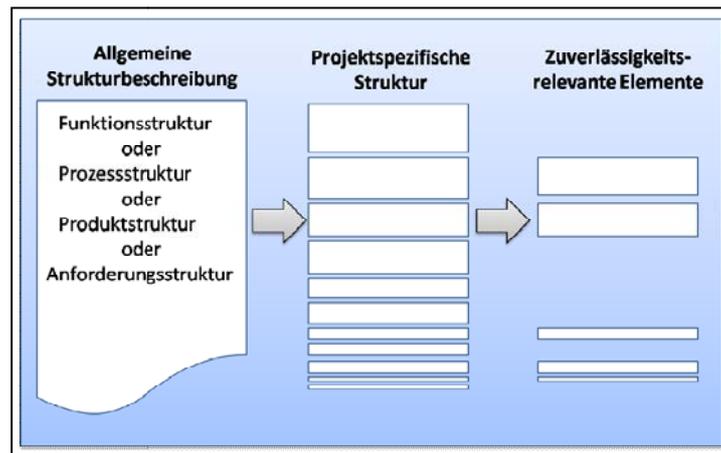
Bevor eine Vernetzung der hierarchisierten Strukturen erfolgen kann, sind die Systemstrukturen zu erstellen. Unter den Begriff der Systemstrukturen fallen die Strukturen von Produktsystem, von Prozessen, Anforderungen und von Funktionen. Die Strukturen sind generischer Natur, das bedeutet, dass sie durch die Analyse bestehender Systeme generiert werden. Gleichzeitig bedeutet dies, dass es sich um keine starren Strukturen handelt, sondern dass sich die Strukturen auch während dem Projekt modifizieren lassen. Dadurch wird erreicht, dass sich die Strukturen dynamisch an ihr Umfeld anpassen. Die Analyse bestehender Systeme lässt sich durch den Einsatz von geeigneten Methoden realisieren. Hierzu existieren vielfältige Ansätze, welche im Rahmen dieser Arbeit nicht näher erläutert werden können. Stellvertretend sei auf das in Kapitel 3.1 beschriebene SE hingewiesen, welches das Systemdenken als ein ganzheitlicher, komplexitätsreduzierender Ansatz vorschlägt. Zunächst werden die Objekte des Betrachtungsraums in Systeme gegliedert. Bei der Systemanalyse werden die inneren Beziehungen zwischen den Elementen des Systems betrachtet, während bei umfeld- und wirkungsorientierter Betrachtung die Wechselwirkungen zwischen System und Umwelt im Vordergrund stehen. Ein Element eines Systems kann seinerseits als Untersystem betrachtet werden, indem es durch Elemente auf einer untergeordneten Ebene detailliert wird. Umgekehrt entsteht ein Übersystem durch Zusammenfassung mehrerer Systeme, vgl. [HNBM99, S. 7f.]. Durch Unter- und Übersysteme wird eine hierarchische Gliederung über verschiedene Systemebenen ermöglicht, die eine stufenweise Detaillierung bis zu einem geeigneten Grad erlaubt. Hierdurch wird die Erfassung aller relevanten Bestandteile des Gesamtsystems gewährleistet und gleichzeitig die Komplexität innerhalb des jeweils betrachteten Einzelsystems reduziert.

Um diese Sichtweise von Produkten auf Basis der Funktion zu ermöglichen, wurde eine funktionsorientierte Strukturierung gewählt. Zur Detaillierung dieses Strukturtyps sind weitere Anforderungen an eine realitätsnahe und aufgabengerechte Modellierung von Produkten zu berücksichtigen. Hierzu zählen die Abbildung verschiedener Funktionsebenen eines Produkts, die Möglichkeit zur eindeutigen Identifizierung aller Elemente der Produktstruktur sowie ihre transparente Darstellung auch bei hoher Komplexität. Die Strukturierung anhand von Funktionsgruppen und Bauteilen, s.a. [DIN40150, S. 1ff.] stellt dabei eine Möglichkeit zur Erfüllung dieser Anforderungen dar. Da Zuverlässigkeit ebenenweise aggregiert wird, wird die Struktur der Funktionsgruppen und Bauteile eines Produkts weitestmöglich hierarchisch aufgebaut. Bauteile und Funktionsgruppen als funktionsrealisierende Elemente können ihrerseits mehreren Funktionsgruppen bzw. Produkten zugeordnet sein, vgl. [BeLe99, S. 100]. Um Funktionsgruppen eines Detaillierungsgrads auf gleicher Strukturebene zu erfassen, können die Elemente einer Ebene unmittelbar jeder höheren Ebene zugeordnet werden. Die Strukturen werden zudem zu Projektbeginn nur grob an der Zielstellung ausgerichtet, um somit die Lösungsmöglichkeiten nicht einzuschränken. Außerdem sollten im Unternehmenseinsatz die z.B. aus dem Qualitätsmanagement vorhandenen Strukturen verwendet werden und nicht zusätzlich wieder neue Strukturen geschaffen werden.

Wie die Abb. 4.7 ebenfalls zeigt, dienen die Systemstrukturen zur Vernetzung mit der Anforderungsstruktur und zur Angabe der Wechselbeziehungen zwischen den verschiedenen Systemdarstellungen. Während dem Projektverlauf findet dann im Rahmen der Vernetzung zwischen der Anforderungsstruktur und den Systemstrukturen und innerhalb dieser selbst eine Reduzierung auf die projektrelevanten Elemente statt. Die irrelevanten Elemente werden aber nicht gelöscht, sondern nur ausgeblendet, so dass sie, falls Änderungen eintreten, wieder eingebunden werden können. Die Abb. 4.10 zeigt am Beispiel der Funktionsstruktur wie aus der allgemeinen die projektspezifische Funktionsstruktur entsteht. Erweiterungen der projektspezifischen Struktur während des Projektverlaufs um zusätzliche Funktionselemente sind aufgrund des generischen Aufbaus der Strukturen ohne Probleme möglich. Es ist dann nur sicherzustellen, dass diese Elemente auch vernetzt werden.

Bei der Abbildung von zuverlässigkeitsbezogenen Wechselwirkungen zwischen den Elementen werden Beziehungen von Elementen innerhalb einer Ebene und hierarchieübergreifende, vernetzende Beziehungen unterschieden. Durch ebenen interne Beziehungen werden die Wechselwirkungen eines Elements auf andere Elemente der gleichen Ebene abgebildet. So kann bspw. berücksichtigt werden, wenn der Ausfall

eines Elements zu einer gesteigerten Ausfallwahrscheinlichkeit eines anderen Elements der gleichen Ebene durch erhöhte Belastung führt. Hierdurch wird die Zuverlässigkeit der übergeordneten Ebene auch ohne ihren direkten Ausfall mittelbar beeinflusst. Hierarchieübergreifende Beziehungen bestehen besonders bei komplexen Elementen, die über die hierarchische Beziehung zur Hauptfunktion hinaus weitere nebengeordnete Wirkungen auf die Zuverlässigkeit anderer Funktionsgruppen ausüben.



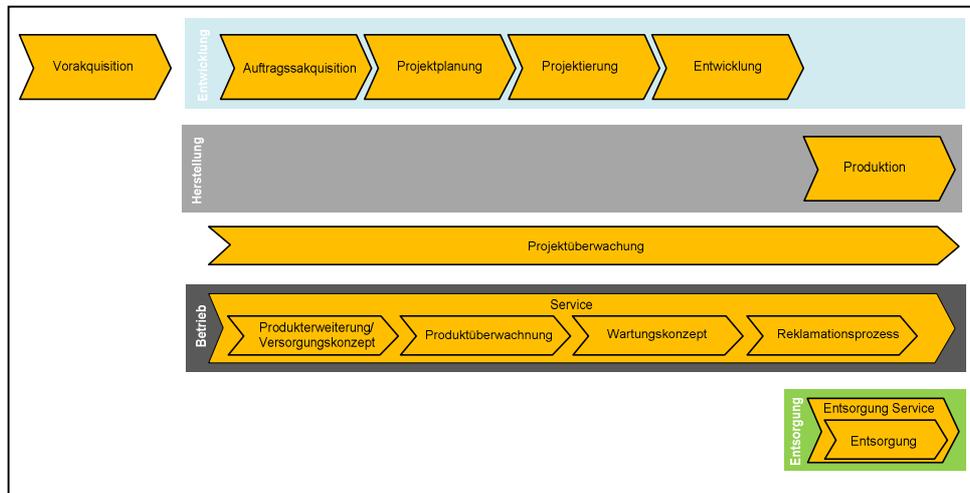
**Abb. 4.10:** Modifikationen der Strukturen im Projektverlauf

Es erfolgt an dieser Stelle nur eine sehr grobe Beschreibung der verschiedenen Strukturen (s.a. Kapitel 2.1), da es, wie bereits in Kapitel 3 erwähnt, zahlreiche Ansätze zur Systemanalyse gibt. Die Anforderungsstruktur wurde bereits im vorangegangenen Abschnitt ausführlich erläutert und findet damit in dieser Auflistung keine Beachtung mehr.

### **Prozessstruktur**

Als Gliederungsansatz wurde der Produktlebenszyklus gewählt. Hierdurch sollen alle für die Zuverlässigkeitsverbesserung erforderlichen Informationen ihrem Entstehungszeitpunkt zugeordnet werden. Das Ziel, eine Methode mit dem Fortschritt des Produktentstehungsprozesses mitlaufen zu lassen und trotz der möglicherweise sich ändernden Bedingungen generisch anwenden zu wollen, stellt eine enorme Herausforderung an das methodische Konzept dar. Zum Beispiel werden in der Planung ein Prozess und die Arbeitsschritte für die Bearbeitung definiert. Entlang der Vorgaben wird das Projekt anschließend durchgeführt. Wegen des Projektcharakters der Verbesserung ist darüber hinaus eine Flexibilisierung erforderlich, durch die erst im Projektverlauf gewonnene Erkenntnisse berücksichtigt und damit sofortige notwendige Ergänzungen bzw. Änderungen des Prozesses nach sich ziehen müssen. Es ist davon auszugehen, dass die Produktlebenszyklusphasen für mechatronische Systeme identisch mit denen anderer Produkte sind. Eine geeignete Visualisierung der grundsätzlichen

Phasen- und Prozessfolge des Produktlebenszyklus als Gesamtprozess gibt folgende Grafik wieder: (vgl. VDI 4003)



**Abb. 4.11:** Produktlebenszyklus nach VDI 4003

Die Phasen werden ihrerseits durch Aufgaben detailliert, die auf der Vorgehensweise des SE aufbauen. Die tatsächliche Folge der Prozesse und Phasen ist, wie bei anderen Produkten auch, abhängig vom Lebenszyklus-Szenario, das durch die Charakteristika des Produktes und dessen Qualitätsmanagementsystem bestimmt wird. Für mechatronische Systeme bedeutet dies insbesondere, dass die Entstehungsprozesse der elektronischen und mechanischen Teilsysteme sowie der Software miteinander vereinbar und abgestimmt gestaltet werden müssen. Hierzu wird auf das V-Modell als mehrfach ineinander verschachtelter Makrozyklus aus der VDI-Richtlinie 2206 (siehe Kapitel 3.2.3) verwiesen, welches die Entwicklung mechatronischer Systeme und die Systematik der Koordination von Subsystemen der verschiedenen Domänen beschreibt. Daher soll sich zunächst jede Lebenszyklusphase in weitere Prozesse untergliedern lassen, wobei die miteinander in Wechselbeziehung stehenden Prozesse und den daraus resultierenden Ergebnisse, z.B. das Ergebnis von Prozess A ist für den Prozess B der Input, abgebildet werden müssen<sup>23</sup> (vgl. Abb. 4.12).

<sup>23</sup> Diese Einschränkung vernachlässigt einige, nicht am Wertschöpfungsprozess beteiligte, Teilprozesse. Dies ist jedoch vertretbar, da diese Teilprozesse nur im weiteren Umfeld mit dem Produkt und auch mit den Entwicklungsprozessen in Verbindung stehen.

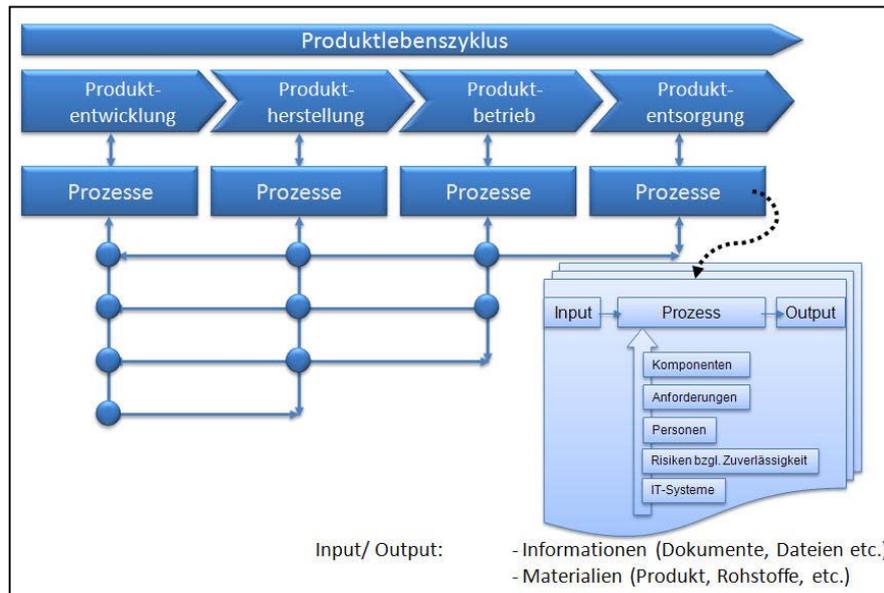


Abb. 4.12: Vernetzungsmodell (1)

### Funktionsstruktur

Die allgemeine Funktionsstruktur wird mittels Brainstorming ermittelt. Die Untergliederung der Hauptfunktionsgruppen orientiert sich dabei zum einen an der menschlichen Wahrnehmung sowie der menschlichen Interaktion und zum anderen an technischen Funktionen der Mechatronik. Durch das Einbeziehen von maschinellen und menschenähnlichen Funktionselementen soll eine fachgemäßere Verknüpfung zwischen Prozess und Produkt ermöglicht werden.

### Produktsystemstruktur

Die Produktsystemstruktur wird bspw. durch die Analyse bestehender CAD-Zeichnungen, Konstruktionsplänen oder Stücklisten generiert. Im ersten Schritt der Analyse werden die Systeme nach ihrer jeweiligen Bauteilstruktur aufgegliedert. Die verschiedenen Bauteile und Baugruppen werden dann im Folgenden mit Attributen und einer kurzen Beschreibung versehen. Bei der Wahl der Attribute ist zu berücksichtigen, dass die Attribute am Informationsfluss orientiert sind und sich schließlich zu einer Baumstruktur zusammenfassen lassen. Die Analyse der einzelnen Bauteile kann sowohl nach dem „Top-down“<sup>24</sup> als auch „Bottom-up“ Prinzip erfolgen. Es empfiehlt sich jedoch, die Struktur aus der jeweils nicht verwendeten Richtung auf Vollständigkeit und Korrektheit zu überprüfen. Die notwendige Integration von Software-Komponenten als funktionale Bestandteile von mechatronischen Systemen kann ebenso realisiert werden wie für die mechanischen und elektronischen Bestandteile. Diese Integration in die

<sup>24</sup> Ansatz des Systemdenkens, angelehnt an das Systems Engineering

Produktstruktur ist problemlos möglich, weil Software ebenso hierarchisiert darstellbar ist wie Hardware-Komponenten. Die Analyse der Produktsysteme erfolgte unter folgender Fragestellungen: Welche mechatronischen Elemente werden in den Systemen eingesetzt? Wo sind sie zu finden? In welche Gruppen lassen sich die Elemente einteilen? Das Ergebnis dieser Analyseschritte stellt dann eine an die Funktionsstruktur angelehnte Produktsystemstruktur dar. Dem einfachen Grund geschuldet, dass in beiden Fällen die Grobstrukturierung auf dem Informationsfluss basieren sollte.

### **Erkenntnisse aus dem Generieren der Strukturen**

Beim Generieren der Strukturen kann der Einsatz unterschiedlicher Methoden sehr hilfreich sein kann. Das Generieren selber hat verschiedene Ausprägungen, so muss beispielsweise nicht immer eine neue Struktur erstellt werden, sondern nur die vorhandenen Strukturen angepasst werden. Es stellt sich nur die Frage, welche Vielfalt damit maximal handhabbar ist. Hierzu sollte in nachfolgenden Arbeiten genauere Untersuchungen angestellt werden. Besonders interessiert hier die Fragestellung, ob die im Abschnitt zuvor zur Strukturierung und Gruppierung der Anforderungen eingesetzten Methoden nicht auch bei der Generierung der Systemstrukturen Verwendung finden könnten.

Weiter fortschreitend werden nun exemplarisch einige Vernetzungskombinationen der Anforderungsstruktur mit den Strukturen von Prozess, Funktion und Produkt erläutert. Es ist dabei sicherzustellen, dass sämtliche Systemsichten bei der Vernetzung Berücksichtigung finden.

### **Anforderungen - Prozessstruktur**

In dieser Betrachtung werden die Anforderungen den Teilprozessen des PLC zugeordnet. Folglich werden Anforderungen identifiziert und zugeordnet, welche in Prozessen (z.B. Unternehmens-, Entwicklungs-, Fertigungs-, Betriebsprozessen, etc.) eine Rolle spielen. Insbesondere werden durch die Vernetzung mit der Prozessstruktur die Zielprozesse der Anforderungen übersichtlich dargestellt. Dadurch wird eine Sortierung der Anforderungen nach dem jeweiligen zeitlichen Bezug bezüglich des PLC ermöglicht.

### **Anforderungen - Funktionsstruktur**

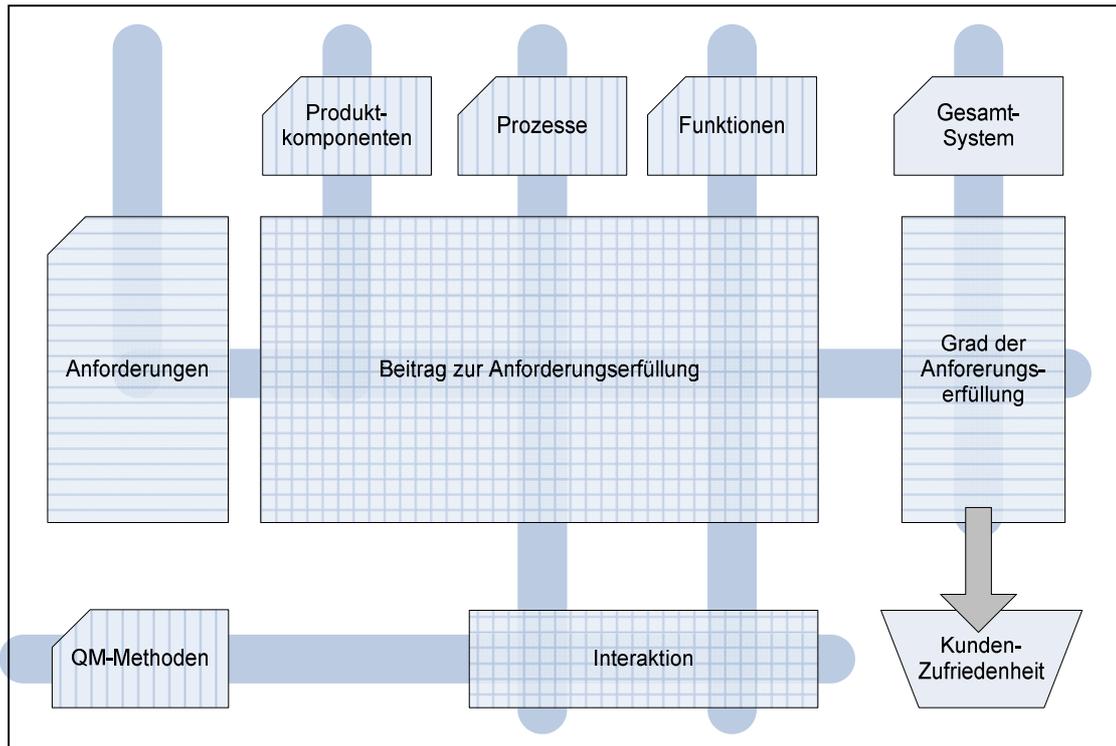
Die zentrale Frage ist hier, welche Funktionen elementare bzw. zentrale Rollen spielen. Ziel der Vernetzung von Anforderungen und einer Funktionsstruktur ist es, ein funktionales Anforderungsmodell zu erstellen. Bei diesem Modell werden im Rahmen der Abstraktion nur die funktionsorientierten Anforderungen berücksichtigt und aus der Vernetzung mit den Funktionsstrukturen ein Modell generiert. Das abstrahierte Funktionsmodell dient als Zwischenschritt zum eigentlichen Produktmodell. Die wichtigste Aufgabe ist dabei das Sicherstellen der Funktionsfähigkeit des Produktsystems. Außerdem lassen sich durch das Funktionsmodell schon sehr früh Ähnlichkeiten zu anderen Produkten oder deren Teilsystemen ermitteln.

### **Anforderungen - Produktsystemstruktur**

Die Zuordnung der Anforderungen zum Produktsystem ist die klassische, produktorientierte Sichtweise in der Produktentwicklung. Produktspezifische Anforderungen werden direkt den entsprechenden Bauteilen und Produktkomponenten zugeordnet; damit wird das örtliche Ziel der Anforderung aufgezeigt. Außerdem kann über den Vergleich der technischen Merkmale des Bauteils mit den zugeordneten Anforderungen überprüft werden, ob die Anforderungen erfüllt sind. Dieser Bereich der Methode entspricht am nächsten dem der klassischen QFD. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich im Laufe der Produktentwicklung die Produktsystemstruktur von einer allgemeinen Struktur mit verschiedenen Lösungsmöglichkeiten in die produktspezifische, anforderungsgerechte Lösung wandelt.

### **Zwischenfazit**

Die bisher dargestellten Vernetzungskombinationen dienen nicht nur zum Vernetzen der Anforderungen, sondern auch zur Verifizierung. Durch den zeitlichen und örtlichen Bezug lassen sich die vernetzten Anforderungen auch hinsichtlich ihrer korrekten Erfüllung überprüfen. D.h. wenn eine Anforderung einem Produktsystem zugeordnet wird, muss sie dort auch berücksichtigt bzw. umgesetzt werden. Diese Umsetzung erfolgt über Merkmale, welche dann bezüglich der Anforderungen wieder überprüft werden können. Die positive oder negative Erfüllung der Anforderungen wird in dem entsprechenden Datensatz der erstellten Verknüpfung über zusätzliche Einträge angezeigt. Wird dieser Vergleich für alle Anforderungen innerhalb der Systemgrenzen durchgeführt, so lässt sich der oben erwähnte Grad der Umsetzung für das gesamte Produktsystem ermitteln. Aus der Anforderungserfüllung kann wiederum eine Einschätzung der Kundenzufriedenheit erfolgen (vgl. Abb. 4.13).



**Abb. 4.13:** Zusammenhang Anforderungserfüllung und Einschätzung der Kundenzufriedenheit

### Vernetzung von Funktions- und Produktstruktur

Die Vernetzungskombination hat zum Ziel, einen Abgleich zwischen der Funktionsstruktur, welche im Allgemeinen ein aus der Aufgabenstellung entwickeltes Modell darstellt, und zwischen der Produktstruktur, welche anfangs eine Lösungsvielfalt und zum Ende des Projekts die realisierte Lösung darstellt, herzustellen. Aus den allgemeinen Anforderungen lassen sich zumeist nur Funktionen, aber keine Produkteigenschaften ableiten. Aus den Funktionen können aber Rückschlüsse auf mögliche Baugruppen gezogen werden. Diese basieren auf den Ergebnissen aus ähnlichen, bereits realisierten Problemstellungen. Dadurch wird die Vielfalt innerhalb der Produktsystemstruktur stark eingegrenzt. Eine andere Nutzungsmöglichkeit der Vernetzungskombination ist, dass Forderungen an Elemente der Produktstruktur auf die funktionale Ebene abstrahiert werden. Das Funktionsmodell kann dann durch weitere, in den Anforderungen bereits detaillierte Eigenschaften, ergänzt werden. Der in beide Richtungen durchgeführte Abgleich ermöglicht somit eine Konkretisierung bzw. Ergänzung der speziellen Funktions- und Produktstruktur.

#### 4.3.1.2 Erkenntnisgewinn aus der Strukturvernetzung

Bei den Systemstrukturen handelt es sich nicht um unabhängige Systeme. Die Tatsache, dass sie sich gegenseitig beeinflussen, ist sehr nützlich, da sich daraus zusätzliche Erkenntnisse gewinnen lassen. So resultiert beispielsweise aus der Forderung nach einer bestimmten Funktion das Vorhandensein verschiedener Baugruppen. Die Vernetzung innerhalb der Systemstrukturen unterstützt somit das Konkretisieren der Lösung. Unter Umständen lassen sich zusätzliche Anforderungen generieren, welche dann den bereits vorgestellten Weg der Gruppierung- und dem Paarvergleich von Anforderungen durchlaufen.

Bei der Modellierung ist es nicht erforderlich und aus Effizienzgründen häufig auch nicht sinnvoll, das gesamte Produkt abzubilden. Vielmehr sollten nur die im Zuverlässigkeitskontext relevanten Elemente erfasst werden, vgl. [BeLe99, S. 119]. Gegebenenfalls ist auch ein unterschiedlicher Detaillierungsgrad im Grundmodell möglich, bei dem die besonders kritischen Elemente detailliert berücksichtigt werden, während weniger relevante Bereiche aggregiert dargestellt und bei Bedarf detailliert werden. Gleichzeitig sinkt der Initialaufwand und steigt die Übersichtlichkeit des Modells. Zusätzlich ist bei der Vernetzung zu beachten, dass die Inputdaten auf beiden Vernetzungsachsen etwa dem gleichen Detaillierungsgrad entsprechen. Findet diese Vorgabe keine Beachtung, so erhöht sich nur der Vernetzungsaufwand, aber nicht der Informationsgehalt. So lassen zu sich allgemein formulierte Anforderungen an das Produktsystem, z.B. „Antriebsleistung = ausreichend“, nicht den exakt spezifizierten Baugruppen der Produktsystemstruktur z.B. „Dieselmotor mit 150 kW“ oder „Ottomotor mit 200 kW“ zuordnen, sondern nur dem übergeordneten System „Antrieb“. Das Beispiel macht deutlich, dass das schwächste Glied den Informationsgehalt festlegt. Die Baumstrukturen von Anforderungen und Systemen bieten die Möglichkeit, dass die Strukturen zur Vernetzung nicht in der maximalen Detaillierungsstufe, sondern auch in übergeordneten Stufen vernetzt werden können. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Vernetzung normalerweise für jede Stufe getrennt durchgeführt werden muss. Es lässt sich nicht automatisch vom Allgemeinen zum Detaillierten hin oder umgekehrt schlussfolgern. In weiterführenden Arbeiten könnte erörtert werden, auf welche Weise bzw. mit welchen Regelungen ein Übernehmen der Vernetzungsergebnisse aus anderen Stufen möglich wäre. Es zeigt sich auch, dass die gewissenhafte und exakte Ermittlung der Anforderungen und die entsprechende Strukturierung eine unabdingbare Vorleistung für das Vernetzen darstellt. Gleiches gilt auch für die Generierung der Systemstrukturen. Eine präzise Definition und Beschreibung aller Elemente ist zur effizienten Bewertung äußerst hilfreich.

Die Vernetzung bietet des Weiteren die Möglichkeit, Anforderungsdaten sortiert nach den verschiedenen Teilsystemen auszugeben. Dadurch ist es möglich für die einzelnen Teilprozesse „kleine“ Anforderungslisten zu generieren. Diese können an der Anforderungsquelle zur Überprüfung der Gültigkeit verwendet werden. Anforderungen nach Ziel sortiert, beispielsweise nach den Entwicklungsabteilungen, ergeben Listen für diese Bereiche. Sind Anforderungen mehreren Zielen zugeordnet, so gelten diese unter Umständen in verschiedenen Fachbereichen und Abteilungen, d.h. Änderungen etc. können nur bei allgemeinem Einverständnis<sup>25</sup> erfolgen. Es lassen sich auch die Anforderungen an eine Baugruppe oder einen Betriebsprozess getrennt visualisieren. Anders herum lässt sich auch ermitteln, welche Anforderungen von einem Stakeholder wirklich an bestimmte Baugruppen gerichtet sind. Darüber hinaus können durch eine entsprechende Berichtsgenerierung die benötigten Methoden und Instrumente für Aufgaben der Zuverlässigkeitsverbesserung abgefragt werden. Bei erforderlichen Änderungen an Komponenten, lässt sich der Entwickler alle Wechselwirkungen zu anderen Objekten anzeigen, kontaktiert alle an diesen Objekten beteiligten Personen, bezieht deren Zustimmung und erhält letztlich einen Maßnahmenkatalog über QM-Methoden, die erneut auszuführen sind, damit die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems bestehen bleibt.

Weiter eröffnet die Vernetzung verschiedene Möglichkeiten, abhängig davon in welcher Stufe der Produktentwicklung man sich gerade befindet. In den Anfangsphasen, z.B. bei der Suche nach einem ersten Produktmodell, beschränkt man die Zuordnung nur auf den Betriebsprozess und die Komponenten auf die allgemeine Produktsystemstruktur. Hier lassen sich verschiedene, bereits realisierte Komponenten mit ihren Funktionen direkt den Betriebsprozessen zuordnen. Daraus kann eine Einschränkung der allgemeinen Produktsystemstruktur erfolgen. Besteht bereits eine spezialisierte Produktsystemstruktur, so kann man diese Auswertung der Vernetzung dazu einsetzen die verschiedenen Produktkomponenten verschiedenen Bereichen im PLC zuzuordnen. Wenn es sich um ein Zukaufteil handelt, wird es dem Einkaufsprozess und der Wareneingangskontrolle zugeordnet. Handelt es sich um ein Bauteil aus Eigenfertigung, so wird es mit den verschiedenen Abteilungen im eigenen Unternehmen verknüpft. Als Ergebnis der Zuordnung lassen sich schließlich Aussagen darüber treffen, wo welche Teile gefertigt, gekauft, transportiert, etc. werden. Werden Produkt und Prozess über den ganzen Produktlebenszyklus hinweg verknüpft, so lassen sich auch Aussagen darüber treffen, welche Bauteile in welchen Wartungsprozessen berücksichtigt werden müssen, aber auch wie mit den Bauteilen nach der Demontage des Produktsystems zu verfahren ist, z.B. Verwendung, Verwertung, Entsorgung, etc.

---

<sup>25</sup> Realisierung über Genehmigungsworkflow.

Der Abriff der Daten zum Export in andere Methodenwerkzeuge wie FMEA erfolgt an geeigneten Stellen des WMS, entsprechend der informatorischen Kompatibilität. Für das Beispiel der FMEA können z.B. die Anforderungen oder wahlweise die Funktionen übernommen, entsprechend deren Nichterfüllen als Fehler interpretiert und aus den Bewertungszusammenhängen mit den anderen Systemstrukturen potentielle Fehlerfolgen abgeleitet werden. Weiterhin können für den Fall der Anforderungen aus den Gewichtungsfaktoren, welche der Priorisierung dienen, Bedeutungen für die Fehler in die FMEA übernommen werden.

Die Flexibilität, die nicht zuletzt durch die Simplizität des Grundkonzeptes entsteht, soll der Methode den besonderen Charakter verleihen. Sie soll den Entwicklern ein Werkzeug bieten, das systematisch integriert, als zentrales Informationssystem Verwendung finden kann. Die Stärken liegen darin, dass externe Ergebnisse, Erkenntnisse oder Daten in die Struktur sozusagen als Datenbank eingebracht werden können, aber auch im umgekehrten Wege für andere Zwecke wieder zur Verfügung gestellt werden können. Nicht zuletzt kann aus der Vernetzung Handlungsbedarf aufgezeigt und folglich initiiert werden. Die Komplexität der geforderten Funktionen der Methode impliziert darüber hinaus die Notwendigkeit einer rechnerischen Auswertbarkeit. Bedingung hierfür ist aber, dass die Bewertungen und die Analyseergebnisse differenziert als numerische Werte in das System eingegeben werden. So sollten die ermittelten Funktionen auf mögliche Fehler, Ursachen und Folgen untersucht werden. Hierdurch könnte die Bewertung des Risikos über Einzelfaktoren vorgenommen werden. Eine „Risiko-Prioritäts-Zahl“ stellt dabei die Einschätzung auf einer numerischen Skala dar.

Folgende Abbildung stellt das bisherige, entwickelte Konzept in einen Ablaufzusammenhang grafisch wieder. Die folgende Grafik stellt die wesentlichen Schritte des Vorgehens und die geplante Abfolge der Schritte dar. Sie spiegelt alle in dieser Arbeit verwendeten Vorgehensweisen wieder und kann als Orientierungshilfe bei der Anwendung der Methoden fungieren.

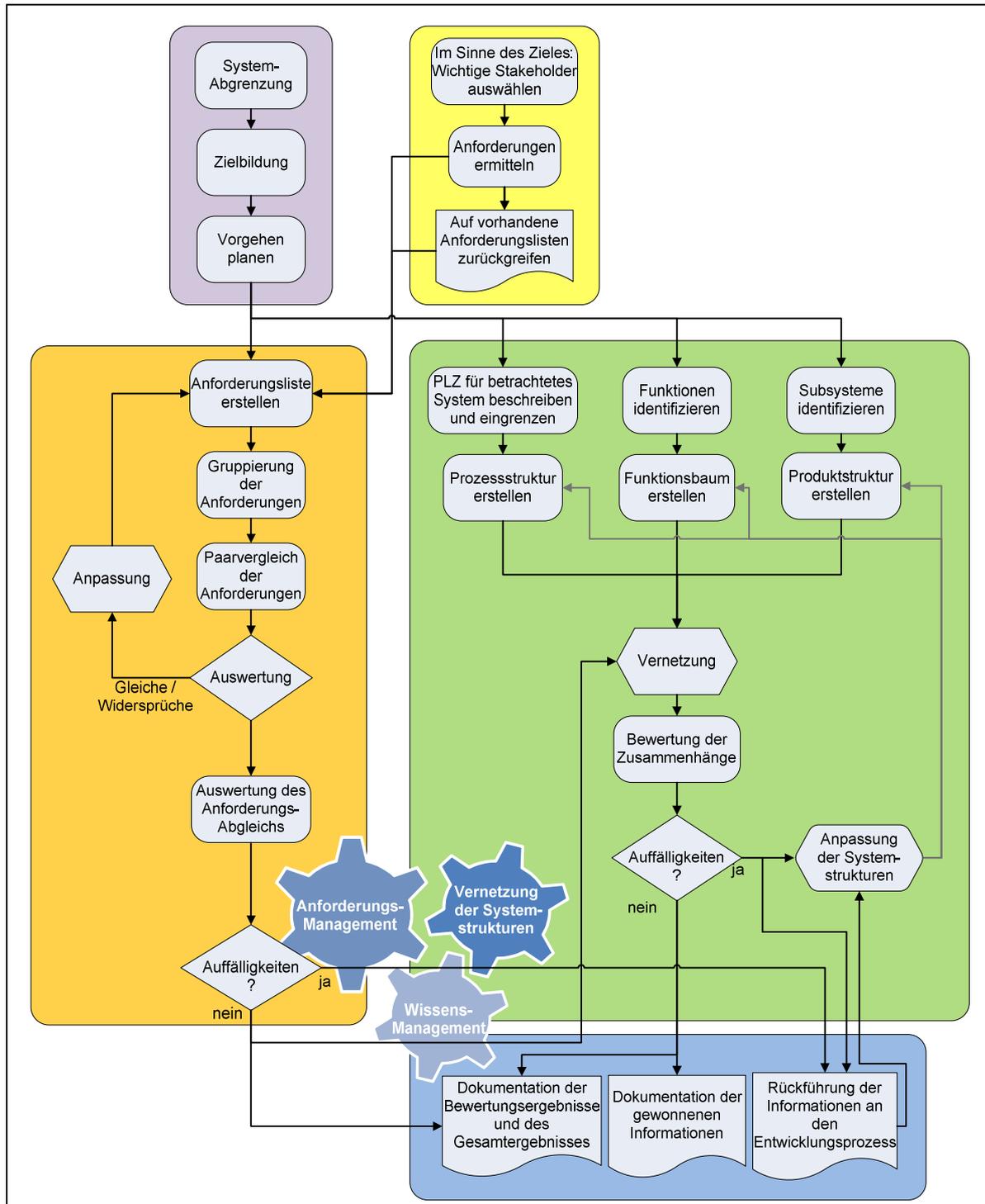


Abb. 4.14: Ablaufzusammenhang des Konzepts

Der Gesamtprozess ist in der Abbildung in fünf farblich gekennzeichnete Bereiche unterteilt:

1. der violette Bereich umfasst die Prozesse der Vorbereitung
2. der gelbe Bereich die Prozesse der Informationszuführung (Input)

3. der orangene Bereich zeigt die Folge der Prozesse des Anforderungsmanagements
4. der grüne Bereich stellt die Struktur der Erstellung und Bearbeitung (Vernetzung) der Systemstrukturen dar
5. und abschließend umfasst der blaue Bereich die Dokumentationsprozesse.



#### 4.4 Konzeption des Wissensmanagementsystems

Nachdem in den Abschnitten zuvor ein grobes Vorgehen zum Anforderungsmanagement einerseits sowie der Vernetzung der verschiedenen Systemsichten andererseits dargestellt wurde, widmet sich dieses Kapitel dem letzten der drei geforderten Kernfunktionalitäten, der Wissensdokumentation. Bei der Konzeption des WMS wird von dem klassischen Wissenslebenszyklus nach Probst/Raub/Romhardt (vgl. Anhang A) ausgegangen und unterschieden zwischen Erfassung, Filterung, Strukturierung, Nutzung, Bewertung und Pflege des Wissens, als kontinuierliche Weiterentwicklung des vorhandenen Wissens zur Zuverlässigkeitsverbesserung mechatronischer Systeme.

Bevor es an die Ausgestaltung des Konzepts geht, soll an dieser Stelle zunächst der Zusammenhang von Qualitäts- und Wissensmanagement erläutert werden. Eine ausgiebige Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Qualitäts- und Wissensmanagement wurde von Hanel vgl. [HANE02, S. 44f.] durchgeführt, auf die an dieser Stelle nur kurz eingegangen wird, um die Diplomarbeit nicht unnötig zu belasten. Hanel stellt fest, dass es zwischen Qualitätsmanagement und Wissensmanagement ein enger Zusammenhang besteht. Nach Hanel, vgl. [HANE02, S. 37] braucht Qualitätsmanagement das Wissensmanagement und setzt Wissensmanagement das Qualitätsmanagement voraus. Pfeifer, vgl. [PFEI96b, S. 3] bestätigt diese Aussage mit „Wissen ist Ursprung für Qualität“. Auch Probst, vgl. [PROB99, S. 19 ff.] sieht im Wissen der entscheidende Faktor zur Lösung von Problemen und für den Erfolg jeglichen Handelns. Eine entscheidende Verbindung ist, dass Informationen und Wissen als Grundlage für die organisatorischen Tätigkeiten gesehen werden und dass aus dieser Betrachtung heraus konkrete Forderungen nach gezielten Maßnahmen zum Management dieser Ressourcen erhoben werden. Eine weitere Verbindung ergibt sich aus der Tatsache, dass jeweils der Mensch in den Mittelpunkt der Bemühungen gestellt wird, da erkannt wurde, dass der Erfolg oder Misserfolg von Qualitäts-, wie auch von Wissensmanagementmaßnahmen unmittelbar von der Akzeptanz der Beteiligten abhängt, vgl. [HANE02; PfSc07, S. 289]. So ist die Grundvoraussetzung, dass die

zahlreichen Methoden und Vorgehensweisen des Qualitätsmanagements effektiv und effizient angewendet werden, um damit nachhaltig die Produktqualität zu verbessern, Mitarbeiter, die motiviert, qualifiziert und vor allen Dingen informiert sein müssen. Gerade dieser Aspekt soll durch die Implementierung des WMS gezielt ausgebaut werden.

Durch die Entwicklung eines WMS soll ein Beitrag zur Beseitigung, der im ersten Kapitel beschriebenen Defizite heutiger WM-Lösungen für die Produktentwicklung geleistet werden. Gleichzeitig werden positive Auswirkungen auf die Produktqualität erwartet. Hierfür sollten zunächst die bereits im Unternehmen vorhandenen Wissensressourcen zur Zuverlässigkeitsverbesserung analysiert und Möglichkeiten bereitgestellt werden diese in ein zentrales Wissensportal zusammenzuführen. Dies ist notwendig, da jedes bisschen Wissen, das wiederholt recherchiert werden muss, obwohl es bereits irgendwo im Unternehmen vorhanden ist, Zeit und Geld kostet. Es ist offensichtlich, dass ein einheitlicher Zugriff auf die so akquirierten Informationen die Wiederverwendung und Neuschöpfung von Wissen wesentlich erleichtert und steigert. Somit gilt sie dann als Wissensbasis bzgl. der Zuverlässigkeitsverbesserung als zentrale Anlaufstelle für alle Produktentwickler, die Wissen benötigen, austauschen oder weitergeben möchten. Es soll den an der Zuverlässigkeitsverbesserung beteiligten Personen einen Zugriff auf die jeweils relevanten Informationen über eine einheitliche Benutzungsoberfläche ermöglichen. Daher ist ein weiteres übergreifendes, effizienz- und effektivitätssteigerndes Ziel die Verbesserung der Kommunikation zwischen den zahlreichen in das Zuverlässigkeitsmanagement involvierten Bereichen zu ermöglichen.

Die Umsetzung des WMS ist in einer webbasierten Kommunikations- und Kooperationsplattform, namentlich Microsoft® Windows® SharePoint® vorgesehen. Aus diesem Grund werden ausschließlich die dort integrierten WM-Funktionalitäten betrachtet und anhand der WLZ-Phasen nach Probst bewertet.

Das WMS, welches in dieser Arbeit umgesetzt wird, ist darüberhinaus in zweierlei Hinsicht zu betrachten. Es umfasst einerseits eine integrierte Berücksichtigung von Wissen über Prozesse, Produkte, Funktionen und Anforderungen und deren Wirkzusammenhänge und andererseits eine übergreifende und allgemeine Zuverlässigkeitsdokumentation in Form von Artikeln, Wikis oder Diskussionen. Beide Gruppen werden im Folgenden genauer erläutert. Ein wesentliches Ziel der Informationsaufbereitung und -integration ist weiterhin die langfristige Erhaltung der Informationen innerhalb einer Organisation.

#### 4.4.1 Dokumentation von Vernetzungswissen

Gegenstand dieses Abschnitts ist es eine Möglichkeit zu entwickeln, die es dem Anwender erlauben soll, nicht nur ein Ergebnis (Beziehung zwischen zwei Objekten existiert), sondern auch die dem Ergebnis zugrunde liegenden Entscheidungen zu dokumentieren und nachvollziehen zu können. Dafür soll nun neben der bereits in Kapitel 4.3 beschriebenen Erfassung und Verknüpfung von beliebig komplexen Sichtweisen eines Produktes eine zusätzliche Möglichkeit bereitgestellt werden, um Hintergrundinformationen aufzunehmen vgl. Abb. 4.15 (Verbinderpunkte), welche exemplarisch die folgenden Attributierungen umfassen können:

- Beschreibung der Verknüpfung,
- Anlass der Verknüpfung,
- die benutzten Informationsquellen,
- mögliche betroffene Objekte und Konsequenzen,
- Korrelationsstärke usw.

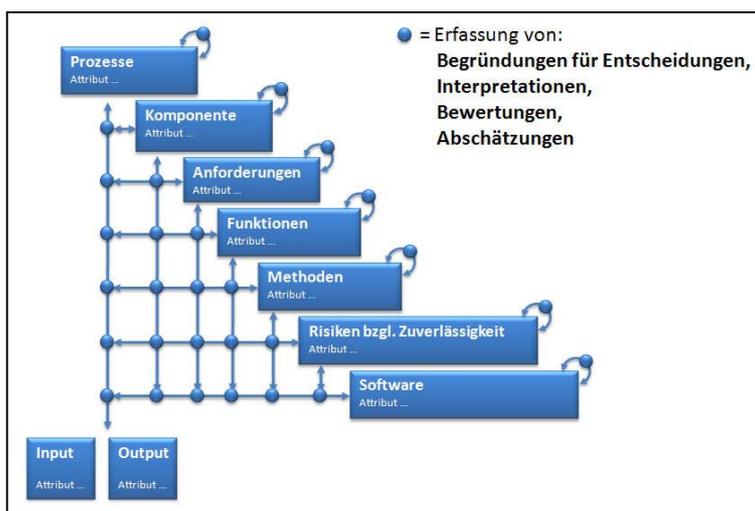


Abb. 4.15: Vernetzungsmodell (2)

An dieser Stelle wird nun die Vernetzungsmethodik aus Kapitel 4.3.1, Abb. 4.9 vervollständigt.

Um nun erstellte Verknüpfungen attributieren zu können, wird zum einen eine neue Tabelle („Verknüpfungen“) und zum anderen zusätzliche Spalten in den vier Tabellen<sup>26</sup> benötigt. Diese sind pro Tabelle<sup>27</sup> „zugeordnete Anforderungen“, „zugeordnete

<sup>26</sup> Anforderungen, Komponenten, Funktionen und Prozesse

<sup>27</sup> In der Abbildung 4.16 werden davon aber nur die für die Erklärung des Beispiels benötigten Spalten angezeigt.

Komponenten““, „zugeordnete Funktionen““ und „zugeordnete Prozesse““<sup>28</sup> (vgl. Abb. 4.16). Im Gegensatz zu den „Beziehungsspalten“ (vgl. Kapitel 4.3.1) verweisen diese nicht mehr auf den Inhalt der im Spaltennamen angezeigten Tabelle, sondern allein auf die neu erstellte Verknüpfungsliste.

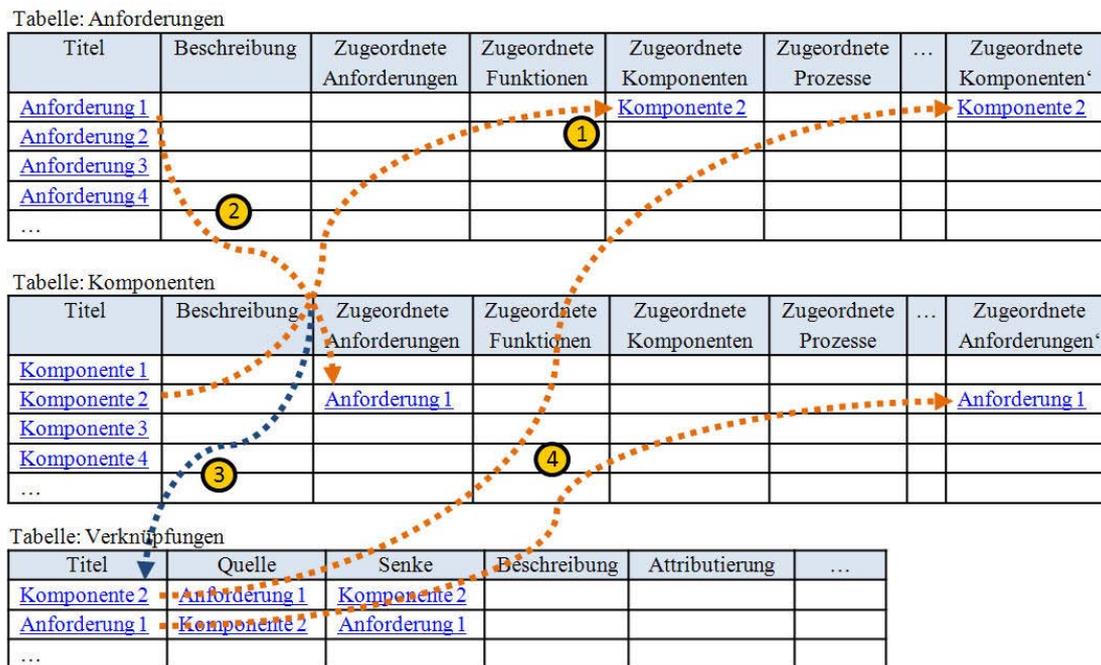


Abb. 4.16: Vernetzung von Systemstrukturen (3)

Die Methode wird weiterhin am Beispiel erklärt: Das Beispiel war (vgl. Kapitel 4.3.1; Abb. 4.8) „Anforderung\_1“ mit „Komponente\_2“ zu verknüpfen. Die Punkte (1) und (2) wurden bereits im Kapitel 4.3.1 erklärt. Während die entsprechenden Felder in den anderen Listen automatisch bei der Zuordnung ergänzt werden, wird das Beziehungspaar „Anforderung\_1“ und „Komponente\_2“ doppelt in die Verknüpfungstabelle gespeichert (3). Nun werden automatisch in (4) in der Liste „Anforderung“ in der Spalte „zugeordnete Komponenten“ und in der Liste „Komponenten“ in der Spalte „zugeordnete Anforderungen“ Verweise auf die Einträge in der Verknüpfungstabelle erstellt. Optisch ist nun der Spalteinhalt doppelt vorhanden, der Unterschied liegt in den Verweisen zum Bearbeiten der Elemente. Wird in der Liste „Anforderung“ in der Spalte „zugeordnete Komponenten“ die „Komponente\_2“ selektiert, kann der Anwender das Element „Komponente\_2“ bearbeiten (Beschreibungen, Kategorisieren usw.). Selektiert der Anwender hingegen in derselben Liste „Anforderung“ dieses mal in der Spalte „zugeordnete Komponenten“ die „Komponente\_2“ kann er die Verknüpfung bearbeiten (Beschreibung der Verknüpfung, Attributierung etc.).

<sup>28</sup> Alle Spalten enthalten ein Apostroph am Namensende, um sich von den anderen „Beziehungsspalten“ zu unterscheiden.

#### 4.4.2 Dokumentation von Zuverlässigkeitswissen

Gegenstand dieses Kapitels ist es, verschiedene WM-Instrumente für die Sammlung, die Bereitstellung und den Austausch von Zuverlässigkeitsinformationen und -erfahrungen vorzustellen. Wenn gleich diese Auflistung in keinster Weise vollständig ist, so werden dennoch die wichtigsten WM-Instrumente benannt und kurz erläutert. Um Dopplungen an späterer Stelle zu vermeiden und die Diplomarbeit nicht unnötig aufzublähen, wird bereits an dieser Stelle die Realisierung sämtlicher genannter Möglichkeiten durch Microsoft® SharePoint® geprüft.

##### 4.4.2.1 Intranets und Wissensportale

Aus der Sicht des WM ist dem Intranet<sup>29</sup> eine herausragende Bedeutung zuzumessen, vgl. [MAIE02, S. 80]. Es bildet nicht nur eine Möglichkeit, Informationen bereitzustellen, sondern es kann als ein WM-Baukasten angesehen werden, der die bedarfsgerechte Zusammenstellung und Integration sämtlicher bereits angeführten WM-Instrumente ermöglicht. Somit wird es zu einer einheitlichen Kommunikations- und Arbeitsplattform, auf die ein sehr einfacher, quasi standardisierter Zugriff durch Nutzung eines herkömmlichen Internet-Browsers möglich ist, vgl. [HERB00; MAIE02]. Des Weiteren können die Webseiten in einem einheitlichen Corporate Layout dargestellt werden. Darüber hinaus ist der Zugriff auf die strukturierte, in der internen oder externen Datenbank abgelegten Daten möglich, welcher durch integrierte volltextbasierte oder semantische Suchfunktionen und Navigationsfunktionen unterstützt wird. Ein breites Angebot bieten in diesem Zusammenhang die sog. Bibliotheken, die den Zugriff auf die im Unternehmen vorhandenen Bücher, Fachzeitschriften, Veröffentlichungen und anderen relevanten Informationen ermöglichen. Mitarbeiter können einfach und effizient nach Unterlagen suchen, diese entweder in digitaler Form einsehen oder zumindest den physikalischen Standort des Originaldokumentes erfahren, vgl. [Hane02, S. 112f.].

Über die Möglichkeiten, die man im SharePoint hat eigene Listen zu erstellen ist es sehr einfach möglich Informationen, Daten und Dokumente zur Verfügung zu stellen, die für das Unternehmen relevant sind, wie z.B. eine Telefonliste mit Durchwahlnummern. Es ist sogar möglich bestehende Excel-Listen in die SharePoint-Umgebung zu importieren um die dort enthaltenen Informationen im Intranet an zentraler Stelle für alle Anwender bereitzustellen.

---

<sup>29</sup> MS SharePoint bringt das firmeninterne Intranet gleich mit.

#### 4.4.2.2 Dokumentenmanagementsysteme

Neben produktbezogenen Daten bilden Dokumente die zweite zentrale Quelle von Informationen für die Zuverlässigkeitsverbesserung. Nach [MAIE02, S. 78f.] sind unter einem Dokument alle Arten von strukturierten oder unstrukturierten Informationen zu verstehen. Beispiele sind Produktdokumente wie Zeichnungen, Verfahrensbeschreibungen für die Herstellung sowie Dokumente zu Methoden und Instrumenten. Ein integriertes Dokumentenmanagement umfasst dabei die Erfassung, Bearbeitung, Versionierung und Archivierung von Dokumenten. Es dient dazu, alle mit Hilfe des Computers erstellten, aber auch durch Imaging (Einscannen) erzeugten Dokumente systematisch und zentral abzulegen und zu verwalten und bildet dadurch eine wesentliche Grundlage des Managements von explizitem Wissen. Im Vergleich zu Daten sind die Inhaltsarten und ihre Strukturierung in Dokumenten vielfältiger. So können Dokumente neben Text auch Tabellen und Graphiken wie CAD-Zeichnungen enthalten.

Die Nutzung der hinterlegten Dokumente wird durch effiziente Übersichts- und Such- und Navigationsmöglichkeiten sowie durch einen einfachen Aufruf der ermittelten Dokumente unterstützt. Bei der Recherche von Dokumenten sind zwei Formen zu unterscheiden, vgl. [STAH99, S. 224f.]. Für alle Dokumente ist eine Suche nach zum Dokument hinterlegten Freitexten (z.B. Beschreibung, Hinweise) über Standardfunktionalitäten der Verwaltungssysteme möglich. Darüber hinaus können in textbasierten Dokumenten auch Wörter innerhalb des Dokuments mit Hilfe von Volltextrecherchen gesucht werden. Hierzu wird ein (i.d.R. alphabetisch sortierter) Index aufgebaut, in dem die Wörter der Dokumente mit ihren Quellstellen erfasst werden. Ergänzend können die Suchwörter über logische Operatoren (UND, ODER, NICHT) verknüpft werden, vgl. [STAH99, S. 224f.]. Die Möglichkeiten zur Navigation basieren auf den im Dokumentmodell hinterlegten Verweisen, durch die Dokumente zusätzlich zu der mehrdimensionalen Struktur vernetzt werden, vgl. [STAH99, S. 225]. Durch diese Verweise werden verwandte Dokumente miteinander verknüpft. Bei Auswahl eines Verweises wird unmittelbar in die zugehörige Dokumentbeschreibung verzweigt. Wurde das gewünschte Dokument auf einem der genannten Wege gefunden, ist bei dateibasierten Dokumenten ein unmittelbarer Aufruf möglich. Hierzu wird das Dokument mit der zugehörigen Applikation zur Anzeige und Bearbeitung geöffnet.

Microsoft<sup>®</sup> SharePoint<sup>®</sup> unterstützt die o.g. Eigenschaften vollständig. Dokumente werden zentral in Dokumentenbibliotheken (Dokumentenlisten) abgelegt, welche als Ort zum Öffnen und Speichern von Dateien aus allen Microsoft<sup>®</sup> Office-Anwendungen verwendet werden können und damit der gemeinsamen Bearbeitung von Dokumenten dienen. Um zukünftige Such- und Retrievalprozesse zu beschleunigen, werden Office

Dokumente automatisch beim speichern mit kontextsensitiven (Meta-)Daten versehen. Zusätzlich bedient man sich hier der sog. Verschlagwortung von Dokumenten anhand eines vorgegebenen Schlagwortkataloges (controlled vocabulary). Um unerlaubten Zugriff zu vermeiden, können im SharePoint Zugangsbeschränkungen sowie Lese- und Schreibrechte vergeben werden. Um zu vermeiden, dass mehrere Mitarbeiter gleichzeitig auf einen Inhalt zugreifen und diesen verändern, behilft sich ein SharePoint des Konzeptes der Check-in/Check-out-Mechanismen. Weiter bestehen die Möglichkeiten vorhandene Dokumente einem Genehmigungsverfahren zur Freigabe bzw. Publikation unterziehen zu lassen sowie eine Versionierung von Dokumenten einzurichten und zu verfolgen.

#### **4.4.2.3 Workflow-Management-Systeme**

Ein Workflow ist ein geregelter und formalisierter Geschäftsprozess, der aus einer Reihe von zeitlich und logisch zusammenhängenden Aktivitäten besteht, vgl. [MAIE02, S. 79f.]. Letztere werden durch äußere Ereignisse angestoßen und durch unterschiedliche Verarbeitungseinheiten unter Nutzung von geeigneten Ressourcen, wie Anwendungssoftware, Daten und Dokumente, ausgeführt. Workflow-Management-Systeme (WFMS) definieren, steuern und überwachen den Arbeitsfluss derartiger Workflows, vgl. [Hann02; MAIE02, S. 79f.]. Aus Sicht des Wissensmanagements sind WMFS von Bedeutung, da sie den Fortschritt der Vorgangsbearbeitung mit jederzeitiger Statusangabe nachvollziehbar protokollieren und eine Terminüberwachung ermöglichen. Auch Funktionalitäten wie die automatische Weiterleitung von Dokumenten oder die Benachrichtigung von zuständigen Mitarbeitern über Status und kritische Zustände tragen zur Informations- und Wissensverbreitung bei [Hane02].

In Microsoft® SharePoint® können Workflows sehr einfach über einen Assistenten im MS SharePoint Designer erstellt und live in einer SharePoint Umgebung bereitgestellt werden. Zur Erstellung von SP Workflows sind keinerlei Programmierkenntnisse erforderlich, da vordefinierte Optionen, Bedingungen und Aktionen nur noch über Auswahlfelder „zusammengeklickt“ werden müssen. Ein Beispiel stellt hier der bereits genannte Genehmigungsworkflow dar.

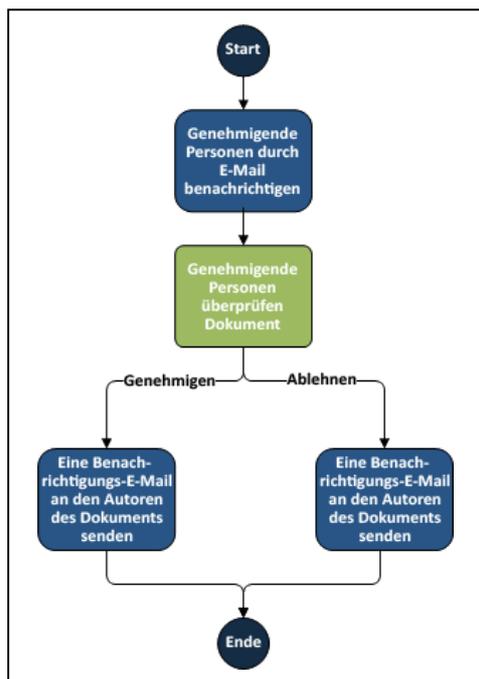


Abb. 4.17: Genehmigungsworkflow. Quelle: HA101544241031<sup>30</sup>

#### 4.4.2.4 Wiki-Systeme

Ein weiteres WM-Instrument, welches ebenfalls die kooperative Arbeit unterstützt, stellt das sog. Wiki(-System)<sup>31</sup> dar. Wikis ermöglichen durch einen einfachen Aufbau und unkomplizierte Bedienung das schnelle Erstellen bzw. Überarbeiten und sofortige Publizieren von Webseiten ("Wiki-Pages") zu verschiedenen Themen, vgl. [MSPre08, S.167ff.].

Eine Wiki setzt sich aus einer beliebigen Anzahl von Artikeln zusammen. In den meisten Fällen sind diese Artikel jeweils auf ein Hauptthema ausgerichtet. Der inhaltliche Reichtum einer Wiki ergibt sich aus der Verknüpfung der Artikel untereinander. Wiki -Artikel machen sich verfügbare Medien zunutze. Das heißt, neben Texten und Grafiken finden auch Bilder, Sounds und Videos dort Platz. Hyperlinks verweisen auf externe Informationsquellen. Ein Grundgedanke eines Wiki ist es, dass jeder beitragen kann, der zu einem bestimmten Thema Wissen besitzt. Das zuvor verstreute Wissen einzelner Personen bzw. Fachkräfte und Abteilungen wird an einem Ort zusammengefasst und vernetzt. Daraus ergibt sich eine leistungsfähige Wissensdatenbank, die ständig erweitert wird. Die Qualitätskontrolle wird durch die Vielzahl der Leser und Autoren sichergestellt. Wird ein qualitativ minderwertiger, fehlerhafter oder unvollständiger Artikel erstellt, beheben andere Beitragende das

<sup>30</sup> <http://office.microsoft.com/de-de/sharepointserver/HA101544241031.aspx>

<sup>31</sup> Das wohlbekannteste und umfangreichste Wiki ist z.Z. die freie Internet-Enzyklopädie Wikipedia mit ca. 812.102 Beiträgen [Wiki11/10].

Problem je nach Frequentierung des Wiki schnell. Dabei werden die alten Seiten nicht überschrieben, sondern als neue Version abgelegt. Im Vergleich zu herkömmlichen DMS und CMS findet also eine inkrementelle Dokumentenversionierung statt, wobei die gesamte Bearbeitungshistorie des Dokumentes oder lediglich die Unterschiede zwischen zwei Dokumentenversionen mühelos über spezielle Funktionen des Wiki-Systems nachvollzogen werden können. Wiki-Seiten werden nie abgeschlossen, können aber bei Bedarf von dem Systemadministrator als schreibgeschützt definiert werden. Auch ältere Versionen können in Spezialfällen jederzeit wiederhergestellt werden. Die Wissenssuche funktioniert über Suche sowie Links. über die Suche können Beiträge zu bestimmten Themen direkt gefunden werden. Links erlauben es, sich gewissermaßen assoziativ von einem Thema zum nächsten zu bewegen. Das Ende dieser indirekten Suche ist nicht absehbar und kann unerwartet zu völlig neuen Erkenntnissen für den Leser führen.

Ein mögliches Anwendungsszenario stellen hier Verbesserungsprojekte dar. Zur Dokumentation der Ergebnisse werden die wesentlichen Erkenntnisse eines vorangegangenen Projektes in einem Projektreview(-wiki) zusammengefasst. Es können bspw. das Problem, Ursachen, durchgeführte und verworfene Maßnahmen, zentrale Ergebnisse, Anmerkungen zur Projektgestaltung sowie Möglichkeiten zur präventiven Problemvermeidung dokumentiert werden. Eine solche Dokumentation kann sich bei kommenden Anpassungs- und Variantenkonstruktionen als wertvoller Wissensbestand erweisen.

#### **4.4.2.5 Kommunikations- und Kooperationssysteme**

Während die bereits angeführten Technologien das WM im Wesentlichen durch Datenspeicherung und -bereitstellung unterstützen, sollen Kommunikations- und Kooperationstools darüber hinaus eine direkte Interaktion und einen synchronen Wissensaustausch ermöglichen. Denn das Ziel, die vollständigen Wirkzusammenhänge eines komplexen mechatronischen Systems zu erfassen, setzt die Kommunikation der an der Entwicklung beteiligten Mitarbeiter voraus, vgl. [WOLL94, S 1f.]. Ferner ist das Entwickeln mechatronischer Systeme über verschiedene Abteilungen und auch Unternehmensgrenzen hinweg durch geeignete Formen interdisziplinärer Zusammenarbeit organisatorisch zu unterstützen [VDI 2206 S. 4]. Derartige Systeme sind unter den Bezeichnungen CSCW (Computer Supported Cooperative Work) oder Groupware vorzufinden, vgl. [MAIE02, S. 81ff.]. Somit ist ersichtlich, dass der Fokus von CSCW-Systemen nicht nur auf einer bilateralen Kommunikation liegt, sondern darin das ganze Arbeitsgruppen gleichzeitig unterstützt werden sollen. Das in SharePoint verfügbare CSCW-Angebot für den gleichzeitigen Ideen- und Wissensaustausch unter mehreren

Mitarbeitern, umfasst bspw. internetgestützte Kommunikationstechniken, wie Email, Newsgroups, Benutzerforen und das bereits beschriebene Wiki(-System). Zur Sicherung der effektiven Nutzung dieser Werkzeuge können Mitarbeiter als Moderatoren bestimmt werden. In einem elektronischen Info-Brett bzw. auch "elektronische Pinnwand" oder "Message Board" genannt, werden des Weiteren wichtige Informationen, die das Unternehmen seinen Mitarbeitern mitteilen möchte, zugänglich gemacht. Aber auch Mitarbeiter dürfen dort eigene Anregungen und Verbesserungsvorschläge platzieren, die an das gesamte Unternehmen oder eine Organisationseinheit gerichtet sind.

Für eine verbesserte Zusammenarbeit können im SharePoint Teams und Projekte verwaltet werden, dabei können u.a. die Aktivitäten von Teammitgliedern koordiniert und Statusberichte, Termine, Aufgaben, usw. verwaltet werden. Über den gemeinsamen Kalender können die für alle Mitarbeiter relevanten Ereignisse angezeigt werden. Die Liste Ankündigungen kann dazu genutzt werden, um zentrale Nachrichten bereitzustellen und zwar ohne eine Vielzahl an E-Mails versenden zu müssen. Des Weiteren können für eine effektivere Durchführung von Besprechungen, Teambesprechungen mit den Teammitgliedern vor Ort und an anderen Standorten geplant und verwaltet werden. Mit Hilfe verschiedener weiterer Funktionen können Mitarbeiter schnell erreicht werden, um sie an aktuellen Aufgaben teilhaben und mitgestalten zu lassen. Es können Teamdiskussionen dezentral ohne zeitraubende Meetings durchgeführt und Meinungen der Mitarbeiter unkompliziert durch Umfragen ermittelt werden. Des Weiteren sind intelligente Informationsagenten ein Bestandteil der SharePoint Technologie: geänderte oder erstellte Informationen, die den jeweiligen definierten Abonnentenprofilen entsprechen, werden aufbereitet und dem jeweiligen Benutzer je nach Dringlichkeit per Email zugestellt.

#### **4.4.2.6 Wissensretrieval und -visualisierung**

Das schnelle und gezielte Auffinden des zur Aufgaben- und Problemlösung benötigten Wissens sowie die adäquate Darstellung desselben sind von entscheidender Bedeutung für die Akzeptanz des Anwenders gegenüber dem entsprechenden IT-System. So existieren Suchmaschinen, deren Aufgabe in der "Fahndung" nach den von dem Benutzer gefragten Daten, Informationen und Dokumenten innerhalb eines Unternehmens oder des gesamten Internet besteht, vgl. [MAIE02, S. 81f.]. Des Weiteren kann die Leistungsfähigkeit von Such- und Navigationsmechanismen durch die Anreicherung der Informationsobjekte eines Informationssystems mit weiteren Kontextinformationen sowie zusätzlicher Semantik erhöht werden. Die Identifikation und Explikation semantischer Beziehungen zwischen Informationsobjekten wird damit ermöglicht. Insbesondere die Sichtbar- und Nutzbarmachung von Beziehungen

zwischen Informationsobjekten spielt bei der Gestaltung von WM-Systemen eine bedeutende Rolle, wie auch Probst/Raub/Romhardt feststellten, vgl. [PrRR03, S. 314]. Das Finden nach interessanten Dokumenten kann, wie bereits beschrieben, konventionell via Volltextsuche bzw. mit Hilfe von sog. Topic Maps erfolgen. In einem Volltextsuchsystem werden die Begriffe in einem neu aufgenommenen Dokument automatisch indiziert. Die Indizes werden ebenfalls in der Volltextdatenbank abgelegt. Beim Start einer Suchanforderung wird zunächst in der Textdatenbank und nicht in den Dokumenten gesucht. Die Suchergebnisse werden in der Regel nach dem Grad der Übereinstimmung mit der Suchanfrage sortiert ausgegeben. Topic Maps haben gegenüber der Volltextsuche den Vorteil, dass sie auch Metastrukturen über die eigentlichen Inhalte auswerten. Die Grundlage von Topic Maps bilden sog. semantische Netze. Eine Topic Map besteht somit aus den Topics bzw. Knoten (Themen), Topic Occurrences (Angaben über den Ursprung der Themen) und Kanten (Beziehungen zwischen Themen). So beziehen semantische Retrievalsysteme nicht nur einzelne Worte, sondern auch Satzstrukturen in die Recherche mit ein und erlauben damit wesentlich treffsicherere Abfragen. Ausgewählt werden dabei Dokumente, in denen mindestens einer der Begriffe auftaucht, die zu dem Suchbegriff in einer Beziehung stehen.

Genau so wichtig wie die Identifizierung der gesuchten Information ist auch ihre geeignete Präsentation, um einen hohen Wahrnehmungsgrad erreichen zu können. Somit kommt im Rahmen des WM den Visualisierungssystemen eine hohe Bedeutung zu. Für dieses Projekt ist ein intuitives Visualisierungssystem geplant, welches auf Basis der Graphentheorie eine zweidimensionale Darstellung aller Informationsobjekte ermöglicht (vgl. Abb. 4.18 und Abb. 4.19).

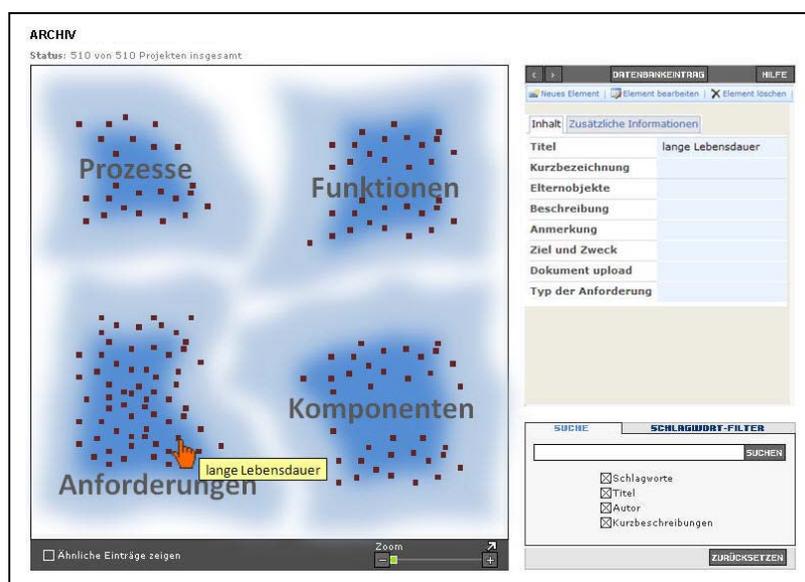


Abb. 4.18: Mock-Up einer Visualisierungsfunktionalität (1)

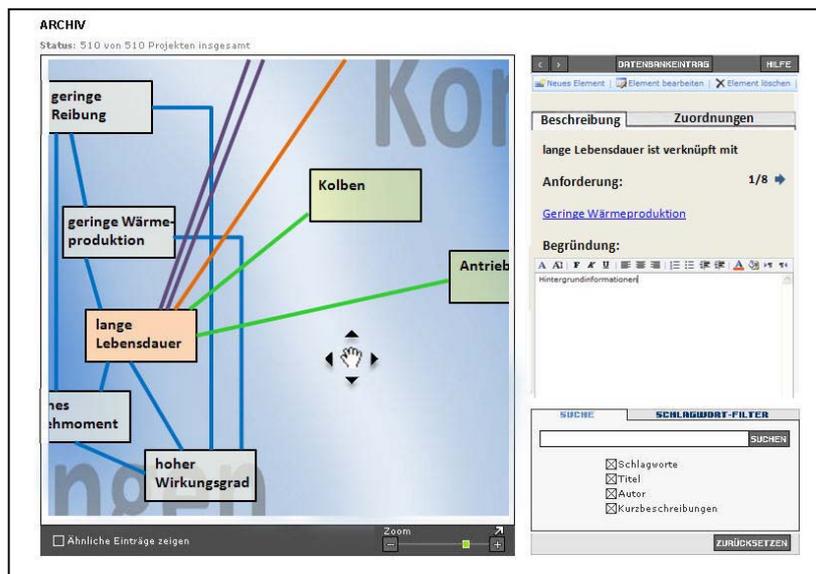


Abb. 4.19: Mock-Up einer Visualisierungsfunktionalität (2)

Damit soll der Versuch unternommen werden u.a. eine optimierte Strukturvisualisierung der komplexen mechatronischen Wirkzusammenhänge zu ermöglichen. Eine Wissensdarstellung, die sich durch eine Interaktion mit dem Anwender anpasst, würde eine einfache Navigation des Anwenders durch umfangreiche Informationsbestände sowie eine adäquate Wissenspräsentation, die dem Anwender das Erkennen von normalerweise nicht offensichtlichen Verbindungen und Ähnlichkeiten unter den Informationselementen erlaubt, ermöglichen. Kombiniert man diese mit weiteren Visualisierungsfunktionen, wie der Dokumentenvorschau oder Darstellung von realen oder imaginären Objekten als sog. Thumbnails und Piktogramme, so sind u.U. schnellere und gezieltere Retrievalprozesse zu erreichen, als mit den oben angeführten Suchtechniken.

#### 4.4.2.7 Zusammenfassung

Unternehmen brauchen mehr denn je eine Kommunikationsplattform und passende Software, die das ganze Unternehmen, unabhängig von deren Standort und das darin eingebundene Know-how miteinander verbindet, vgl. [MSPre08, S.16ff.]. Es gilt, die Masse an Informationen zu verarbeiten und effektiv zu verwalten. Vor allem aber ist es wichtig, die gefilterten, priorisierten und zusammengeführten Informationen anschließend nicht nur der eigenen Festplatte zur Verfügung zu stellen, sondern dem ganzen Unternehmen und zwar ohne dass hierbei Informationen verloren gehen. Die Produktivität im Umgang mit Information wird erhöht, indem ein schneller Zugriff darauf gewährleistet wird. Das heißt, dass die Arbeitsgruppen durch eine Informations-Infrastruktur unterstützt werden sollen, welche erlaubt qualitativ bessere und schnellere Entscheidungen zu treffen. Ziel soll es zusätzlich sein, mit geeigneten Strukturen und

geeigneten Systemen die Arbeit mit Informationen zum einen optimal zu unterstützen und zum anderen die Effizienz des Unternehmens um ein Vielfaches zu erhöhen.

Die im letzten Abschnitt erläuterten WM-Funktionalitäten des Systems werden jedoch kaum direkten Bezug zu dem Produktlebenszyklus aufweisen. Im Fokus dieser WM-Funktionalitäten steht, Erfahrungen bzgl. Zuverlässigkeitsverbesserungen zu dokumentieren. Diese Erfahrungen beinhalten u.a. Informationen über Rahmenbedingungen im aktuellen Ablaufschritt, bereits aufgetretene und gelöste Probleme, Verbesserungsvorschläge und erfolgreich umgesetzte Änderungen. Hierfür bieten sich insbesondere Blogs der Mitarbeiter oder ein Unternehmens-Wiki an (z.B.: „So habe ich das Problem ABCD gelöst“). Zusätzlich können die für die Zuverlässigkeitsarbeit erforderlichen Arbeitsunterlagen, z.B. Arbeitsmethoden, mathematische Zuverlässigkeitsmodelle, Protokolle, Softwareprogramme, technische Unterlagen zum Produkt (Spezifikationen, System/Funktionsbeschreibungen, Blockdiagramme, Zeichnungen, Daten und technische Darstellungen) und Arbeitsmittel (Testeinrichtung, Versuchsberichte) zentral durch das WMS bereitgestellt werden.

Nachstehende Tab. 4.4 fasst die beschriebenen Instrumentenklassen zusammen und stellt ihren Fokus in Bezug auf die operativen Bausteine des WM nach dem WM-Paradigma von Probst dar (vgl. Anhang A).

**Tab. 4.4:** WLZ-Phasen unterstützende SharePoint WM-Funktionalitäten

| Nr.                | In SharePoint integrierte WM-Technologien    | WLZ nach Probst       |               |                    |                     |                |                  |
|--------------------|--|-----------------------|---------------|--------------------|---------------------|----------------|------------------|
|                    |  | Wissensidentifikation | Wissenserwerb | Wissensentwicklung | Wissens(ver)teilung | Wissensnutzung | Wissensbewahrung |
| 1                  | SharePoint ( als Intranet Portal)            | ●                     | ●             | ◐                  | ●                   | ◐              | ●                |
| 2                  | Datenbank (MS SQL Server 2005)               | ◐                     | ◐             | ○                  | ○                   | ○              | ●                |
| 3                  | Dokumentenmanagement                         | ◐                     | ◐             | ○                  | ○                   | ○              | ●                |
| 4                  | Workflow-Management                          | ○                     | ◐             | ◐                  | ◐                   | ●              | ◐                |
| 5                  | Kommunikations- und Kollaborationsfunktionen | ◐                     | ●             | ◐                  | ●                   | ◐              | ○                |
| 6                  | Wiki   | ◐                     | ◐             | ◐                  | ●                   | ●              | ●                |
| 7                  | Retrieval-Funktionalität                     | ●                     | ●             | ○                  | ○                   | ○              | ◐                |
| 8                  | Visualisierungsfunktionalität*               | ●                     | ●             | ●                  | ○                   | ●              | ○                |
| Unterstützungsgrad |  | ●<br>hoch             | ◐<br>mittel   | ○<br>niedrig       |                     |                |                  |

In der einschlägigen Literatur sind weitere Instrumente zur Förderung des WM vorzufinden, vgl. [Maie04, Hann02]. Wegen ihrer geringen Relevanz und Bedeutung für die operative Ausrichtung dieser Arbeit wird jedoch nicht näher darauf eingegangen. Zusammenfassend kann spätestens an dieser Stelle festgestellt werden, dass es nicht an geeigneten Instrumenten zur Unterstützung der diversen Phasen des WM mangelt. Auf dem Markt sind zahlreiche integrierte Systeme zu finden, die quasi die gesamte Bandbreite der hier vorgestellten WM-Instrumente in einer sog. WM-Suite anbieten. Vielmehr ist eine zu generische Ausrichtung derartiger Werkzeuge zu bemängeln, die die spezifischen Bedürfnisse der unterschiedlichen Organisationseinheiten, z.B. der hier im Mittelpunkt stehenden F&E- bzw. Konstruktions-Abteilung, unberücksichtigt lassen. Oftmals reichen die Darstellungen von produktentwicklungsrelevantem Wissen nicht aus und/ oder ist die Integrierbarkeit der WM-Werkzeuge in die übliche Arbeitsfläche des Konstrukteurs nicht gegeben (vgl. Kapitel 3.3). Eine Integration der WMS-Oberfläche in die übliche Arbeitsumgebung des Produktentwicklungsingenieurs ist allerdings sehr förderlich für die effektive Nutzung des Systems.

Mertins/Heisig/Vorbeck schlagen in [MHV03] vor, um der Entstehung der Barrieren entgegenzuwirken, indem alle drei wichtigen Faktoren im WMS, nämlich IuK-Technologie, Organisation und Mensch ("die drei Säulen des WM") zu berücksichtigen. Denn erst das gesunde Zusammenspiel von Technik, Organisation und Mensch ist dasjenige, das die Erfolgchancen eines WMS bestimmen kann. Informationstechnik, Aufbau- und Ablauforganisation (Prozesse) und Menschen müssen integrativ miteinander verknüpft werden, wobei der Mensch nach Möglichkeit im Mittelpunkt der Umsetzung des WMS steht, vgl. [MHV03, S. 37f.].

Wobei Maßnahmen zur Sicherung der Bereitschaft der Mitarbeiter, ihr Wissen zur Verfügung zu stellen und fremdes Wissen zur Problemlösung heranzuziehen kein Bestandteil dieser Arbeit ist. Daher sollten sich in weitere nachfolgende Forschungsarbeiten mit den möglichen Maßnahmen zur Vermeidung bzw. zum Abbau von Wissensbarrieren beschäftigen. Nach Erfahrungsberichten von Anwendern ist es hierfür nicht nur erforderlich, dass die Mitarbeiter den Sinn einer solchen Dokumentation verstehen, sondern diese Aufgabe auch keinen größeren Arbeitsmehraufwand verursachen darf.

## 5 Anforderungen an das Wissensmanagementsystem

Aus dem in Kapitel 1.2 bestimmten Zielen und Rahmenbedingungen einerseits sowie den in Kapitel 4 beschriebenen Konzept zur Umsetzung dieser Ziele andererseits resultieren verschiedene Anforderungen an das zu entwickelnde WMS. Neben inhaltlichen und formalen Anforderungen, die die Leistungsfähigkeit des WMS beschreiben, müssen bei der Konzeption des WMS auch wissensmanagementorientierte Anforderungen berücksichtigt werden und um anwendungsorientierte bzw. IT-Systemorientierte Anforderungen ergänzt werden, um die praktische Nutzbarkeit des Systems sicherzustellen. Zusammengeführt in einem Anforderungsprofil bilden sie die Grundlage für eine zielorientierte und systematische Systementwicklung in einer kollaborativen Umgebung. Um die Übersichtlichkeit zu fördern, wird der Anforderungskatalog in die o.g. Anforderungsgruppen aufgeteilt<sup>32</sup>. Darüber hinaus wird eine Priorisierung der resultierenden Anforderungen an das WMS zwischen Pflicht- und Wunschanforderungen (Muss/ Kann) vorgenommen. So werden aufgrund dieser Unterscheidung zunächst sämtliche Pflichtanforderungen als K.O.-Kriterien für den ersten Prototyp des Portals betrachtet und während der Diplombearbeitungszeit realisiert. In einem zweiten Schritt, der Diplomarbeit nachliegend, werden dann auch die Wunschanforderungen und neue innerhalb der Erprobungsphase des Prototyps entstandene Anforderungen realisiert.

Die grobe Bewertung der Umsetzbarkeit der einzelnen Anforderungen (leicht, mittelschwer, schwer) stützt sich auf die bisherigen MS Windows SharePoint Erfahrungen des Autors und ist damit als subjektiv zu betrachten. Präzisierte Aussagen können erst während der jeweiligen Entwicklungsphase abgeschätzt werden. Eine weitere Spalte gibt einen Aufschluss über den bisherigen Realisierungsstand.

### 5.1 Inhaltliche Anforderungen

Die inhaltlichen Anforderungen beziehen sich auf die durch das WMS abgedeckten Aufgaben und eröffneten Möglichkeiten. Die geschilderten Besonderheiten der betrachteten Konstellation von Anforderungsmanagement, Wissensdokumentation und Produktlebenszyklusunterstützung mechatronischer Zielsysteme bedeuten aufgrund derer zunehmenden Komplexität eine besondere Herausforderung für die Entwicklung eines WMS, das unter diesen Bedingungen entwicklungsunterstützend während des Entwicklungsprozesses mechatronischer Systeme konsequent zur Verfügung stehen soll. Eine offensichtlich notwendige Bedingung ist es die Realisierung des in Kapitel 4 beschriebenen Konzepts in ein konkretes, verwendbares Werkzeug zu integrieren, so

---

<sup>32</sup> Wobei auf mögliche Mehrfachnennungen verzichtet wurde.

dass die methodischen Funktionalitäten am praktischen Beispiel getestet und veranschaulicht werden können. Als Ergebnis wird folglich ein durchgängiges an den Produktlebenszyklus angelehntes, integriertes WMS benötigt, das die Umsetzung der Forderungen nach höherer Kundenzufriedenheit, Möglichkeiten der Risikominimierung sowie eine permanente Qualitätssicherung unterstützt und dabei den Belangen der verschiedenen Nutzer gerecht wird (vgl. Kapitel 1.2).

Es gelten die bereits in Kapitel 1.2 angeführten zwei Anwendungsbereiche des zu entwickelnden WMS zu erfüllen. Diese sind rückblickend zum einen eine stetig wachsende Erfahrungswert- und Wissensbasis („Lessons Learned“), die hauptsächlich für Neuentwicklungen von komplexen mechatronischen Produktsystemen zur Verfügung stehen soll. Und zum anderen eine Instrument zur Verfügung zu stellen, welches die Produktkenntnis, insbesondere für Anpassungs- und Variantenkonstruktionen erhöht, indem es Abhängigkeiten und Wirkzusammenhänge der Systemstrukturen aufzeigt. Da wie bereits im Kapitel 1.1 erläutert, bei umfangreichen Änderungen am Produkt die Wechselwirkungen häufig nicht ausreichend analysiert werden und sich somit das Fehlerrisiko erhöht. Darüber hinaus können gewonnene Erfahrungen bspw. in Form spezifizierter oder neu definierter Anforderungen als Grundlage für weitere Entwicklungen dienen. Die daraus resultierende Forderung ist es, eine lückenlose Dokumentation von Anforderungszuordnungen über den gesamten Lebenszyklus eines mechatronischen Produktes abzubilden. Erst dadurch kann eine vollständige Nachvollziehbarkeit bzw. Rückverfolgbarkeit dieser Anforderungen gewährleistet werden. Zu den Grundforderungen gehören weiter die Suche, Wiedergabe und Wiederverwendung des erfassten Wissens. Hierzu müssen entsprechende umfassende Eingabe-, Verwaltungs-, Such- und Ausgabefunktionen bereitgestellt werden. Die Erfassung und Nutzung dieser Informationen soll webbasiert und innerhalb der üblichen Arbeitsumgebung durch die an der Zuverlässigkeitsverbesserung beteiligten Mitarbeiter erfolgen. Einerseits sollen sich Informationen mit Hilfe von direkten Ein- und Ausgaben als Volltext eingeben und anzeigen lassen; andererseits sollen insbesondere umfangreichere Dokumente bei Vorliegen als Datei referenziert verwaltet werden können. Um die Leistungsfähigkeit von Such- und Navigationsmechanismen zu erhöhen, sollen die Informationsobjekte des WMS mit weiteren Kontextinformationen sowie zusätzlicher Semantik angereichert werden. Die Identifikation und Explikation semantischer Beziehungen zwischen Informationsobjekten und somit auch von informellen, kollektiven Beziehungsstrukturen wird damit ermöglicht. Insbesondere die Sichtbar- und Nutzbarmachung von Beziehungen zwischen Informationsobjekten spielt bei der Gestaltung von WMS eine bedeutende Rolle, wie auch Probst/Raub/Romhardt feststellen, vgl. [PrRR03, S. 314]. Dahingehend soll das WMS so flexibel anpassbar

sein, dass erst im Verlauf gewonnene Erkenntnisse berücksichtigt und notwendige Ergänzungen an dem Klassifikations-, Erläuterungs- und Verwaltungsschema der Informationsobjekte vorgenommen werden können. Das zentrale Ziel ist es dabei das Vernetzungswissen zu dokumentieren d.h. die Beziehungskanten, welche Wirkbeziehungen zwischen Anforderungen, Funktionen, Komponenten und Prozesse darstellen, gleichzeitig auch durch die Aufnahme von entsprechenden Hintergrundinformationen zu beschreiben. Die folglich logische Konsequenz ist es, diese semantischen Strukturen anschaulich und nachvollziehbar zu visualisieren. Dies soll die Interpretierbarkeit der Ergebnisse erleichtern und ist zugleich eine wichtige Bedingung für die Akzeptanz des WMS sein. Aufgrund des enormen Programmieraufwandes dieser Funktionalität, ist die Visualisierung kein Bestandteil dieser Arbeit und wird voraussichtlich erst nach der Diplomabgabe gelöst. Eine Vision, wie diese Visualisierung möglicherweise später aussehen könnte, wird in Abb. 4.18 und Abb. 4.19 gezeigt.

Weitere Anforderungen resultieren aus der Unterstützung der Bearbeitung von Aufgaben zu Zuverlässigkeitsverbesserungen. So setzt bspw. das Ziel, die vollständigen Wirkzusammenhänge eines komplexen mechatronischen Systems zu erfassen, die Kooperation der an der Entwicklung beteiligten Mitarbeiter voraus. Projekte zur Zuverlässigkeitsverbesserung umfassen im Regelfall zahlreiche Aufgaben und Arbeitsschritte, die darüber hinaus in unterschiedlichen Unternehmensbereichen bearbeitet werden müssen. Daher soll es den Anwendern ermöglicht werden, Dokumente gemeinsam zu bearbeiten, Daten und Informationen über Unternehmensgrenzen hinweg gesichert und geschützt ausschließlich den Mitgliedern der Arbeitsgruppen zur Verfügung zu stellen und Versionen und Aktualisierungen von Dokumenten zu verfolgen. Der gesicherte Zugriff auf die eingepflegten Daten soll dann auf zwei Arten erfolgen: zum einen durch die interaktive Navigation durch die Produktstruktur, zum anderen durch die gezielte Suche und Filterung nach speziellen Kriterien.

Eine weitere wichtige Anforderung ist, dass das QUAM<sup>33</sup> der LINTRA GmbH<sup>34</sup> als Ausgangspunkt der Entwicklung des WMS zu benutzen ist. Das QUAM stellt eine Grundlage dar, um das gesamte Unternehmen in seiner Aufbauorganisation (alles was das Unternehmen "hat") und Ablauforganisation (alles was das Unternehmen "tut") virtuell abzubilden. Grundlage des QUAM bilden die Ablaufprozesse, zu deren Abarbeitung und Zielerreichung Einheiten der Aufbauorganisation eingebunden bzw.

---

<sup>33</sup> QUAM [vgl. [www.lintra.net](http://www.lintra.net)] ist ein Akronym aus den Worten: Qualitäts-, Umwelt- und Arbeitssicherheitsmanagement sowie Managementregularien und stellt ein Organisationsinformationssystem dar.

<sup>34</sup> Auftraggeber der Diplomarbeit.

angewandt werden, d.h. es wird eine Modellierung vorgenommen, die folgende Fragestellung beantworten soll: WER tut/verantwortet WAS, WARUM, WIE, WOMIT und nach welchen REGELN.

WER: die aufbauorganisatorische Einheit, z.B. eine Abteilung oder ein konkreter Mitarbeiter als Träger der Aufgabe und/oder Verantwortung.

WAS: der Prozess (im Qualitätsmanagement auch häufig als Verfahrensanweisung bezeichnet) oder in Verfeinerung des Prozesses die Aktivität (im Qualitätsmanagement häufig Arbeitsanweisung).

WARUM: Zweck eines Prozesses bzw. einer Aktivität.

WIE: einzelne Arbeitsschritte, die Inhalt der Aktivitätenbeschreibung sind.

WOMIT: angewandte Systeme (z.B. ein ERP-System wie SAP), zu verwendende Formulare, Anlagen etc. die Teil der Aufbauorganisation sind.

Der Nutzen der QUAM Lösung ist es, dass diese o.g. Funktionalitäten bereits in Microsoft® SharePoint® umgesetzt wurden sowie eine Möglichkeit der Integration von Microsoft® Visio zur grafischen Modellierung bietet. Durch das QUAM Modeller Plug-In<sup>35</sup> für den Microsoft® Internet Browser können Prozesslandkarten und/ oder Verfahrensbeschreibungen in einer Ablauforganisation nach der BPMN Spezifikation und Organisationsstrukturen in einer Aufbauorganisation visuell modelliert und abgebildet werden (vgl. Anhang C). So ist vom Organigramm überorganisatorische Bereiche, Abteilungen und Stellen bis hin zur Homepage jedes Mitarbeiters die gesamte Aufbauorganisation grafisch darstellbar. Die Bestandteile der Ablauforganisation können dann mit der Aufbauorganisation verknüpft und in Beziehung zu Regelwerken (Arbeitsunterlagen, Vorgehensbeschreibungen etc.) gesetzt werden. Auf diese Weise soll eine Planung der ZV-Organisation entsprechend den Bedarfsträgern<sup>36</sup> sowie eine eindeutige Zuordnung von Prozessverantwortungen abgebildet werden können. Um bereits bestehende Strukturen nutzen zu können, wäre es außerdem wünschenswert einen Zugang zu externen Wissensquellen (z.B. CAx-Datenbanken) und Suchmaschinen über Webservices zu ermöglichen. Eine Anbindung an das Qualitätsmanagement wäre ebenfalls erstrebenswert.

Die folgende Tabelle gibt die erläuterten funktionalen Anforderungen an die Methode in einer Übersicht wieder

<sup>35</sup> Die LINTRA GmbH ist das einzige Unternehmen, welches eine solche Funktionalität anbietet.

<sup>36</sup> Geschäftsleitung, Systemtechniker, Produktion, Erprobung, Anwender/ Betreiber, externe Kontrolle und Überwachungsstellen

Tab. 5.1: Zusammenfassung inhaltlicher Anforderungen

| Nr. | Anforderung   | Art  | Umsetzung in WSS | realisiert |
|-----|---|------|------------------|------------|
| 1   | Umsetzung des beschriebenen Konzepts (siehe Kapitel 4) als Webanwendung   | Muss | schwer           |            |
| 2   | Einsatz innerhalb verschiedener Anwendungsbereiche <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Produktneuentwicklung von komplexen Produktsystemen</li> <li>▪ Optimierung der Anpassungs- und Variantenkonstruktion</li> </ul>   | Muss | schwer           |            |
| 3   | Erfassung, Archivierung und Abbildbarkeit aller relevanten Informationen: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anlegen von Daten über die Oberfläche des Werkzeugs in einem umfassend definierten Datenkatalog mit umfassenden Beschreibungsmöglichkeiten zur eindeutigen Identifizierung von Systemelementen</li> </ul>  | Muss | mittel           |            |
| 3a  | Bidirektionale Verknüpfung: Anforderungen, Komponenten, Prozesse, Funktionen, QM-Methoden, Risiken  | Muss | schwer           |            |
| 3b  | „Einfache“ Zuordnung: PLC-Phasen, Kategorien der Anforderungen, Quellen der Anforderungen, Organisationseinheiten, IT-Systeme, Dokumente und Aufzeichnungen, Personal   | Muss | leicht           |            |
| 4   | Möglichkeit der beliebigen Verknüpfung relevanter Informationen untereinander zur Darstellung von Abhängigkeiten  | Muss | schwer           |            |
| 4a  | Attributierung der Verknüpfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Beschreibungstext z.B. Begründungen für Entscheidungen, Interpretationen etc.</li> <li>▪ Bewertungen, Abschätzungen der Zusammenhangsstärke der Systemelemente</li> </ul>  | Muss | leicht           |            |
| 5   | Umfassende erweiterbare Elementbeschreibungsmöglichkeiten (Anlegen von Metadaten) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ eine flexible Gestaltung der Objektattribute sollte nach Projektende möglich sein</li> </ul>   | Muss | leicht           |            |
| 6   | einfacher Zugriff auf Informationen   | Muss | leicht           |            |
| 7   | umfassende Eingabe-, Verwaltungs- und Ausgabefunktionen <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aufzeigen von Wechselwirkungen zwischen den Elementen</li> <li>▪ Such-, Filter-, Navigations- und Visualisierungsmöglichkeiten</li> </ul>  | Muss | schwer           |            |
| 8   | integrierte und durchgängig einheitliche Betrachtung der einzelnen Produktlebenszyklusphasen <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Möglichkeit der Einbettung des Produktes/Produktsystems in die aktuelle Lebenszyklusphase</li> </ul>  | Muss | mittel           |            |
| 9   | Nutzung der QUAM SharePoint Lösung der LINTRA GmbH als Basis zur Weiterentwicklung  | Muss | mittel           |            |
| 9a  | Anlegen und Abbildung einer Prozessstruktur (Ablauforganisation) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ gemäß der Business Process Modeling Notation (BPMN)</li> <li>▪ Möglichkeit des graphischen Modellierens von Prozessgruppen, Prozessen, Aufgaben, Ereignisse, Gateways sowie Konnektoren</li> </ul>  | Muss | leicht           |            |
| 9b  | Anlegen und Abbildung einer Organisationsstruktur (Aufbauorganisation) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Möglichkeit des graphischen Modellierens von Mitarbeitern, Managern, Organisationseinheiten, Rollen, Gruppen sowie Stellen</li> <li>▪ Möglichkeit der Festlegung von Prozessverantwortungen, Mitwirkungen, Entscheidungsbefugnissen, informative</li> </ul> | Muss | leicht           |            |

| Beteiligungen              |  |        |              |             |
|----------------------------|--|--------|--------------|-------------|
| 10                         | Einsetzbarkeit des WMS unabhängig von der Aufbau- oder Ablauforganisation  | Muss   | mittel       | ●           |
| 11                         | Ermöglichung einer eigenständigen und unabhängigen Modellierung der Anforderungen durch alle am Produktlebenszyklus beteiligten Personen   | Muss   | mittel       | ●           |
| 12                         | Anforderungsmanagement <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Erfassen der Anforderungen von allen Stakeholdern</li> <li>▪ projektspezifische Strukturierung der Anforderungen</li> <li>▪ Systematisierung, Kategorisierung, Vergleichende Betrachtung, Gruppierung, Priorisierung, Zusammenfassung, Attributierung</li> <li>▪ Festlegung von Quellen</li> <li>▪ Rückverfolgbarkeit der Anforderungsquellen</li> <li>▪ Umfassendes Vernetzen der Anforderungen mit Produkt-, Funktions- und Prozesssystem und Berücksichtigung deren Wechselwirkungen</li> </ul> | Muss   | mittel       | ●           |
| 13                         | Dokumentenmanagement <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gemeinsame Bearbeitung von Dokumenten: Steuerung des Zugriff auf Dokumente und das Verfolgen von Versionen und Aktualisierungen</li> </ul>   | Muss   | mittel       | ●           |
| 14                         | Verbesserung der Kommunikation zwischen aller an der ZV beteiligten Personen <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Speichern und Bereitstellen von Ideen und Wissen im Unternehmen (siehe Kapitel 4)</li> </ul>   | Muss   | mittel       | ◐           |
| 15                         | Möglichkeit der Fehlerverfolgung   | Kann   | mittel       |             |
| 16                         | Integration eines unterstützenden Projektmanagements <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verwaltung von Teams und Projekten: Koordination der Aktivitäten von Teammitgliedern, und Verwaltung von Statusberichten, aktuellen Daten, Aufgaben, usw.,</li> <li>▪ Planung, Steuerung und Monitoring des Projektfortschritts</li> <li>▪ Festlegung und Anordnung der Arbeitsschritte für die Zuverlässigkeitsanalyse</li> </ul>   | Kann   | mittel       | ○           |
| 17                         | Versionierung der Informationsobjekte  | Muss   | leicht       | ●           |
| 18                         | Anbindung an externe Wissensquellen (z.B. CAx-Datenbanken)   | Kann   | schwer       | ○           |
| 19                         | Darstellung indirekter Verknüpfungen   | Kann   | schwer       | ○           |
| 20                         | Konsistenzprüfungen von Eingaben   | Kann   | schwer       | ○           |
| 21                         | Rückverfolgbarkeit der Änderungen  | Muss   | schwer       | ○           |
| 22                         | firmenspezifische (CI) Anpassung der Applikations-Oberfläche   | Kann   | mittel       | ◑           |
| Legende: Realisierungsgrad |  |        |              |             |
|                            | ○  | ◐      | ◑            | ●           |
|                            | niedrig  | mittel | größtenteils | vollständig |

## 5.2 Wissensmanagementorientierte Anforderungen

Diese Anforderungsgruppe umfasst sämtliche Anforderungen, die an das Management des Wissens gestellt werden. Sämtliche Phasen des Wissenslebenszyklus (vgl. Anhang A) sollen von dem WMS unterstützt werden, wobei der Fokus auf die operativen WLZ-Phasen gelegt werden soll. Zunächst soll eine Möglichkeit der Wissensakquisition

ermöglicht werden. Darauf aufbauend soll es möglich sein, dass erarbeitete Wissen wiederzuverwenden. Des Weiteren ist besonders die Wissensrückführung gefordert, da lediglich dadurch die aufgebaute Wissensbasis einen langfristigen Nutzen bekommt, vgl. [VOSS99, S. 4]. Maßnahmen zur Motivations- und Anreizsteigerung zur Verwendung des WMS beispielweise durch Kopplung der Mitarbeiterbeiträge zum WMS mit der Karriereentwicklung etc. sind nicht angedacht.

Aufgrund der großen Vielfalt der an der Zuverlässigkeitsverbesserung beteiligten Personen und Unternehmensbereiche entsteht ein hoher Kommunikationsbedarf, vgl. [BIR097, S. 15, 36; WOLL94, S. 1f.]. Es sind z.B. Fragen zu Informationen und zur Projektabwicklung zu klären, Mitteilungen an größere Personenkreise zu verteilen sowie ein umfassender Erfahrungsaustausch zu Zuverlässigkeitsfragen einzurichten. Um zielgerichtet Informationen austauschen zu können, wird daher eine geeignete Austauschplattform benötigt. Sie muss eine adäquate Flexibilität und gleichzeitig eine Struktur aufweisen, um die unterschiedlichen Anfragen und Mitteilungen an einen geeigneten Mitarbeiterkreis richten zu können. So soll das WMS u.a. als Diskussionsumgebung dienen, um zielgerichteter Informationen austauschen zu können. Eine Einbindung in aktuelle Kommunikationsnetze lässt dabei weitere Synergien erhoffen. So soll der Benutzer bspw. über Änderungen sofort per E-Mail benachrichtigt werden. Für eine effektivere Durchführung von Besprechungen und Projekten sollen Aktivitäten von Teammitgliedern, Statusberichte, aktuelle Daten, Aufgaben, usw. koordiniert und verwaltet werden können.

Im vorliegenden Konzept soll der Aufwand bei der Wissensaufnahme und -visualisierung möglichst gering gehalten werden, um eine hohe Akzeptanz seitens der Produktentwickler zu sichern und die Teilungs- und Verwendungsbereitschaft des Wissens zu erhöhen. Der Mitarbeiter entscheidet dabei unter Berücksichtigung von festgelegten Richtlinien, welche Informationen hinterlegt bzw. zur Problemlösung herangezogen werden, während das Wissensmanagementsystem lediglich eine assistierende Rolle einnimmt. Dabei sollen wissensintensive Aufgaben wie bspw. Entscheidungsfindungen durch die aktive, kontextsensitive Informationslieferung durch das WMS unterstützt und erleichtert werden. Ein wesentliches Ziel der Informationsaufbereitung und -integration ist dabei die langfristige und zentrale Erhaltung der Informationen innerhalb einer Organisation, denn jedes bisschen Wissen, das wiederholt recherchiert wird, obwohl es bereits irgendwo im Unternehmen vorhanden ist, kostet Zeit und Geld.

Nicht-technische und nicht-wirtschaftliche Aspekte, wie z.B. Anreiz- und Motivationssysteme, dürfen zudem nicht unberücksichtigt bleiben, denn, wie bereits

betont, erst das Zusammenspiel von (Informations)Technik, Organisation, Prozesse und Mensch ist dasjenige, das die Erfolgchancen eines WMS bestimmen kann. Diese Faktoren müssen integrativ miteinander verknüpft werden, wobei der Mensch immer im Mittelpunkt der Umsetzung des WMS stehen sollte.

Die folgende Tabelle gibt die WM Anforderungen an die Methode in einer Übersicht wieder.

**Tab. 5.2:** Zusammenfassung wissensmanagementorientierter Anforderungen

| Nr. | Anforderung  | Art  | Umsetzung in WSS | realisiert  |
|-----|--|------|------------------|---|
| 1   | Entwicklung des WMS in einer kollaborativen Umgebung zur Unterstützung der wissensintensiven, kooperativen Arbeit  | Kann | leicht           |    |
| 2   | Implementierung verschiedener Kommunikationsmöglichkeiten und themenspezifische Bereitstellung und Abruf von Informationen durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ E-Mail Integration</li> <li>▪ Wiki</li> <li>▪ Diskussionsforum</li> <li>▪ Umfrage</li> <li>▪ Ankündigungen</li> <li>▪ Wissensdatenbank</li> <li>▪ usw.</li> </ul> | Muss | leicht           |    |
| 3   | Berücksichtigung des gesamten operativen Wissenslebenszyklus (WLZ) nach Probst (Wissensidentifikation, -erwerb, -entwicklung, -(ver)teilung, -nutzung, -bewahrung)   | Muss | mittel           |  |
| 3a  | Berücksichtigung der Managementebene im WLZ (Wissenszielsetzung und -bewertung)  | Kann | mittel           |  |
| 4   | Dokumentation der Verbesserungsmaßnahmen   |      |                  |  |
| 4a  | Berücksichtigung des deklarativen und prozeduralen Wissens   | Muss | mittel           |  |
| 4b  | Berücksichtigung des expliziten und impliziten Wissens   | Muss | mittel           |  |
| 4c  | Berücksichtigung des strukturierten und unstrukturierten Wissens   | Muss | mittel           |  |
| 4d  | Berücksichtigung von Metawissen  | Muss | leicht           |  |
| 4e  | Berücksichtigung des individuellen Wissens   | Muss | mittel           |  |
| 4f  | Berücksichtigung des kollektiven Wissens   | Kann | mittel           |  |
| 4g  | Berücksichtigung des (unternehmens-) internen Wissens  | Muss | mittel           |  |
| 4h  | Berücksichtigung des (unternehmens-) externen Wissens  | Kann | schwer           |  |
| 5   | Benachrichtigungsmechanismen bei Änderungen <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Abonnements von RSS Feeds</li> </ul>  | Muss | leicht           |  |
| 6   | Sicherstellung der Konformität von (Wissens-) Beiträgen durch redaktionelle Genehmigungsworkflows  | Muss | leicht           |  |
| 7   | Hirngerechte Wissenspräsentation (Unterstützung beider Gehirnhälften) durch Kombination textueller und grafischer Darstellung.   | Kann | schwer           |  |
| 8   | Möglichkeit der Darstellung diverser Detaillierungsstufen des Wissens (von der Übersicht ins Detail).  | Kann | schwer           |  |
| 9   | Abbau von psychologischen Barrieren zur Wissensteilung und Wissensnutzung durch Maßnahmen zur Schaffung langfristiger Anreize  | Kann | schwer           |  |

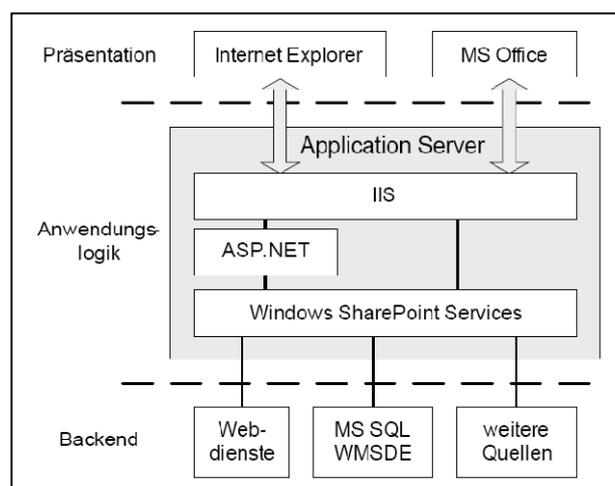
|                            |   |                       |                       |                       |
|----------------------------|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                            | und Motivation (Wissenstransferkultur)          |                       |                       |                       |
| 10                         | Integrierte Maßnahmen zur Motivationssteigerung | Kann                  | schwer                | <input type="radio"/> |
| Legende: Realisierungsgrad |   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
|                            |   | niedrig               | mittel                | größtenteils          |
|                            |   |                       |                       | vollständig           |

### 5.3 IT-Systemorientierte Anforderungen

IT-Systemorientierte Anforderungen beziehen sich auf die informationstechnische Unterstützung des WM und bringen einerseits die Sicht der IT-Systemanwender und andererseits die Sicht der IT-Systementwickler und -administratoren zum Ausdruck. Die zunehmende Komplexität, z.B. der qualitätsbestimmenden Prozessdaten, führt dazu, dass eine übergreifende, effektive Datenhaltung aller Informationen immer mehr an Bedeutung gewinnt. Entscheidend für eine effektive Datenhaltung sind Datenkonsistenz, -transparenz, Änderungsaufwand sowie Zugriffsmöglichkeit und Zugriffsgeschwindigkeit. Aus Sicht der Anwender des WMS wird vor allem eine äußerst benutzerfreundliche Oberfläche der eingesetzten Software erwartet, da es sich dabei um diejenige Komponente handelt, mit der der Benutzer unmittelbar in Kontakt tritt. Daher soll die Zusammenführung von Informationen in einer integrierten Arbeitsumgebung, idealerweise unter einer einheitlichen Weboberfläche, stattfinden. Durch den webbasierten Zugriff per Browser sollen ohne großes technisches Hintergrundwissen Dokumente gemeinsam bearbeitet, Zugriffssteuerungen auf Dokumente und das Verfolgen von Versionen und Aktualisierungen ausgeführt werden können. Informationen sollen direkt im Browser zentral und nach individuell vorgegebenen Strukturen in Listen abgelegt werden. Des Weiteren sollen Ablage und Darstellung von Dokumenten ebenso individuell veränderbar sein und eine Weiterverarbeitung gespeicherter und weiterer angeschlossener Informationen ermöglicht werden. Benutzer sollen Listeninhalte selbstständig erstellen, anpassen oder löschen können, dabei wird eine effektive Interaktion mit anderen Programmen bspw. der Microsoft® Office 2007-Familie angestrebt. Änderungen von Informationen sollen in Echtzeit erfolgen und sollen den berechtigten Benutzern sofort zur Verfügung stehen. Zentrale Nutzungsvoraussetzung ist eine gute Handhabbarkeit des Systems. Wichtig ist dabei, dass das System auch für gelegentliche Nutzer einfach zu bedienen ist und das Wissen auf leicht aufzunehmende Weise darstellen kann. Zudem darf nach Erfahrungsberichten von Anwendern diese Aufgabe auch keinen größeren Arbeitsmehraufwand verursachen. Die Forderung nach Benutzungsfreundlichkeit impliziert hauptsächlich eine grafische Umgebung, die kontextsensitiv, selbsterklärend, einfach und intuitiv bedienbar sowie robust, fehlertolerant, flexibel und anpassungsfähig ist und kurze Antwortzeiten garantiert. Eine hohe Benutzerfreundlichkeit ermöglicht dabei ein einfaches, angenehmes und damit gleichzeitig effizientes und fehlerarmes

Arbeiten. Einen wesentlichen Beitrag spielt dabei die leichte Interpretierbarkeit der Ergebnisse (z.B. Darstellung der Informationen und Anordnung sowie Art der Benutzerschnittstelle). Durch eine anwendungsgerechte Strukturierung und Navigation über Hyperlinks soll ein intuitives und schnelles Auffinden der gewünschten Funktionen erleichtert werden. Weitere, detailliertere softwareergonomische Qualitätsmerkmale sind [TrWi96] zu entnehmen, und werden hier nicht aufgeführt, um diesen Anforderungskatalog nicht unnötig zu belasten. Neben den technischen sind auch psychologische Faktoren, zu berücksichtigen zu denen das Benutzerverhalten zählt, hier aber nicht behandelt wird.

Aus der Sicht der Entwickler und Administratoren des WMS wird vorrangig eine modulare Architektur gefordert, um dadurch die Kompatibilität, Anpassbarkeit, Skalierbarkeit, Erweiterbarkeit und Wartungsfreundlichkeit des Systems zu gewährleisten. Für das WMS ist ein Client/Server-Konzept vorgesehen, bei dem ein zentraler Datenbank- und Anwendungsserver die Dokumentations- und Visualisierungsclients bedient. Aufgrund der Entscheidung für die Umsetzung des WMS durch die MS Windows SharePoint Services Technologie ist eine universelle, plattformunabhängige Einsatzfähigkeit nicht mehr gegeben.



**Abb. 5.1:** WMS Architektur

Eine besondere Bedeutung kommt auch den Schnittstellen des Systems zu. Datenschnittstellen sollen den Zugriff auf strukturierte und unstrukturierte Wissensquellen ermöglichen, während Funktionsschnittstellen in der Form eines gängigen API<sup>37</sup> für die Erweiterungs- und Integrationsfähigkeit zuständig sind. Der übergreifende Einsatz des WMS über mehrere Organisationseinheiten und/ oder Unternehmen hinweg verlangt nach sowie nach einer netzwerk- und internetfähigen Ausführung des WMS. Darüber hinaus soll das gespeicherte Wissen unabhängig von

<sup>37</sup> Beispielsweise über WebServices

dem technologischen Fortschritt abrufbar und darstellbar bleiben. Schließlich ist für die Datensicherheit und -sicherung bzw. -archivierung zu sorgen, zumal es sich hier um sehr empfindliche Daten und Informationen handelt.

**Tab. 5.3:** Zusammenfassung IT-Systemorientierte Anforderungen

| Nr. | Anforderung   | Art  | Umsetzung* | realisiert |
|-----|---|------|------------|------------|
| 1   | Modulare Architektur  | Muss | leicht     | ●          |
| 2   | Client-Server-Architektur   | Muss | leicht     | ●          |
| 3   | kollaborative Umgebung  | Muss | leicht     | ●          |
| 4   | webbasiert  | Muss | leicht     | ●          |
| 5   | Netzwerk- und Internetfähigkeit des Systems   | Muss | leicht     | ●          |
| 6   | Kompatibilität, Anpassbarkeit, Erweiterbarkeit, Skalierbarkeit und Wartungsfreundlichkeit <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ personalisierbar</li> <li>▪ benutzerspezifische Sichten</li> <li>▪ Konfigurationsfunktion</li> </ul>           | Muss | mittel     | ●          |
| 7   | Integration der WM-Aktivitäten in den üblichen Arbeitsfluss der Mitarbeiter <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ über Webbrowser bedienbar</li> <li>▪ Look and Feel (Windows Style)</li> </ul>  | Muss | mittel     | ◐          |
| 8   | Versionierung von Datensatzständen des Systems erlaubt Konzept-/ Versionsvergleich von Entwicklungsständen  | Muss | schwer     | ○          |
| 9   | Multiuserfähigkeit des Produktes  | Muss | leicht     | ●          |
| 10  | Plattform- und Betriebssystemunabhängigkeit des Systems   | Muss | unmöglich  |            |
| 11  | Leichte Navigation durch Hyperlinksystem  | Muss | leicht     | ●          |
| 12  | Bündelung relevanter Informationen  | Kann | mittel     | ●          |
| 13  | Geringer Änderungsaufwand von Daten <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Änderungsverfolgung von Daten: Versionskontrolle sowie die Möglichkeit zur Historisierung der Änderungen,</li> </ul>   | Muss | leicht     | ●          |
| 14  | Sicherstellung der Sicherheit des Gesamtsystems z.B. durch Zugangsbeschränkungen <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zugangs- und Zugriffsrechteverwaltung</li> <li>▪ Benutzergruppen mit unterschiedlichen Lese-/ Schreibrechten</li> </ul> | Muss | mittel     | ●          |
| 15  | Hohe Benutzerfreundlichkeit (Grafische Benutzungsoberfläche, Selbsterklärung, intuitive Bedienbarkeit, Fehlerrobustheit, Stabilität, Flexibilität, Konfigurierbarkeit, Anpassungsfähigkeit, hohe Verfügbarkeit, kurze Antwortzeiten etc.)         | Muss | mittel     | ◐          |
| 16  | Zwangsführung bei Eingabe zur Vermeidung unvollständiger Eingaben, (z.B. können keine Systemelemente ohne Namen angelegt werden)  |      |            | ◐          |
| 17  | Integrierte Maßnahmen zur Datensicherheit und -sicherung  | Muss | leicht     | ●          |
| 18  | Daten- und Funktionsschnittstellen (Webservice-APIs) zur Anbindung an Wissensquellen und operativen Systemen  | Muss | schwer     | ○          |
| 19  | Hilfefunktion für Portal-Applikation  | Muss | mittel     | ○          |
| 20  | geringer Aufwand bei Übertragbarkeit/ Portierbarkeit in bestehende SharePoint Lösungen  | Muss | leicht     | ●          |

|                            |   |  |  |   |
|----------------------------|---|--|--|---|
| Legende: Realisierungsgrad |  niedrig |  mittel |  größtenteils |  vollständig |
|----------------------------|---|--|--|---|

#### 5.4 Abgrenzungsanforderungen

Dieser Abschnitt soll explizit zum Ausdruck bringen, was durch die Entwicklung nicht angestrebt ist, um die Beschränkung auf das Wesentliche zu sichern und eventuelle Fehlinterpretationen aus dem Weg zu räumen. Dieses Anforderungsbündel soll besonders die implementierungstechnische Umsetzung der angestrebten Lösung überwachen und sie nicht "aus dem Ruder laufen lassen". So soll zwar Wissen - und folglich auch Daten und Informationen - über Produkte und Prozesse verwaltet werden, aber es soll kein neues PDMS geschaffen werden. Auch kein neues PIMS soll entstehen und kein neues Workflowmanagementsystem WFMS ist angestrebt. Die phasenübergreifende Unterstützung der Produktentwicklung und die Anbindung an operative Systeme sollen des Weiteren nicht dazu verleiten, dass ein operatives Integrationssystem Ziel dieser Arbeit wäre. Darüber hinaus soll das System zwar die Orientierung und Sozialisierung neuer Mitarbeiter unterstützen, aber es soll kein neues e-Learning-System geschaffen werden. Zusammenfassend soll lediglich ein Assistenzsystem für den Produktentwickler geschaffen werden, das die Benutzung der operativen Systeme begleitet.

Vor allem wird die Lösung nicht in der Lage sein:

- automatisiert Maßnahmen zur Reduzierung von Fehlermöglichkeiten, Schwachstellen und Problembereichen abzuschließen,
- automatisch die Wirksamkeit der Verbesserungsmaßnahmen aufzeigen,
- automatisiert Produkthanforderungen oder Entwicklungszielen mit Entwicklungsergebnissen zu vergleichen,
- Haupteinflussparameter auf die Prozessfehler bzw. Schwachstellen des Prozesses, Ursachenanalyse und Bewertung automatisch zu ermitteln und
- Korrekturmaßnahmen zur Prozessverbesserung bzw. zur Beseitigung der Schwachstellen bei erkannten Abweichungen automatisch veranlassen.

## **6 Prototypische Realisierung des WMS**

### **6.1 MS Windows SharePoint als Lösungsplattform**

Im Sinne des wissenschaftlichen Vorgehens wurde neben Microsoft® Windows® SharePoint® (WSS), im Folgenden nur noch als SharePoint bezeichnet, zwei weitere potentielle Lösungsalternativen, mit Namen O3Spaces Workplace und Oracle Collaboration Suite betrachtet. Im Ergebnis der Analyse, wurde die Nutzung der SharePoint Technologie als Plattform für die Lösungsentwicklung gewählt, da sie im direkten Vergleich mit den anderen untersuchten Lösungen preislich neutral ein umfänglicheres und variabler konfigurierbares Gesamt-Paket anbietet.

#### **6.1.1 Beschreibung der Alternativen**

Die Lösung O3Spaces Workplace bereichert OpenOffice um Workgroup-Funktionalitäten und verbessert somit die Zusammenarbeit von Gruppen. Mit der Erweiterung von OpenOffice um Teamfunktionen wird Raum für Diskussionsforen geschaffen, Anwender können ihre Dokumente direkt auf einem Server ablegen und mit anderen teilen. Dabei erfolgt eine automatische Versionierung. Eine zusätzliche Client-Software überwacht die Dokumente und informiert den Anwender über Änderungen, vgl. [<http://www.o3spaces.com>].

Mit der Oracle Collaboration Suite (OCS) bietet Oracle eine von überall aus zugängliche Inbox für alle Nachrichtenkanäle im Unternehmen, darunter E-Mail, Voicemail, Faxnachrichten und Kalendereinträge, über bspw. Outlook, Webbrowser, Telefon und PDA. Die Nutzer können ihre gewohnte Benutzeroberfläche beibehalten oder alle Elemente in einem Browser bedienen. Weitere charakterisierende Merkmale der OCS Lösung sind die Plattformunabhängigkeit, das Sprachnavigationssystem und das Web-Conferencing, welches eine Zusammenarbeit verschiedener Mitarbeiter in Echtzeit ermöglicht, vgl. [<http://www.oracle.com/lang/de/collabsuite>].

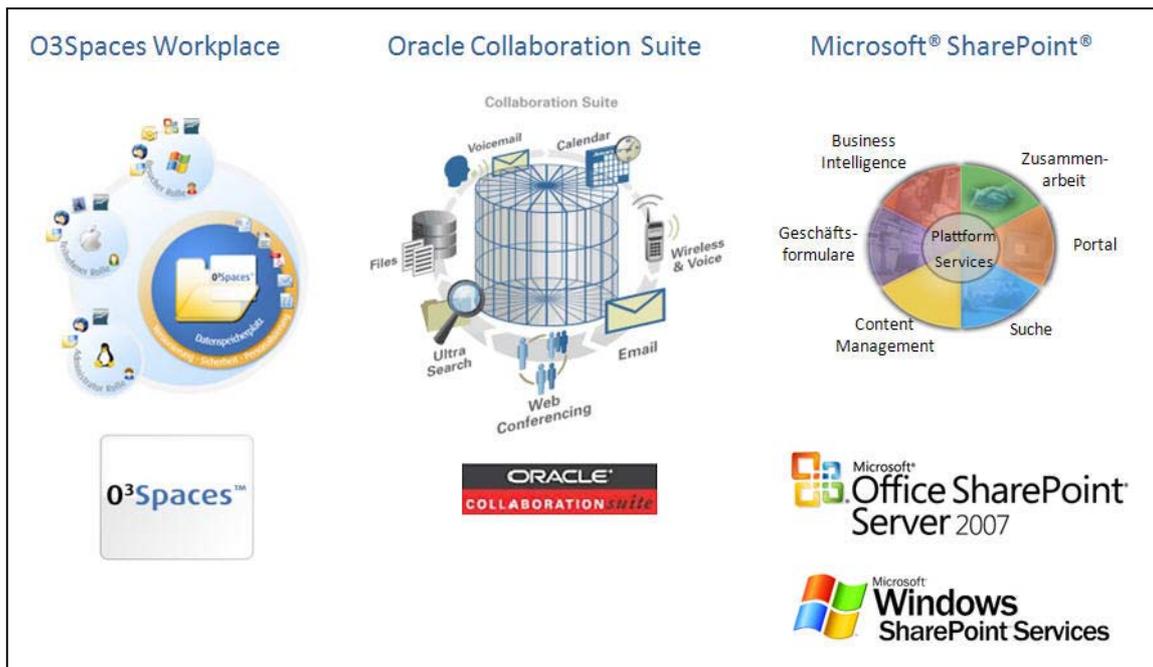


Abb. 6.1: verschiedene Kommunikations- und Kooperationsplattformen

### 6.1.2 Bewertung der Alternativen

Als Organisations- und Managementwerkzeug für Team- und Gruppenarbeit können sowohl die O3Spaces Workplace als auch die Oracle Collaboration Suite den umfangreichen Anforderungen an das WMS, welche durch das Projekt formuliert wurden (vgl. Kapitel 5) jeweils nur punktuell gerecht werden. Insbesondere kann eine Weiterverarbeitung gespeicherter Daten nicht umfänglich gewährleistet werden. Die Plattformen O3Spaces und OCS bieten preislich und funktional ein sehr ähnliches Lösungspaket. Sie stellen eine zentrale Ablagestruktur für Dokumente<sup>38</sup> zur Verfügung und können Versionsstände von Dokumenten und Zugriffsrechte für Projektteams verwalten. Nachteilig ist der geringe Verbreitungsgrad beider Lösungen zudem fehlen beiden Plattformen Entwicklungswerkzeuge, um die Lösungen funktional zu erweitern.

Die SharePoint Technologie unterstützt dagegen sämtliche Aspekte des Umgangs mit Informationen (Speichern, Bereitstellen, Suchen/Finden, Integration und Konsolidierung von Informationen). Ein weiterer Vorteil, ist die Möglichkeit der Integration von Microsoft® Visio 2007 zur grafischen Modellierung von Prozessen und Strukturen. Um Prozesse in einer Ablauforganisation und Organisationsstrukturen in einer Aufbauorganisation visuell modellieren und abbilden zu können<sup>39</sup>. Die SharePoint-Technologie bietet bereits im Standard eine Reihe vitaler Funktionalitäten zur Handhabung auch unstrukturierter Daten, die in allen anderen betrachteten

<sup>38</sup> Dokumenten-Management

<sup>39</sup> Funktionalität der SharePoint QUAM Lösung der LINTRA GmbH Magdeburg (vgl. [www.lintra.de](http://www.lintra.de))

Lösungsansätzen aufwändig neu programmiert werden müssten. Und obwohl es technisch absolut möglich wäre, wird SharePoint in keinem Unternehmen das einzige vorhandene Microsoft-Produkt sein, zu denen es diverse Schnittstellen gibt. So können Datenmengen direkt in andere MS Office Produkte (z.B. Excel, Access) importiert, weiterbearbeitet und wieder in SharePoint exportiert werden. Einen weiteren großen Vorteil stellt seine Erweiterbarkeit durch WebParts dar; für diese funktionalen Erweiterungen stehen verschiedene Entwicklungswerkzeuge, wie z.B. MS Sharepoint Designer oder MS Visual Studio zur Verfügung. Um die Sharepoint Technologie hat sich bereits eine globale Community<sup>40</sup> entwickelt, die ständig neue Funktionen entwickeln und diese auch offen bereitstellen, dies zeigt auch das SharePoint in der Unternehmenswelt angenommen und akzeptiert wird.

## 6.2 Was ist SharePoint?

Die derzeitige SharePoint-Generation unterteilt sich in zwei Produkte, einerseits den Windows<sup>®</sup> SharePoint<sup>®</sup> Services 3.0 (WSS) und dem Microsoft<sup>®</sup> Office SharePoint<sup>®</sup> Server 2007 (MOSS). Die WSS 3.0 sind eine kostenfreie Ergänzung der Microsoft<sup>®</sup> Windows-Serverplattform (Windows<sup>®</sup> 2003 und spätere) und stellt grundlegende Funktionalitäten bereit, um Informationsverwaltungs- und Zusammenarbeitslösungen zu erstellen, vgl. [BaSm07, S. 2]. Für die Umsetzung des in der Diplomarbeit entwickelten Konzepts wurden ausschließlich die MS Windows<sup>®</sup> SharePoint<sup>®</sup> Services 3.0 verwendet. Da diese für die Optimierung der Zusammenarbeit eines überschaubaren Teams genügen. Für einen unternehmensweiten Einsatz, bei dem es um die Bereitstellung von Informationen für große Benutzerkreise geht, werden die Möglichkeiten des SharePoint Servers interessant sein. Insbesondere wenn Daten aus Fremdsystemen (z.B. Warenwirtschaft, Buchhaltung, allgemein Datenbanken) integriert werden sollen oder die Excel Services für Business Intelligence Szenarien benötigt werden, sollte man sich für die Enterprise Edition von Office SharePoint Server entscheiden.

Microsoft<sup>®</sup> Windows<sup>®</sup> SharePoint<sup>®</sup> Services 3.0 ist eine extrem leistungsfähige und komplexe Technologie von Windows Server, die ein integriertes Portfolio von Diensten für die Kommunikation und Zusammenarbeit anbietet mit dem Ziel, Menschen, Informationen, Prozesse und Systeme miteinander zu verbinden<sup>41</sup>.

---

<sup>40</sup> vgl. exemplarisch: <http://www.sharepointcommunity.de> oder <http://www.codeplex.com>

<sup>41</sup> Sinngemäß übersetzt von <http://www.microsoft.com/windowsserver2003/technologies/sharepoint/default.aspx>, 22.11.2008

SharePoint<sup>®</sup> bietet unter einer einheitlichen Weboberfläche eine Lösungsplattform für die Optimierung der Zusammenarbeit von Benutzern. Der grundlegende Aufbau der MS Windows<sup>®</sup> SharePoint<sup>®</sup> Services (WSS) unterstützt dabei eine integrative und themenorientierte Form der Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Personen. Dies erfolgt durch eine zentrale, individuell veränderbare Ablage, Darstellung und Weiterverarbeitung gespeicherter Informationen in Echtzeit. So besteht z.B. die Möglichkeit einer einstufigen Versionierung von Dokumenten in Dokumentbibliotheken mit Haupt- und Nebenversionen sowie Aufgaben und Termine zu definieren und zu delegieren. Weiterhin sind für die verbesserte Zusammenarbeit von Teams Funktionalitäten wie Blogs, Wikis und eine E-Mail Integration vorhanden. Daten können mit MS Outlook 2007 synchronisiert werden, somit können Kalendereinträge, Termine, Aufgaben und Kontakte als Elemente im SharePoint abgelegt und weiterverwendet werden. Für Nutzer erscheint WSS nur als eine integrierte Webanwendung, sie bildet den Knotenpunkt der Software, weil alle verarbeitenden Funktionen hier abgebildet sind (Zugriff auf Listen, Ermittlung von Benutzergruppen, Benachrichtigungen, Zugriff auf Datenbanken, Dokumentenbibliotheken etc.). Die eigentliche Stärke von SharePoint wird aber erst dann sichtbar, wenn die Anwender damit beginnen, die vorgefertigten Standard-Websites um eigene Funktionen, Listen, Ansichten und untergeordnete Websites zu erweitern. Weiter kann die Anwendung als Plattform zur Entwicklung webbasierter Geschäftsanwendungen verwendet werden.

Microsoft<sup>®</sup> nutzt diese Funktion und hat 40 Anwendungsvorlagen<sup>42</sup> kostenfrei für die Windows<sup>®</sup> SharePoint<sup>®</sup> Services 3.0 entwickelt und zur Verfügung gestellt. Solche Anwendungsvorlagen<sup>43</sup> sind gebrauchsfertige, benutzerdefinierte Szenarios, die auf die Anforderungen bestimmter Geschäftsprozesse oder Aufgabensätze für Organisationen jeder Größe ausgelegt sind, vgl. [bb407286<sup>44</sup>]. Auszugsweise werden im Folgenden einige von ihnen angeführt: eine vollständige Liste mit Erläuterungen können auf der Website [www.microsoft.com/technet/windowsserver/sharepoint/wssapps/v3templates.aspx](http://www.microsoft.com/technet/windowsserver/sharepoint/wssapps/v3templates.aspx) nachgelesen werden.

- Projektüberwachungs-Arbeitsbereich
- Verwaltung für Abwesenheitsmeldungen und Urlaubsplanung
- Kontaktverwaltung
- Terminplanung
- Aufgabenverwaltung

---

<sup>42</sup> [www.microsoft.com/technet/windowsserver/sharepoint/wssapps/v3templates.aspx](http://www.microsoft.com/technet/windowsserver/sharepoint/wssapps/v3templates.aspx)

<sup>43</sup> Im englischen: template

<sup>44</sup> <http://technet.microsoft.com/de-de/windowsserver/sharepoint/bb407286.aspx>

- Dokumentbibliothek und -überprüfung
- Veranstaltungsplanung
- Mitarbeiterschulungsplanung und Materialien
- Inventariüberwachung und -verwaltung
- Raum- und Ausstattungsreservierungen
- Verwaltung für Einstellungen und Bewerbungsgespräche
- Ausschreibung
- Leihbücherei usw.

Beispielhaft können mit der Anwendungsvorlage "Projektüberwachungs-Arbeitsbereich" Projektinformationen von kleinen Teams an einem einzigen Speicherort verwaltet werden. Die Anwendungsvorlage bietet einen Bereich, in dem Projektprobleme und -aufgaben des Teams aufgelistet werden können. Es stehen Funktionen für die Berichterstattung des Projektstatus, für die Zuweisung neuer Aufgaben, Festzulegung von Verantwortlichkeiten, Balkendiagramme und allgemeine Statuskennzeichner zur Verfügung.

Eine komplette SharePoint Einführung, mit Erklärungen sämtlicher Funktionsbereiche würde an dieser Stelle deutlich den Rahmen der Diplomarbeit sprengen. Dem interessierten Leser kann an dieser Stelle die Microsoft® Office Online Hilfe<sup>45</sup> empfohlen werden.

### **6.3 SharePoint Architektur**

Rein technisch betrachtet basiert SharePoint auf ASP.NET 2.0 und nutzt den SQL Server 2000 oder 2005 als Datenablage.

Die folgenden Abb. 6.2 und Abb. 6.3 zeigen die Windows SharePoint Services Server sowie die SharePoint Website Hierarchien. Diese Abbildungen sind selbsterklärend und bedürfen keiner weiteren Erläuterung; der interessierte Leser wird an dieser Stelle auf die Website <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms473633.aspx> verwiesen.

---

<sup>45</sup> <http://office.microsoft.com/de-de/sharepointtechnology/HA100242771031.aspx>

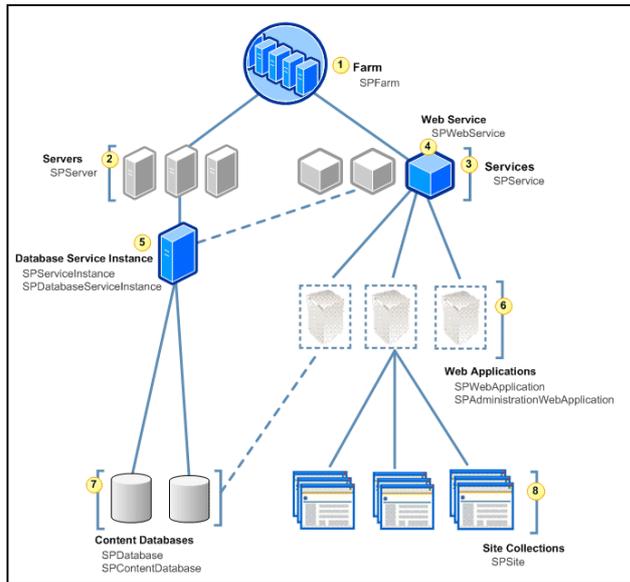


Abb. 6.2: SharePoint Hierarchie (1). Quelle: MS473633

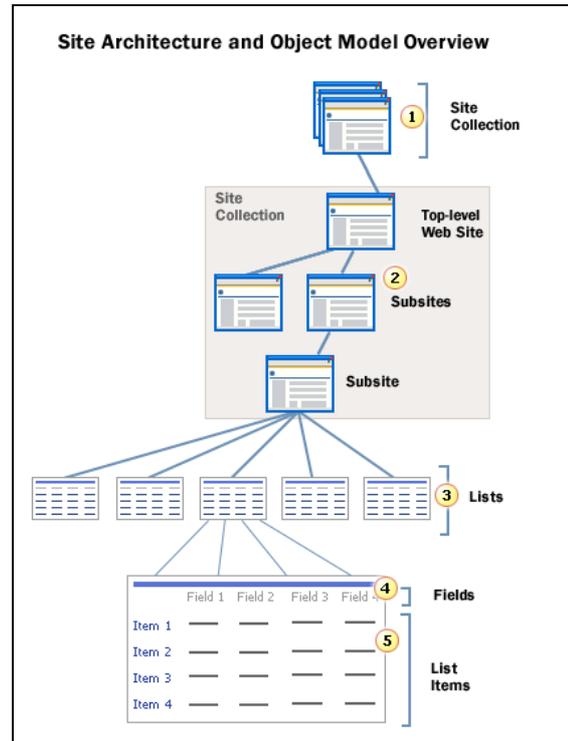


Abb. 6.3: SharePoint Hierarchie (2). Quelle: MS473633

Eine normale WSS-Seite ist ähnlich dem Produkt eines Baukastensystems aus einzelnen Elementen zusammengestellt. Diese Oberflächenbausteine eines Portals, allgemein als Portlets bezeichnet, heißen hier Webparts. Diese lassen sich einfach per Drag&Drop-Mechanismus aus einem Webpart-Katalog in die zu verändernde Webseite einbinden. Ebenso einfach ist das Verschieben und das Entfernen nicht erwünschter Webparts, vgl. [BODD07, S. 50ff.]. Um eigene Informationen auf die Oberfläche einer WSS-Webseite zu bringen, steht mit den Listen zur Verfügung. Dies sind in ASP.NET entwickelte Oberflächenbausteine, deren Erscheinungsbild Tabellen ähneln. Listen sind aber keine physikalischen Tabellen im Sinne einer Datenbanktabelle oder einer Tabelle eines Tabellenkalkulationsprogramms. Vielmehr handelt es sich bei Listen um virtuelle Tabellen, die zum Zeitpunkt des Aufrufs, dh dynamisch, aufgebaut werden. Die WSS bieten eine Anzahl vordefinierter Listentypen für die Darstellung von Ankündigungen, Ereignissen, Kontakten, Umfragen, Diskussionen, Aufgaben und Hyperlinks an. Hinzu kommen Listen, die der Anwender selbst entwerfen und mit Inhalten füllen kann. Die Eigenschaften einer Liste, zB die Spaltenüberschriften und Datentypen für den Zelleninhalt, können auf einer dazugehörigen Konfigurations-Webseite verändert werden. Mit der Dokumentbibliothek steht eine spezielle Art von Liste zur Verfügung: In ihr werden gemeinsame Dokumente gespeichert. Für die Dokumentbibliothek stehen zusätzliche Funktionen zur Verfügung. So können Dokumente hochgeladen, eine neue Version erzeugt, für den exklusiven Zugriff durch einen Benutzer gesperrt und wieder

freigegeben werden. Des Weiteren lassen sich in Dokumentenbibliotheken (virtuelle) Ordner zur übersichtlichen Ablage der Dokumente anlegen. Diese Listen sind in den korrespondierenden Microsoft-Anwendungen direkt verfügbar, zum Beispiel können alle Listen in MS Excel und MS Access bearbeitet werden, Adresslisten sind als Kontaktlisten in Outlook verfügbar und Dokumentenbibliotheken (Dokumentenlisten) können als Ort zum Öffnen und Speichern von Dateien aus allen Microsoft® Office-Anwendungen verwendet werden. Außerdem kann sich ein Benutzer für jede Art von Liste und Listeneintrag für eine Mitteilung anmelden, die ihn über ein darin stattgefundenes Ereignis informiert<sup>46</sup>. Diese Mitteilung wird ihm von den WSS per Email zugesandt, vgl. [BODD07, S. 50ff.]. Zudem können die in den Listen gehaltenen Informationen in Abhängigkeit zueinander hierarchisch gespeichert werden. Weiter können Informationen ganz oder auszugsweise nach vorgegebenen Kriterien (Filtern, Gruppierung) und bedarfsweise in gegenseitiger Abhängigkeit dargestellt werden.

#### **6.4 Die SharePoint Philosophie**

„SharePoint stellt eine Baukastenlösung für Informationssysteme dar.“, vgl. [MSPre08]. Das heißt, dass zunächst solche Anwendungsvorlagen identifiziert werden müssen, welche die geforderten Funktionalitäten der Aufgabenstellung weitestgehend erfüllen. Dann können weitere Elemente aus einem umfangreichen „Baukasten“ mit fertigen Listen, Features, WebParts, Bibliotheken, Sites, Ansichten ausgewählt werden, die für die geforderte Aufgabe einfach und schnell „zusammengeklickt“ werden können. Diese Vorgehensweise benötigt noch keinerlei Programmierungsaufwand bzw. -kenntnisse, da alles über den Web Browser über die SharePoint Zentraladministration konfiguriert und erstellt werden kann. Zielgruppen mit einfachen Ansprüchen, bekommen eine quasi zugeschnittene „out-off-the-Box-Lösung“ und können mit diesen SharePoint Komponenten schnell und in kurzer Zeit fertige Lösungen bauen. Reicht die Funktionalität der Lösung noch nicht aus, kann der Entwickler sie im nächsten Schritt durch den Microsoft® Office SharePoint® Designer 2007 (SPD) auf die Bedürfnisse des Unternehmens anpassen. So bilden die derzeit 40 Anwendungsvorlagen einen Ausgangspunkt für die Entwicklung tiefer gehender SharePoint-basierte Lösungen. Die Vorlagen sind mit dem SPD kompatibel, um die Anpassung zu erleichtern, vgl. [bb407286]. Der SPD bietet zudem umfangreiche Zusatzfunktionalitäten beispielsweise um das Layout der Lösung an das Corporate Design des Unternehmens anzupassen oder neue Datenansichten zu erstellen. Da Layout, Struktur und Inhalt von SharePoint Seiten getrennt voneinander gehalten werden, reicht eine einmalige Anpassung des Master Layouts der Websitesammlung durch entsprechende

---

<sup>46</sup> Sogenannte RSS-Feeds.

Anpassungen der Stylesheets. Komplexere Lösungen mit umfassenderen Funktionsumfang, dessen bereitgestellte Funktionen speziell auf die Bedürfnisse des Auftraggebers zugeschnitten sind, können durch eigene Entwicklungsarbeiten geleistet werden. Eine Möglichkeit der Umsetzung bietet das MS Visual Studio for Office in Kombination mit dem SPD. Dazu stehen dem Entwickler umfassende SharePoint Klassen, Klassenbibliotheken, Web Controls etc. zur Verfügung<sup>47</sup>. Diese in ASP.NET neu erstellten Funktionalitäten, mit denen der Benutzer den Inhalt, die Darstellung und das Verhalten von Webseiten ändern kann, bezeichnen sich in SharePoint als Webpart. Die Abbildung 2 im Anhang B stellt einen Überblick über die WebParts der SharePoint Lösung dar.

### **Fazit**

SharePoint stellt eine Unmenge von „Bausteinen“ (vorgefertigten Funktionalitäten) zur Verfügung. Die Schwierigkeit liegt darin, zu wissen, welche Bausteine überhaupt existieren, um sich dann die geeigneten aus dem SharePoint WebPart Katalog<sup>48</sup> zu schöpfen und diese „Bausteine“ dann geeignet in eine WSS-Site zusammenzufügen. SharePoint Projekte haben damit den Charakter zum einen Organisations<sup>49</sup>- und zum anderen Personalprojekte zu sein. Da direkt in die Arbeitsbereiche der Mitarbeiter eingegriffen wird, ist es wichtig diese in die Entwicklung zu integrieren, deren Anforderungen aufzunehmen und ihnen den Nutzen aufzuzeigen, den sie mit durch das WMS erhalten werden.

Vorab wurde in der Analysephase die Aufgabenstellung analysiert, es musste geklärt werden, was mit dieser Plattform erreicht und welche Aufgaben gelöst werden sollten. Dementsprechend wurden Funktionsabläufe definiert und eine detaillierte Planung des Datenmodells vorgenommen. Anschließend wurden Ziele definiert und Anforderungen an das WMS ermittelt.

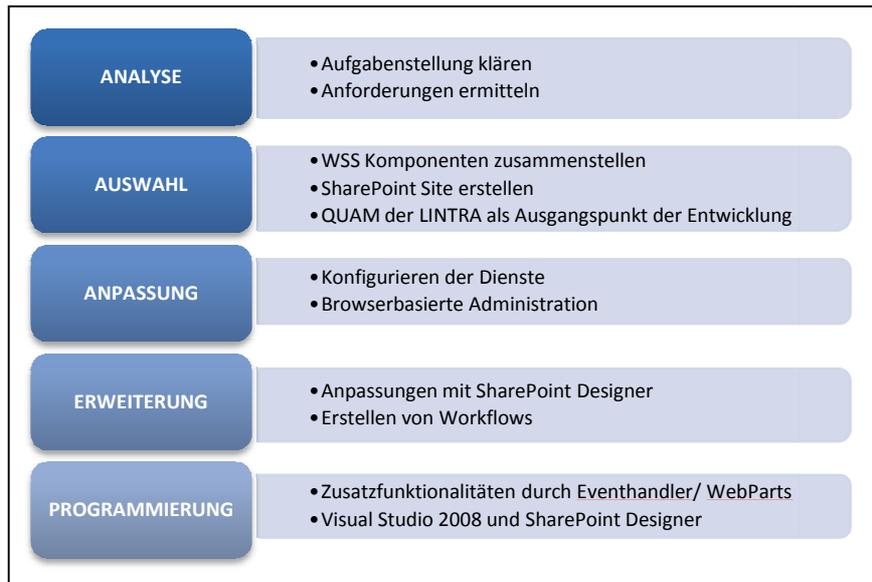
Die folgende Abb. 6.4 visualisiert den Projektablauf der SharePoint Umsetzung des WMS.

---

<sup>47</sup> Einen Eindruck vom Umfang dieser Klassen bekommt man im Microsoft Developer Network auf <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/microsoft.sharepoint.aspx> geboten.

<sup>48</sup> Umgangssprachlich als „SharePoint Kiste“ bezeichnet, da vergleichbar mit einem Lego® Bausatz.

<sup>49</sup> ca. 80% Organisations- und 20% IT-Projekt



**Abb. 6.4:** WMS Umsetzung - Projektablauf

Die anschließende Phase war geprägt durch die Auswahl und Zusammenstellung der WSS Komponenten. Ein großer Vorteil der SharePoint Plattform, mit dem Prinzip des Baukastensystems ist es, dass vom persönlichen Arbeitsbereich bis hin zur Internetwebsite mit einer einheitlichen Benutzeroberfläche, Entwicklungsplattform und technischen Infrastruktur gearbeitet wird. Ein anderer Vorteil des Baukastensystems ermöglicht es den Entwicklern bzw. einer neuen Generation von Website Designern direkt im Trial und Error Verfahren SharePoint Websites zu entwickeln<sup>50</sup>. So können sehr schnell SharePoint Websites mit den Standard Anwendungsvorlagen erstellt werden und die entsprechenden Basisfunktionalitäten schon sehr früh dem Auftraggeber demonstriert werden. So wird, nachdem man die Windows SharePoint Services installiert hat, bereits eine Standard-Teamwebsite, erzeugt, die die wichtigsten Funktionen für die Zusammenarbeit bereits enthält. Hier finden sich einen Kalender, eine Liste mit Ankündigungen und eine Dokumentenbibliothek, über die Dateien verwaltet werden können. Des Weiteren gibt es einen Diskussionsbereich, in dem die Nutzer der SharePoint Website miteinander kommunizieren können. Dadurch kann der Anwender direkt in die Entwicklung des Portals mit integriert werden, bekommt einen besseren Eindruck vom Produkt und kann gegebenenfalls sofort gegenlenken, sobald es notwendig wird. Es wurde deutlich, dass dieser Ansatz sehr viel schneller und zielgerichteter zum Ziel führt. Im Anschluss an der Auswahl der SharePoint Komponenten wurde angefangen das Portal zu konfigurieren. Zunächst wurde die SharePoint Lösung der LINTRA GmbH als Ausgangspunkt der weiteren Entwicklungen installiert. Ferner wurden dann über die browserbasierte Administration und dem SPD zusätzliche Listen und Ansichten generiert, Benutzer eingerichtet, Verweise erstellt, Dienste konfiguriert usw. Abschließend waren um das Datenmodell und damit

<sup>50</sup> „zusammenzuklicken“

letztendlich auch das Konzept vollständig umsetzen zu können, punktuell erforderliche Entwicklungsarbeiten<sup>51</sup> zu leisten.

## 6.5 Umsetzung des Datenmodells

Um den inhaltlichen Rahmen der Diplomarbeit nicht zu sprengen, wurde auf die bloße Darstellung des Quellcodes verzichtet, auch weil die verwendeten SharePoint Objektklassen zunächst umfassend erklärt werden müssten, um die eigentliche Entwicklungsarbeit sinnvoll darstellen zu können. Nichtsdestoweniger wird der komplette Quellcode auf der beigelegten CD zu finden sein.

An dieser Stelle soll noch einmal auf ein wichtiges Konzept bei der Programmierung hingewiesen werden:

Jedes Element wird nur einmal modelliert und als Objekt in der Datenbank gespeichert. Jede Komponente, die Teil des mechatronischen Produktes ist, wird genau einmal beschrieben, unabhängig davon, wie häufig sie verwendet wird. Gleiches gilt, wie für alle Elemente, für die verschiedenen Anforderungen, egal in wie vielen Komponenten, Prozessen oder Funktionen diese zugewiesen werden. Somit ist jede Änderung eines Elements sofort und überall dort sichtbar, wo dieses Element verwendet wird. Darüber hinaus lässt sich jedes Element in Beziehung zu nahezu beliebig vielen anderen Elementen setzen. Dies garantiert die Konsistenz der gespeicherten Daten und führt zu einer Reduzierung des Pflegeaufwands. Außerdem können ohne zusätzlichen Aufwand sehr nützliche Sichten auf die vorhandenen Daten entstehen, die in nachfolgenden Arbeiten zu untersuchen sind und gegebenenfalls später als Standardsichten bereitstellen sind.

Einen Überblick der integrierten Softwarekomponenten wird im Anhang grafisch anhand einer Mindmap im Anhang B aufgezeigt.

---

<sup>51</sup> WebParts, EventHandler, Workflows etc.

## **7 Zusammenfassung und Ausblick**

### **7.1 Zusammenfassung**

Für diese Arbeit wurde der methodischer Ansatz verfolgt mechatronische Systeme über Komponenten, Funktionen, Anforderungen und Prozesse zu beschreiben, diese Strukturen miteinander zu verknüpfen und diese Verknüpfungen zu attributieren. Im Rahmen der Arbeit wurde die aktuelle Problemstellung bei der Auswertung und Umsetzung von Anforderungen in der Produktentwicklung analysiert und dargestellt. Daraufhin wurden dann ausgewählte Methodikansätze sowie Leitlinien aus dem industriellen Bereich analysiert. Die Analyse der verschiedenen Ansätze hat gezeigt, dass bereits gute Ansätze zur Handhabung von Anforderungen bzgl. der Unterstützung des Produktentwicklungsprozesses existieren, diese aber noch Lücken aufweisen. Die Analyse zeigte auch, dass es verschiedene Elemente gibt, welche in eine neue Methodik integriert werden sollten. Weiter wurde festgestellt, dass ebenfalls Defizite heutiger WM-Lösungen für die Produktentwicklung bestehen. Daraufhin wurden im Hinblick auf die DV-seitigen Potentiale neue IuK-Technologien insbesondere aus dem Bereich Groupware betrachtet, deren Einsatz die Integration von Informationen, Werkzeugen und Organisation unterstützt. Anschließend wurden verschiedene Methoden des präventiven Qualitätsmanagements (QFD und FMEA) zur Anforderungsumsetzung und Fehleranalyse untersucht. Aus diesen Erkenntnissen wurde nun eine konkrete Methodik entwickelt und softwaretechnisch umgesetzt. Innerhalb der Konzeption der Methodik wurden Inputdaten zur Strukturierung und Vernetzung sowie die dazu notwendigen Strukturen beschrieben. Hierzu wurde die Gruppierung und der Paarvergleich von Anforderungen eingeführt, welche Möglichkeiten zur Zerlegung und zur Strukturierung von Anforderungen sowie zum zerteilen bzw. zusammenfügen von Anforderungsstrukturen darstellen. Weiter wurde das Vorgehen der Methodik beschrieben. So sollen zunächst die Anforderungen mit o.g. Methoden verglichen, strukturiert und gruppiert werden. Als Resultat sollte sich dann eine möglichst schlanke und widerspruchsfreie Anforderungsstruktur herausbilden. Dieser wird dann mit den Systemstrukturen des mechatronischen Produktes vernetzt. Um über die konsequente Analyse der Systeme die Wechselwirkungen seiner Elemente aufzuzeigen, stützt sich das Vorgehen dabei an das, im Kapitel 3.1.2 vorgestellte Systems Engineering zur Entwicklungsunterstützung, eingeführte Systemdenken. Der Gewinn der vollständigen Integration von Elementen verschiedener Domänen zu einem einzelnen System liegt darin, dass eine simultane Betrachtung dieser in derselben Struktur und mit derselben Methode möglich wird. Die Identifizierung von Zusammenhängen und Interaktionen wird gleichermaßen ermöglicht, wie die Ableitung und Bewertung von Qualitätsmerkmalen des Systems. Das hauptsächlich angedachte Ziel der Informationsvernetzung ist es, mögliche Gestaltungshinweise für ein robusteres Design

für neue Produktgenerationen abzuleiten. Darüber hinaus garantiert die individuelle Gestaltung der Vorgehenssystematik zur Umsetzung des Konzeptes die Adaptionfähigkeit sowie die universelle Anwendbarkeit.

Zudem verkörpert das entwickelte Konzept einen ganzheitlichen Ansatz, der eine phasenübergreifende und integrierte Wissensdokumentation in der Entwicklung mechatronischer Systeme ermöglicht. Dabei wird das Wissen (das implizite Hintergrundwissen) des jeweiligen Produktentwicklers prozessbegleitend aufgenommen und in integrierter und einheitlicher Weise akquiriert.

## **7.2 Fazit**

Angesichts der aufgezeigten Situation war es das Ziel dieser Arbeit ein groupware-basiertes WMS zu entwickeln, das die sichere und zügige serienbegleitende Zuverlässigkeitsverbesserung komplexer technischer Produkte und die Erfahrungsdokumentation zur Entwicklung zuverlässiger Neuprodukte durch Integration von Informationen, Methoden und Organisation unterstützt. Bei der Erstellung des Gesamtkonzepts eines derartigen Systems wurden des Weiteren Potentiale betrachtet, die sich aus der stark gesteigerten Integrationsfähigkeit heute verfügbarer gruppen- und prozessorientierter DV-Technologien ergeben. Das entwickelte und prototypisch umgesetzte Konzept konnte die eingangs formulierten Ziele weitestgehend erreichen. Die Methodik verhilft u.a. zu einer durchgängigen und umfassenden Anforderungsmodellierung. Dadurch sollen insbesondere die Konsistenz und die Erfüllung der gestellten Anforderungen der mechatronischen Produkte über das gesamte Produktleben gewährleistet werden. Das webbasierte WMS ermöglicht eine Effizienzsteigerung, da es als Assistenzsystem für Informations- und Entscheidungsunterstützungszwecke in verteilten, dezentralen Produktentwicklungsprozessen eingesetzt werden kann, um die verschiedenen Fachbereiche mit den relevanten Informationen zu versorgen und über weitere WM-Funktionalitäten zu koordinieren. Hiermit konnte ein wichtiger Beitrag hinsichtlich eines effizienten integrierten WMS in der Produktentwicklung geleistet werden. Darüber hinaus ist der Beitrag das WMS in einer zweiten Dimension zu sehen, nämlich in der integrierten Verwaltung der (Wirk-) Zusammenhänge von Produkt-, Prozess-, Anforderungs-, Funktionswissens, die in keinem bekannten Ansatz in dieser Breite zu erkennen ist. Zudem ist noch die Berücksichtigung der Dokumentation von implizitem Hintergrundwissen des Ingenieurs für die Zusammenhänge hervorzuheben. Weiter werden auf Basis der angelegten Daten Wechselwirkungen bzw. interaktive Zusammenhänge zwischen den o.g. Objekten aufgezeigt und somit eine detaillierte Produktkenntnis ermöglicht. Ein schnellen Überblick über die Abhängigkeiten zwischen Bauteilen zu erhalten ist notwendig, denn eine

wesentliche Hauptursache für die mangelnde Zuverlässigkeit mechatronischer Systeme liegt darin, dass sich die verfügbaren Entwicklungszeiten drastisch verringert haben, so dass als Folge das Risiko von Fehlern und Produktausfällen, aufgrund nicht bedachter Abhängigkeiten zwischen Komponenten bei Anpassungs- und/oder Variantenkonstruktionen, zusätzlich steigt, vgl. [VDI2006, S. 3]. Die Folgen von Produktausfällen wurden bereits in Kapitel 1.1 erläutert. Darüber hinaus können durch eine entsprechende Berichtsgenerierung die benötigten Methoden und Instrumente für Aufgaben der Zuverlässigkeitsverbesserung abgefragt werden. Es können beispielhaft gefilterte Anforderungslisten erstellt werden, die gezielt zeigen, welche Anforderungen von einem Stakeholder wirklich an bestimmte Baugruppen gerichtet sind. Die gepflegten Prozesse verhelfen zum einen, Entwicklungen nachvollziehen und zum anderen sämtliche an der Entwicklung beteiligte Personen identifizieren zu können. Weiter sind sämtliche durchgeführten QM-Methoden hinterlegt. Sind nun Änderungen notwendig, lässt sich der Entwickler alle Wechselwirkungen zu anderen Objekten anzeigen, kontaktiert alle an diesen Objekten beteiligten Personen und erhält einen Maßnahmenkatalog über QM-Methoden, die erneut auszuführen sind, damit die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems weiterhin bestehen bleibt. Darüber hinaus können die Gründe für die notwendig gewordenen Änderungen dokumentiert werden. Ebenso kann der Entwickler den Aufwand geplanter Änderungen aufgrund der dargestellten Menge von Wechselwirkungen und Abhängigkeiten zwischen Komponenten im Vorfeld genauer abschätzen.

Generell bietet die Methode die Möglichkeit Beziehungen zwischen den Systemstrukturen untereinander festzustellen. Durch die Vernetzung mit den Anforderungen kann ein Abgleich deren Erfüllung durchgeführt werden um Widersprüche und Lücken aufzudecken. Die Methode ist darüber hinaus ein Hilfsmittel zur Verdichtung der Informationen. Der Informationsgehalt ist aufgrund der binären Bewertungen auf die qualitative Ebene beschränkt und somit nur sehr eingeschränkt für quantitative Vergleiche einsetzbar. Darüber hinaus ist die Entnahme bzw. das Erkennen der Informationen stark abhängig von der Eindeutigkeit der Beziehungen, den Erfahrungen der Nutzer dieser Methode und nicht zuletzt von der subjektiven Bewertung der Information durch den Nutzer. Es stellt sich die Frage, ob evtl. eine Anpassung der Methode eine eindeutigere Informationsdarstellung ermöglichen könnte.

Insgesamt soll ein solches WMS die Bearbeitung von Projekten zur Zuverlässigkeitsverbesserung vereinfachen und wirksamer sowie sicherer und schneller gestalten. Die bei der Verbesserung gesammelten Erfahrungen sollen ferner eine wichtige Informationsquelle bilden, um für die zuverlässige Gestaltung neuer Produkte zu lernen. Um Defizite an mechatronischen Produkten nicht erst in der Nutzungsphase

aufzudecken und um Unternehmen vor Schaden zu bewahren, sollte die Umsetzung des Konzeptes in den frühen Produktentwicklungsphasen ansetzen, vgl. [PfSc07, S. 12].

Wie bereits beschrieben sollen primär auf Basis des dokumentierten Wissens zukünftige Projekte ähnlicher Aufgabenstellung unterstützt werden, beispielsweise bei der Entwicklung der nächsten Produktgeneration. Das WMS könnte sowohl im Falle einer Neukonstruktion als auch einer Anpassungskonstruktion als Wegweiser für den Konstrukteur dienen. Es wären jedoch auch weitere wichtige Anwendungen des Systems denkbar, wie:

- Unterstützung des Projektmanagements. Bei der Planung von Projekten vergleichbarer Aufgabenstellung kann der zu erwartende Aufwand zur Bewältigung der neuen Aufgaben mit Hilfe des WMS besser abgeschätzt werden. So können auch die erforderlichen zeitlichen Horizonte realistischer eingeschätzt werden.
- Unterstützung der Qualitätssicherung (ISO Normen 900x). Die für die Qualitätssicherung zuständigen Ingenieure können anhand der WMS-Informationen sehr einfach überprüfen, ob während der Produktentwicklung alle Qualitätsrichtlinien (zunächst nur bzgl. der Zuverlässigkeit) eingehalten wurden, und falls erforderlich entsprechende qualitätslenkende Entscheidungen bzw. Maßnahmen treffen. Man bedenke hierbei, dass der Zweck sowohl des WM als auch des QM grundsätzlich darin besteht, Fehler zu vermeiden.
- Absicherung gegen Schadenersatzansprüche (Produkthaftung). Gemäß Produkthaftungsgesetz besteht die Pflicht zur lückenlosen Dokumentation des Entwicklungs- und Produktionsablaufes. Daher soll bei Änderungen festgehalten werden, wer wann was an dem Produktmodell geändert hat, um die Entstehungsgeschichte und die Verantwortung für konstruktive Details zu protokollieren. So wird es also in Produkthaftungsfällen möglich sein, an die benötigten Produktentwicklungsdaten gelangen zu können, wodurch Schadenersatzansprüchen entgegengewirkt werden kann.
- Einsatz zum Zweck der Schulung. Das WMS wäre schließlich noch interessant in Hinsicht auf eine zügige Einarbeitung und bessere Orientierung von neuen, unerfahrenen Mitarbeitern im Unternehmen. So können z.B. auch die in Bezug auf den Umgang mit Methoden und Werkzeugen erfahrenen Mitarbeiter schneller identifiziert und für die entsprechende Unterstützung konsultiert werden.

### 7.3 Ausblick

In diesem Abschnitt werden verschiedene Möglichkeiten zur Optimierung aufgezählt bzw. näher erläutert.

Der softwaretechnisch umgesetzte Prototyp muss dahingehend erweitert werden, dass er eine Plattform bietet, die die Mitarbeiter weiter in den Optimierungsprozess bei der Entwicklung mechatronischer Systeme einbindet, ein Projektmanagement auf Grundlage definierter Prozesse unterstützt, die Sammlung, die Bereitstellung und den Austausch von Zuverlässigkeitsinformationen und -erfahrungen systematisiert sowie Methoden und Instrumente in geeigneter Form bereitstellt. Außerdem ist zusätzlich für eine adäquate Festlegung und wirksame sowie zügige Bearbeitung der Aufgaben ein effizientes Projektmanagement erforderlich, das sowohl die Planung als auch die Steuerung und das Monitoring des Projektfortschritts umfasst. Zur Projektdurchführung ist daher eine Koordination dieser Arbeitsschritte und Unternehmensbereiche erforderlich, vgl. [HNBM99, S. 240]. Im WMS sind daher Funktionalitäten für das Management von Zuverlässigkeitsverbesserungs-Projekten bereitzustellen, mit denen die Planung und die Durchführung von Projekten unterstützt werden sollen, vgl. [HNBM99, S. 243f.]. So bspw. die Verwaltung von Teams und Projekten, die Koordination der Aktivitäten von Teammitgliedern, und Verwaltung von Statusberichten, aktuellen Aufgaben, Planung und Verwaltung von Teambesprechungen mit den Teammitgliedern vor Ort und an anderen Standorten usw. Ferner sind alle während der Bearbeitung erzeugten Informationen dem Projekt zuzuordnen und nachfolgenden Bearbeitern zur Verfügung zu stellen. Hierzu bedarf es einer konsequenten Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit von Ergebnissen und Erkenntnissen während des gesamten Lebenszeitraums. Rückverfolgbarkeit bedeutet in diesem Zusammenhang, dass es zu jeder Zeit innerhalb des definierten Zeitraumes möglich sein muss, frühere Einschätzungen und Erkenntnisse erneut zu betrachten und in ihren jeweiligen Zusammenhängen nachzuvollziehen.

Für diese Arbeit wurde der Schwerpunkt insbesondere an die Anforderungsmodellierung nach der Erfassung der Anforderungen gelegt. Es bleiben dadurch „einige weiße Flecke“, welche noch nicht in die Methodik integriert wurden. Dazu zählen insbesondere die Risikoanalyse bezüglich des Nichterfüllens von Anforderungen unter Berücksichtigung bereits vorhandener Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen und der damit erforderliche Aufbau einer Fehlfunktionsstruktur, in der möglicher Fehler aus den bekannten Funktionen abgeleitet werden können. Um das Auftreten der Fehlerursachen zu minimieren, sind dann entsprechende Änderungen am mechatronischen System vorzunehmen. In diesem

Zusammenhang muss noch geprüft werden in welchem Umfang Umweltdaten mit in das WMS aufzunehmen sind.

In weiterführenden Arbeiten gilt es diese Punkte näher zu untersuchen und in das bestehende Konzept zu integrieren. Des Weiteren sollte ebenfalls in weiterführenden Arbeiten eine noch umfassendere Analyse der bestehenden Ansätze erfolgen, besonders unter dem Gesichtspunkt der Verwendbarkeit einzelner Elemente in einer umfassenden Methodik. Dabei sollten auch internationale Ansätze und aktuelle Forschungsarbeiten berücksichtigt werden.

#### **7.4 Kritische Würdigung**

Es hat sich gezeigt, dass neben den unauffällig aufwendigen Vorbereitungen, die das Erstellen der Bausteine dieser Methodik bedarf, ein enormer Aufwand geleistet werden muss, um die Vernetzung (Beschreibung und Bewertungen) durchzuführen. Dieser Eindruck verstärkt sich vor dem Hintergrund, dass im Vorfeld einige Einschränkungen vorgenommen wurden, die das betrachtete System, bzw. das Ausmaß der Systemstrukturen und der Anforderungsliste, in einem „überschaubaren“ Rahmen hielten.

Entgegen der monodimensionalen Betrachtung wie z.B. bei der QFD verfolgt dieses Konzept als Vertreter des Modellierungswerkzeugs des Systems-Engineering den Ansatz, eine Entwicklungsunterstützung mit Hilfe sogenannter Wirkzusammenhänge, zu generieren. Das besondere Merkmal dieser Vorgehensweise ist die multidimensionale Betrachtung eines Systems.

Die Strukturierung und Vernetzung von Systemstrukturen stellt einen völlig neuen intuitiven Ansatz dar, der darüber hinaus umfangreiche Möglichkeiten eröffnet, insbesondere auch zur Anbindung an andere Methoden. Es bedarf aber gerade hinsichtlich der Handhabung von großen Listen, z.B. zur Bewertung und zur Visualisierung noch geeignete Hilfsmittel bzw. umfangreichen Entwicklungsbedarf. Ebenso muss die Handhabung des gesamten WMS verbessert werden, vor allem sind Berichtsvorlagen (Darstellung der Abhängigkeiten und der entsprechenden Hintergrundinformationen) zu erstellen und der Export der Daten für Formblätter bspw. dem in folgender Abbildung dargestellten DRBFM-Arbeitsblatt einzurichten. Dieses stellt eine Variante der FMEA Methode dar. Für die Spalten (1) und (2) könnten bereits die erforderlichen Daten vervollständigt werden.

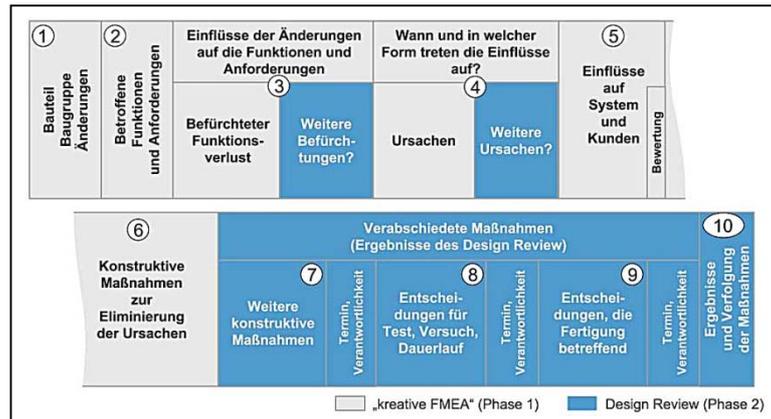


Abb. 7.1: DRBFM- Arbeitsblatt [PfSc07, S. 437]

Um den Datengrab Effekt entgegenzuwirken soll an dieser Stelle noch einmal auf das in Kapitel 4.4.2.6 dargestellten Möglichkeit der verbesserten Navigation durch die gepflegten Daten hingewiesen werden.

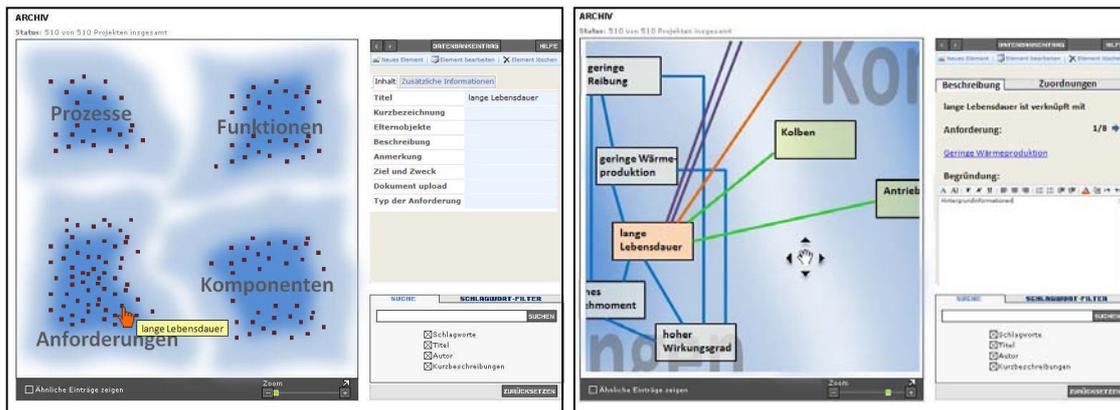


Abb. 7.2: Mock-Up einer möglichen Visualisierung

Auf einer Art Landkarte erhält der Anwender auf der obersten Zoomstufe einen groben Überblick über alle zum Projekt gepflegten Daten und zugehörigen Informationen. Der Anwender soll die Möglichkeiten bekommen sich in die Karte hineinzuzoomen, um sich dadurch die Verknüpfungen zu anderen Informationsobjekten aufzeigen zu lassen. Dadurch könnten disjunkte Gruppen (nicht zugeordnete Elemente) sowie indirekte Beziehungen leichter identifiziert werden.

Der Einsatz weiterer Möglichkeiten optischer Hilfsmittel, wie eine möglichst planare Darstellung, durch Farben separierte Informationsobjekte oder durch Hervorhebung (highlighting) der momentan selektierten Verknüpfung mit Informationsbeschreibungen am rechten Bildschirmrand, sind kaum Grenzen gesetzt. Eine solche Darstellung eines dynamischen semantischen Netzes innerhalb der Bearbeitungszeit der Diplomarbeit zu entwickeln, war nicht mehr zu bewerkstelligen, schließt sich aber direkt im Anschluss an die Diplomarbeit an.

Weiterer Kritikpunkt ist, dass es gibt kaum Messgrößen gibt, anhand derer sich nachweisen ließe, dass das Wissensmanagement in Unternehmen im Laufe der Zeit besser geworden sei und dass sich dadurch der allgemeine Unternehmenserfolg verbessert hat. Ein weiteres Hauptmanko des WMS ist das Fehlen leistungsfähiger Import-/ Exportschnittstellen zu anderen Programmen, insbesondere zu Konstruktionssystemen (CAD) und Qualitätsmanagementsystemen (CAQ), um bereits vorhandene Strukturen verwenden zu können. Eine Schnittstellenbetrachtung dieser Systeme erfolgt ebenfalls erst nach der Diplomarbeit.

## Literaturverzeichnis

- AHMM02 **Abecker, A.; Hinkelmann, K.; Maus, H.; Müller, H.-J.**  
Geschäftsprozessorientiertes Wissensmanagement.  
Berlin: Springer, 2002
- BaSm07 **Bates, S.; Smith, T.**  
SharePoint 2007 User's Guide. Learning Microsoft's Collaboration and  
Productivity Platform. Apress, 2007.
- BeLe99 **Bertsche, B.; Lechner, G.**  
Zuverlässigkeit im Maschinenbau: Ermittlung von Bauteil- und  
System-Zuverlässigkeiten.  
2. Auflage. Berlin: Springer, 1999
- BIR097 **Birolini, A.**  
Zuverlässigkeit von Geräten und Systemen.  
4. Auflage. Berlin: Springer, 1997.
- BODD07 **Ulrich B. Boddenberg**  
Office SharePoint Server 2007 und Windows SharePoint Services 3.0.-  
Das Lösungsbuch für Administratoren und Entwickler  
1. Auflage Galileo Press, 2007.
- BuWP98 **Bullinger, H.-J.; Wörner, K.; Prieto, J.**  
Wissensmanagement: Modelle und Strategien für die Praxis.  
In: Bürgel, H. D. (Hrsg.): Wissensmanagement. Schritte zum  
intelligenten Unternehmen.  
Berlin: Springer, 1998.
- DIN8402 **Deutsches Institut für Normung (Hrsg.)**  
Norm DIN EN ISO 8402 August 1995. Qualitätsmanagement:  
Begriffe. Berlin: Beuth, 1995
- DIN40150 **Deutsches Institut für Normung (Hrsg.)**  
Norm DIN EN ISO 40150 Oktober 1979. Begriffe zur Ordnung von  
Funktions- und Baueinheiten. Berlin: Beuth, 1979
- DIN61508 **Deutsches Institut für Normung (Hrsg.)**  
Norm DIN EN 61508 April 2002. Funktionale Sicherheit  
sicherheitsbezogener elektrischer/ elektronischer/ programmierbarer  
elektronischer Systeme - Begriffe und Abkürzungen.  
Berlin: Beuth, 2002
- DIN9000 **Deutsches Institut für Normung (Hrsg.)**  
DIN EN ISO 9000 Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und  
Begriffe. Berlin: Beuth, Dezember 2000

- GARV88 **Garvin, D. A.**  
Managing Quality: The Strategic and Competitive Edge.  
New York (NY, USA): The Free Press, 1988.
- HANE02 **Hanel, G.**  
Prozessorientiertes Wissensmanagement zur Verbesserung der  
Prozess- und Produktqualität. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 16 Nr. 148,  
VDI Verlag, Düsseldorf, 2002.
- HANN02 **Hannig, U.**  
Knowledge Management + Business Intelligence = Decision Intelligence,  
In: Hannig, U. [Hrsg.]: Knowledge Management und Business.
- HERB00 **Herbst, D.**  
Erfolgsfaktor Wissensmanagement - Wissen als einzigartige Kombination  
von Information und Erfahrung, Systematische Erfassung, Archivierung  
und Verbreitung von Wissen, Instrumente des Wissensmanagements,  
Verlag Cornelsen, Berlin, 2000.
- HECK02 **Heckert, U.**  
Informations- und Kommunikationstechnologie beim Wissensmanagement  
- Gestaltungsmodell für die industrielle Produktentwicklung; Deutscher  
Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2002.
- HNBM99 **Haberfellner, R.; Nagel, P.; Becker, M.; Büchel, A.; von Massow, H.**  
Systems Engineering: Methodik und Praxis.  
10. Auflage. Zürich: Verlag Industrielle Organisation, 1999.
- KrIcNo00 **Von Krogh, G.; Ichijo, K.; Nonaka, I.**  
Enabling Knowledge Creation - How to Unlock the Mystery of Tacit  
Knowledge and Release the Power of Innovation; Oxford  
University Press, New York, USA, 2000.
- LIND04 **Lindemann, U.**  
Methodische Entwicklung technischer Produkte.  
Springer Berlin Heidelberg, 2004.
- LIND08 **Lindemann, U.**  
Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte.  
Springer Berlin Heidelberg, 2008.
- MAIE02 **Maier, R.**  
Knowledge Management Systems - Information and Communication  
Technologies for Knowledge Management.  
Springer Verlag, Berlin et al., 2002.

- MHV03 **Mertins, K.; Heisig, P.; Vorbeck, J.**  
Knowledge Management - Concepts and Best Practices.  
2nd edition, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2003.
- MSPre08 **o. V.**  
SharePoint & Co. - Technologien und Tools im Teamwork.  
Microsoft Press Deutschland, Mindbusiness, Hansevision, 2008.
- NORT05 **North, K.**  
Wissensorientierte Unternehmensführung - Wertschöpfung durch Wissen.  
4. aktualisierte und erweiterte Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden, 2005.
- PFEI96a **Pfeifer, T.**  
Qualitätsmanagement: Strategien, Methoden, Techniken.  
2. Auflage. München: Hanser, 1996.
- PFEI96b **Pfeifer, T.**  
Praxishandbuch Qualitätsmanagement.  
München: Hanser, 1996.
- PFEI96c **Pfeifer, T.**  
Wissensbasierte Systeme in der Qualitätssicherung.  
Berlin: Springer, 1996.
- PfSc07 **Pfeifer, T.; Schmitt, R.**  
Masing - Handbuch Qualitätsmanagement.  
5. Auflage, München: Hanser, 2007.
- PrRR03 **Probst, G.; Raub, S.; Romhardt, K.**  
Wissen Managen - Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen.  
4. überarbeitete Auflage, Betriebswirtschaftlicher Verlag Gabler, Wiesbaden, 2003.
- RIEM04 **Riempp, G.**  
Integrierte Wissensmanagement-Systeme - Architektur und praktische Anwendung. Berlin: Springer, 2004.
- RoRo06 **Robertson, S.; Robertson, J.**  
Mastering the Requirements Process. Addison-Wesley Professional, Boston, Massachusetts 2nd Edition 2006
- SCHE02 **Scheer, A.-W.**  
ARIS - Vom Geschäftsprozess zum Anwendungssystem,  
4. durchgesehene Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg et al., 2002,

- ScStPe04 **Schnauffer, H.-G.; Stieler-Lorenz, B.; Peters, S.**  
Wissen vernetzen - Wissensmanagement in der Produktentwicklung  
Berlin: Springer, 1998.
- SoKo98 **Sommerville, I.; Kotonya, G.**  
Requirements Engineering. Processes and Techniques.  
New York: John Wiley & Sons. 1998
- ScTa96 **Schmidt, G.; Tautenhahn, F.**  
Qualitätsmanagement - Eine projektorientierte Einführung.  
2. Auflage. Braunschweig: Vieweg, 1996.
- SpKr97 **Spur, G.; Krause, F.-L.**  
Das virtuelle Produkt - Management der CADTechnik,  
Carl Hanser Verlag, München Wien, 1997.
- StHa99 **Stahlknecht, P.; Hasenkamp, U.**  
Einführung in die Wirtschaftsinformatik.  
9. Auflage. Berlin: Springer, 1999.
- STEW98 **Stewert, A.**  
Der vierte Produktionsfaktor - Wachstum und Wettbewerbsvorteile durch  
Wissensmanagement.  
1. Auflage. München: Hanser, 1998.
- TrWi96 **Triebe, J.; Wittstock, M.**  
Anforderungskatalog für Softwareentwicklung - Auswahl und  
Anwendung,  
Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Wirtschaftsverlag NW, Verlag für  
neue Wissenschaft GmbH, Bremerhaven, 1996.
- VDA84 **o. V. Verband der Automobilindustrie (Hrsg.)**  
Richtlinie VDA 3. Zuverlässigkeitssicherung bei Automobilherstellern und  
Lieferanten.  
2. Auflage. Frankfurt am Main: VDA, 1984
- VDA96 **o. V. Verband der Automobilindustrie (Hrsg.)**  
Richtlinie VDA 4 Teil 2. Sicherung der Qualität vor Serieneinsatz:  
System-FMEA.  
Frankfurt am Main: VDA, 1996
- VDI4003a **o. V. Verein deutscher Ingenieure (Hrsg.)**  
Richtlinie VDI 4003 Blatt 1 Dezember 1985. Anwendung zuverlässig-  
keitsbezogener Programme. Berlin: Beuth, 1985
- VDI4003b **o. V. Verein deutscher Ingenieure (Hrsg.)**  
Richtlinie VDI 4003 Blatt 2 Mai 1986. Allgemeine Forderungen an ein  
Sicherungsprogramm, Funktionszuverlässigkeit. Berlin: Beuth, 1986.

- VDI4007a **o. V. Verein deutscher Ingenieure (Hrsg.)**  
Richtlinie VDI 4007 Blatt 2 Januar 1981. Organisation und Zusammenarbeit der Zuverlässigkeitssicherungsstellen von der Planung bis zur Erstellung des Systems/Produkts.  
Berlin: Beuth, 1981
- VDI4007b **o. V. Verein deutscher Ingenieure (Hrsg.)**  
Richtlinie VDI 4007 Blatt 3 April 1991. Zuverlässigkeitsmanagement in der Verwendungsphase: Voraussetzungen, beteiligte Stellen und deren Funktionen, Zusammenarbeit und Organisation.  
Berlin: Beuth, 1991.
- VDI4010 **o. V. Verein deutscher Ingenieure (Hrsg.)**  
Richtlinie VDI 4010 Blatt 3 März 1997. Planung eines Zuverlässigkeits-Daten-Systems (ZDS).  
Berlin: Beuth, 1997.
- VDI2206 **o. V. Verein deutscher Ingenieure (Hrsg.)**  
Richtlinie VDI 2206. Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme; Ausschuss Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme (Hrsg.);  
Berlin: Beuth, 2004.
- VDI2221 **o. V. Verein deutscher Ingenieure (Hrsg.)**  
VDI-Richtlinie 2221. Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte, Hrsg.: Verein Deutscher Ingenieure, Beuth Verlag, Berlin, Ausgabedatum: Mai 1993.
- VDI2422 **o. V. Verein deutscher Ingenieure (Hrsg.)**  
Richtlinie VDI 2422. Entwicklungsmethodik für Geräte mit Steuerung durch Mikroelektronik; Ausschuss Entwicklungsmethodik (Hrsg.); Berlin: Beuth, 1994.
- VDI2223 **o. V. Verein deutscher Ingenieure (Hrsg.)**  
VDI-Richtlinie 2223: Methodisches Entwerfen technischer Produkte, Hrsg.: Verein Deutscher Ingenieure, Beuth Verlag, Berlin, Ausgabedatum: Januar 2004.
- VOSS99 **Vossmann, D.**  
Wissensmanagement in der Produktentwicklung durch Qualitätsmethodenverbund und Qualitätsmethodenintegration. Forschungsberichte aus dem Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik, Band 90 (Hrsg.: Prof. Dr.-Ing. H. Weule).
- WOLL94 **Woll, R.**  
Informationsrückführung zur Optimierung der Produktentwicklung. München: Hanser, 1994.
- ZÜST99 **Züst, R.**  
Systems Engineering: kurz und bündig. Zürich: Verlag Industrielle Organisation, 1999.

*Internet-Adressen***HART01 Hartmann, A.; Zimmermann, B.**

Verknüpfung der Qualitätsmanagement-Methoden QFD und FMEA.

unter: [http://www.qfd-id.de/qfd\\_forum/artikel/qfd\\_fmea\\_prn.html](http://www.qfd-id.de/qfd_forum/artikel/qfd_fmea_prn.html),

QFD-Forum, Organ des QFD Instituts Deutschland, 18.November 2008.

**INCO06 International Council on Systems Engineering**

A Consensus of the INCOSE Fellows.

unter: <http://www.incose.org/practice/fellowsconsensus.aspx>,

18. November 2008.

## Anhang

### Inhalt der beiliegenden CD

Der Diplomarbeit ist eine CD beigelegt, die folgenden Inhalt hat:

| Verzeichnis / Datei | Kurzbeschreibung  |
|---------------------|---|
| ./Diplomarbeit      | Die Diplomarbeit in den Formaten: *.docx, *.doc und *.pdf.  |
| ./Quellcode         | Der Quellcode der SharePoint Lösung bzw. der einzelnen WebParts (vgl. Anhang B).                    |
| ./Installation      | Ein vollständiges Backup der Website-Sammlung zur Installation auf einem anderen SharePoint Server. |

### Abbildungen

Der Anhang enthält Bildschirmfotos zur Visualisierung der MS SharePoint Umsetzung. Die Bilder zeigen das entwickelte WMS im MS Windows Internet Explorer 7.

|   |     |
|---|-----|
| Abbildung 1: Bausteine des Wissensmanagements nach [PrRR03, S.58] .....   | 124 |
| Abbildung 2: Zusätzliche programmierte Webparts .....   | 128 |
| Abbildung 3: Startseite des mit SharePoint umgesetzten WMS .....  | 129 |
| Abbildung 4: Navigationsleiste des WMS .....  | 130 |
| Abbildung 5: Liste Ablauforganisation (AllItems.aspx) .....   | 132 |
| Abbildung 6: DispForm des Elements Entwicklung aus der Liste Ablauforganisation (vor der Modellierung) .....        | 133 |
| Abbildung 7: Modellierung eines Entwicklungsprozesses.....  | 133 |
| Abbildung 8: DispForm des Elements Entwicklung aus der Liste Ablauforganisation (nach der Modellierung) .....       | 134 |
| Abbildung 9: EditForm des Elements Entwicklung aus der Liste Ablauforganisation.                                    | 136 |
| Abbildung 10: Die Liste Aufbauorganisation (AllItems.aspx) .....  | 137 |
| Abbildung 11: DispForm des Elements Geschäftsführung aus der Liste Aufbauorganisation (nach der Modellierung) ..... | 138 |
| Abbildung 12: Modellierung eines Organigramms; Liste Aufbauorganisation .....                                       | 139 |

|  |     |
|--|-----|
| Abbildung 13: Liste Personal .....   | 140 |
| Abbildung 14: NewForm der Liste Personal .....   | 141 |
| Abbildung 15: Beispiel Element aus Liste Personal .....  | 142 |
| Abbildung 16: Liste Kategorien der Anforderungen.....  | 143 |
| Abbildung 17: Liste Quellen der Anforderungen.....   | 143 |
| Abbildung 18: Spalte erstellen in der Liste Anforderungen.....   | 144 |
| Abbildung 19: Liste Anforderungen; vor einer Zuordnung .....   | 144 |
| Abbildung 20: Auszug aus der NewForm/ EditForm eines Elements der Liste<br>Anforderungen .....               | 145 |
| Abbildung 21: Liste Anforderungen; nach einer Zuordnung .....  | 145 |
| Abbildung 22: Inhaltstypen der Liste Komponenten .....   | 146 |
| Abbildung 24: Nachschlagefeld QM-Methoden .....  | 147 |
| Abbildung 23: Liste QM-Methoden .....  | 147 |
| Abbildung 25: Liste Dokumente und Aufzeichnungen.....  | 148 |
| Abbildung 26: Listenfunktionen in Liste Dokumente und Aufzeichnungen .....                                   | 148 |
| Abbildung 27: Dokumentenbibliothek als Speicherort in MS Office Anwendung.....                               | 149 |
| Abbildung 28: Referenzieren eines Dokuments; Auszug aus der NewForm/ EditForm<br>eines Elements .....        | 149 |
| Abbildung 29: Anfügen eines Dokuments; Auszug aus der NewForm/ EditForm eines<br>Elements .....              | 149 |
| Abbildung 30: AllItems der Liste Anforderungen .....   | 150 |
| Abbildung 31: Anforderungsliste, vor der Zuordnung.....  | 151 |
| Abbildung 32: Komponentenliste, vor der Zuordnung .....  | 151 |
| Abbildung 33: Auszug aus der EditForm für das Element „lange Lebensdauer“ in der<br>Liste Anforderungen..... | 151 |
| Abbildung 34: Anforderungsliste, nach der Zuordnung.....   | 152 |
| Abbildung 35: Komponentenliste, nach der Zuordnung .....   | 152 |
| Abbildung 36: Liste Anforderungen, nach der Zuordnung.....   | 153 |
| Abbildung 37: Liste Komponenten, nach der Zuordnung.....   | 153 |
| Abbildung 38: Verknüpfungsablauf .....   | 153 |
| Abbildung 39: Die zwei Verweise .....  | 154 |
| Abbildung 40: DispForm des Elements „lange Lebensdauer“ in der Liste<br>Anforderungen.....                   | 154 |
| Abbildung 41: EditForm des Elements „lange Lebensdauer“ in der Verknüpfungsliste                             | 155 |
| Abbildung 42: Liste Risiken.....   | 155 |
| Abbildung 43: DispForm der Liste Anforderungen .....   | 156 |
| Abbildung 44: Liste Anforderungen; Ansicht Anforderungsmanagement .....                                      | 157 |

|  |     |
|--|-----|
| Abbildung 45: DispForm Liste Anforderungen ..... | 157 |
| Abbildung 46: Diskussionsrunde (1).....          | 158 |
| Abbildung 47: Diskussionsrunde (2).....          | 158 |
| Abbildung 48: Ankündigungen (1) .....            | 159 |
| Abbildung 49: Ankündigungen (2) .....            | 159 |
| Abbildung 50: Problemverfolgung.....             | 160 |
| Abbildung 51: Umfrage (1) .....                  | 160 |
| Abbildung 52: Umfrage (2) .....                  | 161 |
| Abbildung 53: Umfrage (3) .....                  | 161 |
| Abbildung 54: Wiki-Bibliothek (1) .....          | 161 |
| Abbildung 55: Wiki-Bibliothek (2) .....          | 162 |
| Abbildung 56: Wissensdatenbank (2) .....         | 163 |

## A Wissenslebenszyklus nach Probst

Nachdem im Kapitel 2.1.3 ein erstes Verständnis des Wissensmanagement Begriffs geschaffen wurde, widmet sich dieses Kapitel einem verbreiteten theoretischen Modell und den entsprechenden Vorgehensweisen, die im Rahmen des Wissensmanagements zum Einsatz kommen.

Aufgrund des interdisziplinären Charakters des Wissensmanagements haben sich im Laufe der Zeit zahlreiche Modelle und Variationen derselben entwickelt, die sich hauptsächlich in dem Grad ihrer Ausrichtung auf jedes der drei zentralen "Standbeine" des Wissensmanagements, Informationstechnik (IT), Organisation und Mensch, unterscheiden. Es ist jedoch eine gesunde Mischung aus diesen drei Elementen gefragt, um ein erfolgreiches Wissensmanagement betreiben zu können, vgl. [Nort05].

Das sicherlich populärste Wissensmanagement-Modell im europäischen Raum ist das Modell nach Probst/Raub/Romhardt, welches zur Beschreibung von Wissensmanagement-Aktivitäten auf acht verschiedene Elemente zu rückgreift (Abbildung 1). Ein weiteres Modell, bekannt als SECI-Modell oder Wissensspirale nach Nonaka, verkörpert die Sichtweise der ostasiatischen WM-Experten<sup>52</sup>.

Beiden Modellen ist gemeinsam, dass es sich um keine theoretisch entwickelten, sondern um rein pragmatische Ansätze für WM handelt, welche auf Grund von jahrelangen Beobachtungen und Analysen der WM-orientierten Aktivitäten in sowie Kooperationen mit einer Vielzahl produzierender und Dienstleistungsunternehmen entstanden sind.

Dieser Diplomarbeit wird das o.g. WM-Paradigma nach Probst/Raub/Romhardt zugrunde gelegt, welches im Folgenden in komprimierter Form vorgestellt wird, wobei [PrRR03] als Hauptquelle der Beschreibung dient und zum Zweck der besseren Lesbarkeit des Textes nicht mehrfach wiederholt zitiert wird. Für eine ausführliche Erläuterung des Modells wird der interessierte Leser wird an dieser Stelle auf die entsprechende Fachliteratur (siehe PrRR03) verwiesen.

Insgesamt werden acht so genannte Bausteine des Wissensmanagements, sechs operative und zwei strategische bzw. normative, identifiziert. Diese sind in Abbildung 1 in der Form eines Wissenslebenszyklus (WLZ) bzw. Wissenskreislaufes dargestellt. Die Gesamtstruktur des Konzeptes lehnt sich offensichtlich an den Gedanken eines klassischen Managementkreislaufes an, im Wesentlichen bestehend aus Zielsetzung, Planung, Umsetzung und Kontrolle.

---

<sup>52</sup> Nonaka, I.; Nishiguchi, T.; Takeuchi, H.

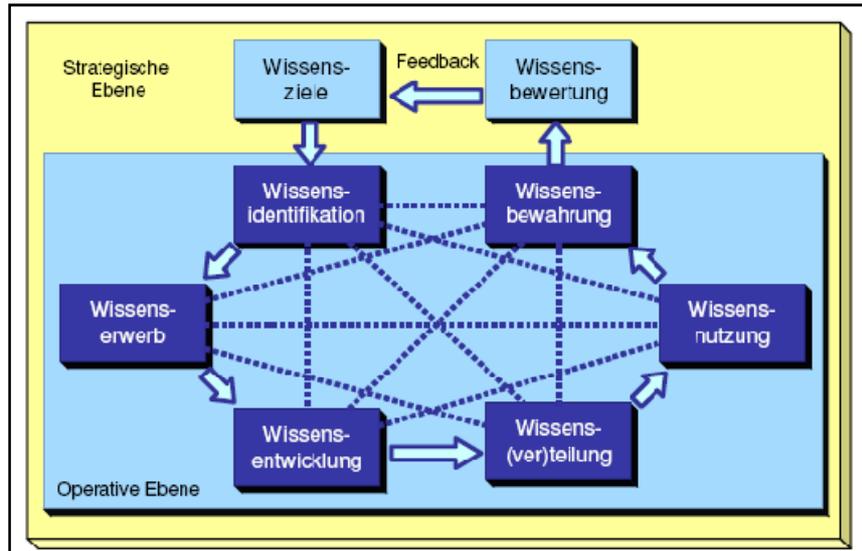


Abbildung 1: Bausteine des Wissensmanagements nach [PrRR03, S.58]

Wie der Grafik zu entnehmen ist, stehen die sechs operativen Elemente jeweils miteinander in Verbindung. Probst/Raub/Romhardt haben bewusst diese Form gewählt, da seiner Meinung nach die Reihenfolge, in der die Aktivitäten durchgeführt werden, vom jeweiligen Anwendungsfall abhängen.

### **(Festlegung der) Wissensziele**

Durch die Festlegung von Wissenszielen in der Unternehmensstrategie soll ein orientierender und koordinierender Rahmen geschaffen und den Aktivitäten des WM eine Richtung gegeben werden. Probst/Raub/Romhardt unterscheiden dabei zwischen strategischen, normativen und operativen Wissenszielen.

### **Wissensbewertung**

Im Rahmen der Wissensbewertung wird der Grad der Erreichung der gesetzten normativen, strategischen und operativen Ziele beurteilt. Allerdings weisen Probst/Raub/Romhardt darauf hin, dass aufgrund der schwer handhabbaren Natur des Wissens keine eindeutigen Messverfahren bestehen, die den Anteil des WM am Unternehmenserfolg bestimmen können.

### **Wissensidentifikation**

Im Rahmen dieses ersten operativen Wissensbausteines ist die Schaffung von interner und externer Wissenstransparenz über das vorhandene Wissen angestrebt. Dazu muss das Wissensumfeld des Unternehmens auf den unterschiedlichen Ebenen analysiert und beschrieben werden, wodurch ein Überblick über interne und externe Daten-,

Informations- und Wissensbeständen, eine Art "Wissensinventar", sichergestellt wird. Zudem wird in dieser WLZ-Phase durch Identifikation der relevanten Wissensressourcen Unterstützung für die Suchaktivitäten der Mitarbeiter gewährt, bspw. durch sogenannte Wissenslandkarten, Expertenverzeichnissen, Lessons-Learned-Datenbanken oder Intranet-Wissensportalen. Darüberhinaus ist aus der gegebenen Daten- und Informationsflut anhand eines Filterungsprozesses das Nützliche zu selektieren.

### **Wissenserwerb**

Hat man das Wissen bzw. seine Quelle identifiziert, so folgt unmittelbar die Wissensakquisition bzw. der Wissenserwerb. Dabei ist die Art des Wissens ein wesentlicher Einflussfaktor. Handelt es sich um unternehmens- bzw. abteilungsintern vorhandenes Wissen, so ist oft ein schneller Zugriff möglich, besonders wenn es in expliziter Form als Information in einem Dokument oder einer Datenbank abgelegt wurde. Ist dagegen der Träger dieses Wissens eine Person, so muss sie kontaktiert werden, und es wird ein sog. Humantransfer stattfinden müssen. Kann kein unmittelbarer Kontakt aufgebaut werden, so sind der Einsatz von IT-Werkzeugen und der Umweg über Informationen und Daten erforderlich.

### **Wissensentwicklung**

Die Wissensentwicklung beschäftigt sich mit der Frage, wie neue Fähigkeiten, Produkte, Ideen oder leistungsfähigere Prozesse entwickelt werden können. Wenn also festgestellt wurden ist, dass die eigene organisationale Wissensbasis den Wissensbedarf nicht abdecken kann und ein Wissensimport nicht in Frage kommt, so muss das erforderliche Wissen aus eigener Kraft entwickelt werden. Des Weiteren kann innerhalb der Entwicklungsabteilung und ggf. der Forschungsabteilung auf Basis bereits intern oder extern vorhandenen Wissens neues Wissen generiert werden. Dies ermöglichen die Auswertung von Literatur- und Internetrecherchen oder die Entwicklung neuer Methoden und Techniken sowie eine etwas praxisorientiertere Annäherung durch Experimente und Versuche. Nicht selten wird in der Praxis eigenes Wissen aufgebaut, indem so genanntes "Reverse-Engineering" der Konkurrenzprodukte getrieben wird. Besonders förderlich bei dem Aufbau neuen Wissens kann sich auch ein systematisches Ideenmanagement auswirken. Oftmals besteht der Bedarf einer kurzfristigen Wissensentwicklung, z.B. zur Aufgaben- und Problemlösung. Hierbei sind zahlreiche sog. Kreativitätsmethoden etabliert, wie z.B. Brainstorming, Brainwriting oder Szenario Technik, auf die jedoch in diesem Dokument nicht weiter eingegangen wird.

### **Wissens(ver)teilung**

Die Wissens(ver-)teilung ist nach Probst/Raub/Romhardt eine zwingende Voraussetzung, um isoliert vorhandene Informationen oder Erfahrungen für die gesamte Organisation nutzbar zu machen. Hierbei ist der Übergang von Wissensbeständen von der individuellen auf die Gruppen- und Organisationsebene zu analysieren und auszulegen und stellt damit eine der wichtigsten Tätigkeiten im Wissensmanagement dar. Ferner beschreiben Probst/Raub/Romhardt zwei verschiedene Möglichkeiten zur Wissensverteilung, nämlich entweder das Wissen unaufgefordert an jede Zielperson zu leiten (Push-Prinzip, passive Verteilung) oder das Wissen bei Bedarf selbstständig von der Wissensquelle abrufen zu lassen (Pull-Prinzip, aktive Verteilung). In der Praxis soll sich im Rahmen eines WM-Systems eine optimale Mischung beider Prinzipien ergeben, um ihre Vorteile kombinieren zu können.

### **Wissensnutzung**

Die Wissensnutzung stellt das eigentliche Ziel und den Zweck des Wissensmanagements dar. Hier kommt das erworbene oder entwickelte Wissen zum produktiven Einsatz, indem es den Prozess der Aufgaben- und Problemlösung, z.B. im Rahmen der Produktentwicklung, unterstützt. Daher wird diese WLZ-Phase auch als Implementierungsphase bezeichnet, um die Umwandlung des Wissens in konkrete Resultate zu betonen. Eine wichtige Voraussetzung für eine effiziente Wissensverwendung ist die richtige Wahl der Wissenspräsentation, d.h. der Art der Wissensdarstellung, sodass die Aufnahme und Internalisierung des Wissens auf der Seite des Empfängers gefördert werden. Dazu besteht eine Vielfalt bislang entwickelter Visualisierungstechniken für Daten, Informationen und Wissen, auf welche später näher eingegangen wird.

### **Wissensbewahrung**

Als letzten fehlenden Schritt der operativen Ebene nennen Probst/Raub/Romhardt die Wissensbewahrung. Dies macht vor dem Hintergrund Sinn, dass einmal erworbene Fähigkeiten naturgemäß nicht automatisch für die Zukunft zur Verfügung stehen, sondern systematisch bewahrt werden müssen. Vorrangig richten sich diese WM-Bestrebungen auf die materiellen Wissensträger, besonders digitale Dokumente (unstrukturiert) und Datenbanken (strukturiert), welche preisgünstig, beliebig erweiterbar, leicht handhabbar und nicht von Fluktuation betroffen sein sollten. Je nach Art und Umfang des zu bewahrenden Wissens ist stets eine geeignete Repräsentation desselben zu wählen. Als wichtige Beispiele sind Protokolle, Berichte, Referenzmodelle, Workflows, Checklisten, Best-Practices, Lessons-Learned

Datenbanken, Wissenslandkarten, Gelbe Seiten für Experten und Regelwerke in Expertensystemen zu nennen. Diese systematische Bewahrung setzt Managementanstrengungen voraus, die die Prozesse der Selektion des Bewahrungswürdigen, die angemessene Speicherung und die regelmäßige Aktualisierung bewusst gestalten. Es soll nicht nur neues Wissen den vorhandenen Wissensbestand ergänzen, sondern es soll auch bereits veraltetes oder nicht mehr kompatibles Wissen aus der organisationalen Wissensbasis entfernt werden, um das WMS nicht unnötig zu belasten.

Des Weiteren gehen Probst/Raub/Romhardt ausführlich auf die Thematik der Wissensbarrieren<sup>53</sup> von Wissensmanagementaktivitäten ein. Anschließend werden Maßnahmen zur Vermeidung bzw. zum Abbau dieser Wissensbarrieren, bspw. durch Motivation für WM durch Anreizsysteme, dargelegt. Diese Aspekte finden keine Betrachtung innerhalb der Diplomarbeit.

---

<sup>53</sup> Faktoren "Zeitmangel" und "Fehlendes Bewusstsein"

## B WMS SharePoint WebParts

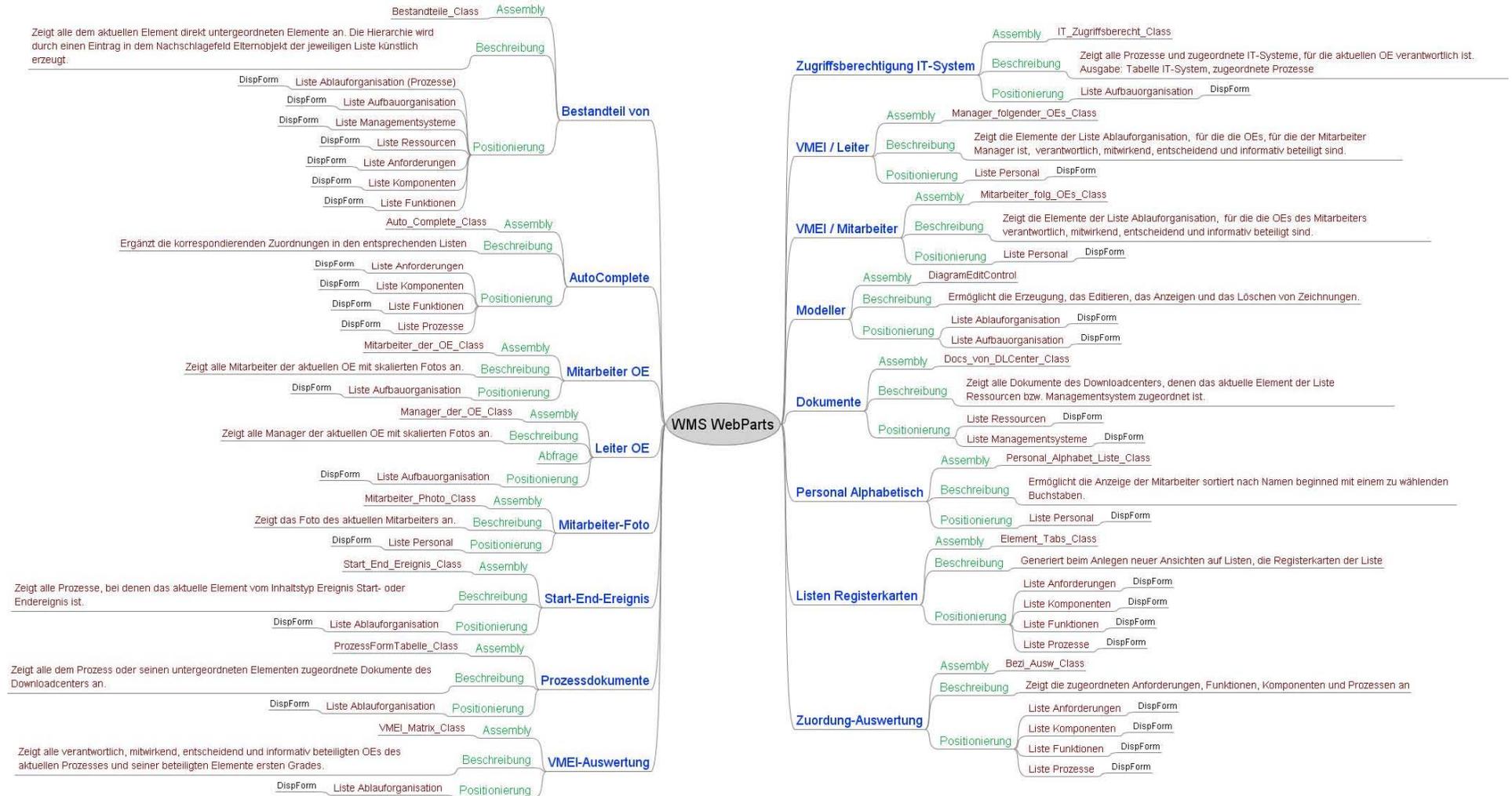


Abbildung 2: Zusätzliche programmierte Webparts

## C Demonstration des WMS

Dieses Kapitel hat nicht den Anspruch eine vollständige Anleitung zur Bedienung des WMS dazustellen<sup>54</sup>, sondern es sollen nur punktuell Eindrücke über die Funktionalität sowie Handhabbarkeit des WMS aufgezeigt werden. Die einzelnen Abbildungen in den Abschnitten sind sequenziell angeordnet und zeigen damit, wie bestimmte für relevant befundene Vorgänge ablaufen könnten.

**Suchfeld:**  
ermöglicht die Suche nach eingepflegten Inhalten

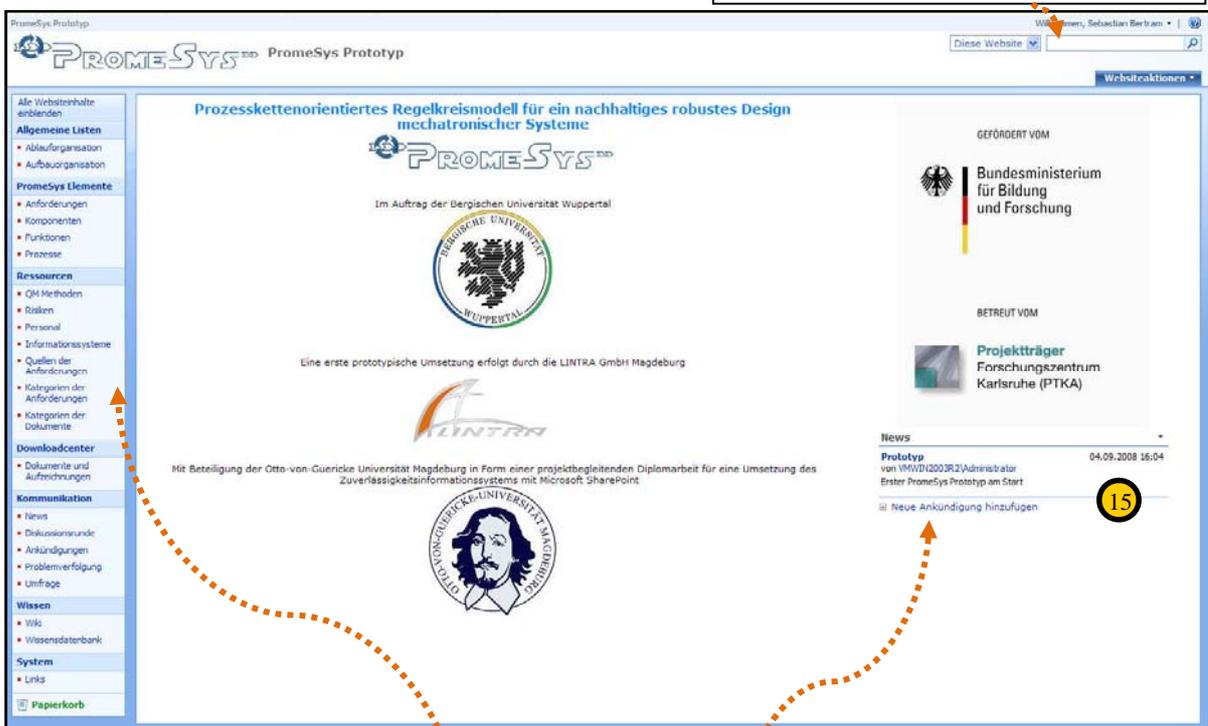


Abbildung 3: Startseite des mit SharePoint umgesetzten WMS

**Navigationsleiste:**  
In der Navigationsleiste befinden sich alle wichtigen Menüpunkte, um zu den Prozessen, Dokumenten, Informationen und Beschreibungen zu gelangen.

**News:**  
Aktuelle Mitteilungen, Eingaben und Informationen werden hier dargestellt und können von hier aus angesteuert werden.

Für eine bessere Übersichtlichkeit wurden die einzelnen Menüpunkte durchnummeriert und in den nun folgenden Abschnitten erläutert.

<sup>54</sup> Eine vollständige Dokumentation der SharePoint Funktionalitäten würde den Rahmen der Diplomarbeit bzw. des Anhangs bei Weitem sprengen.

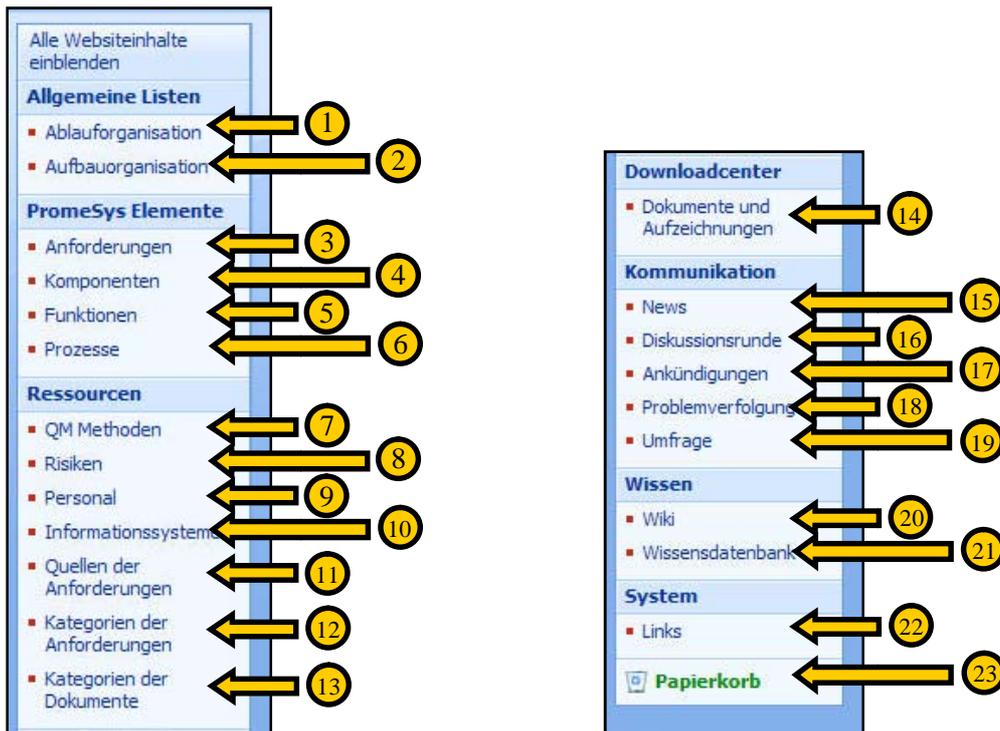


Abbildung 4: Navigationsleiste des WMS

## Allgemeine Hinweise



Bedeutet, dass eine Funktion ausgelöst wurde, auf die sich die folgenden Abbildungen beziehen.



Bedeutet, dass Einträge oder Elemente aufgrund der vorher betätigten Funktion erstellt oder geändert wurden.

## Grundlagen

Die SharePoint Listen sind vergleichbar mit relationalen Datenbanktabellen. Elemente in den Listen können bearbeitet, mit anderen Listen(elementen) in Beziehung gesetzt und weiterverwendet werden. Die Spalten, die in einer Liste definiert werden und der Erläuterung, Klassifikation und Verwaltung der Elemente anhand zusätzlicher Informationen dienen, werden automatisch als Formularfelder in der NewForm sowie EditForm und als Datenansicht in der DispForm angezeigt.

Jede angelegte Liste besteht aus 4 Webseiten:

AllItems.aspx: Webseite in der alle Elemente in einer übersichtlichen Listendarstellung dargestellt werden. Es können Ansichten auf die Daten generiert werden, u.a. Sortierungen oder Filter gesetzt werden

- NewForm.aspx: stellt eine Sammlung leerer Formularfelder, basierend auf die angelegten Spalten, zum Anlegen neuer Elemente dar
- EditForm.aspx: Aufbau wie die NewForm.aspx; bereits eingepflegte Inhalte werden angezeigt und können weiterbearbeitet werden
- DispForm.aspx: Zum Anzeigen aller eingepflegten Informationen des aktuellen Elements. Auf dieser Webseite werden i.d.R. die sogenannten WebParts (zusätzlich entwickelte Funktionalitäten, Datenansichten, Darstellungen usw.) integriert.

## 1 Modellieren der Ablauforganisation

Die Ablauforganisation umfasst alles was ein Unternehmen "tut". Die Modellierung kann zum einen auf textuellem Weg oder andererseits rein grafisch erfolgen. Textuell modellierte Prozesse können sehr einfach automatisiert in BPMN-Zeichnungen überführt werden. In dieser Demonstration wird jedoch einzig die grafische Modellierung betrachtet. Um die Ablauforganisation zu modellieren, muss zunächst der Punkt "Ablauforganisation" in der Schnellstartleiste gewählt werden.

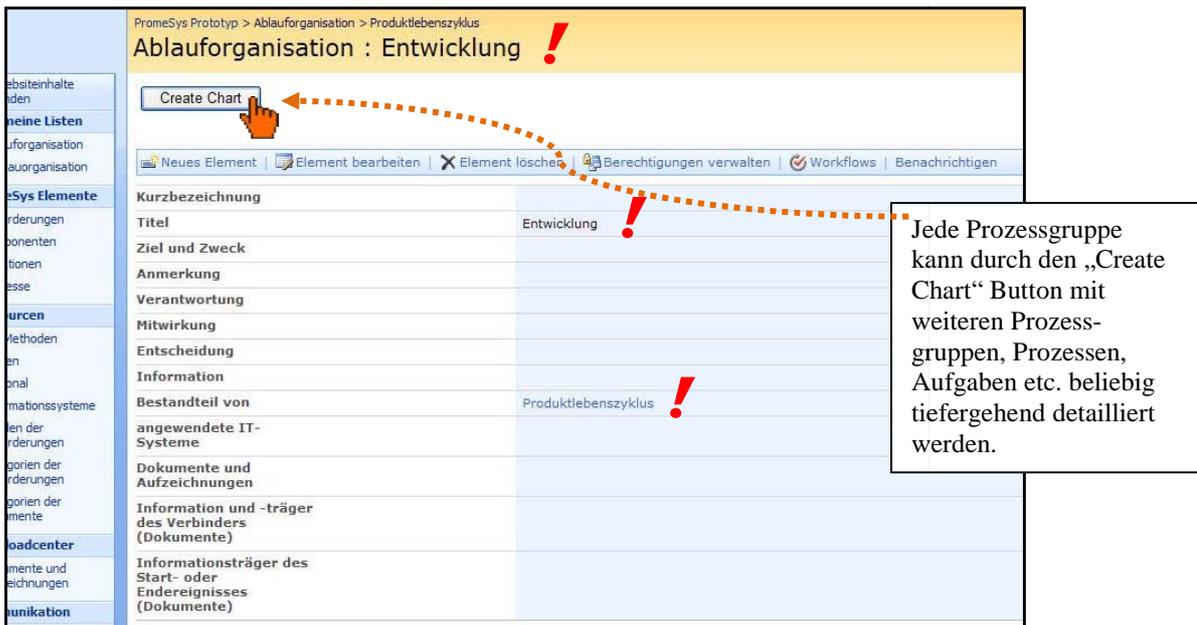
Visio Diagramm wird über Visio Viewer im MS Internet Browser angezeigt und über ein spezielles Plug-In bearbeitbar.

Jedes graphisch modellierte Element verweist per Hyperlink auf seinen entsprechenden Listeneintrag (aktuelle Liste = Ablauforganisation; aktuelles Element = Produktlebenszyklus). Bei Auswahl der PLZ Phase Entwicklung wird das die entsprechende Listenelement geladen. (siehe nächste Abbildung)

Abbildung 5: Liste Ablauforganisation (AllItems.aspx)

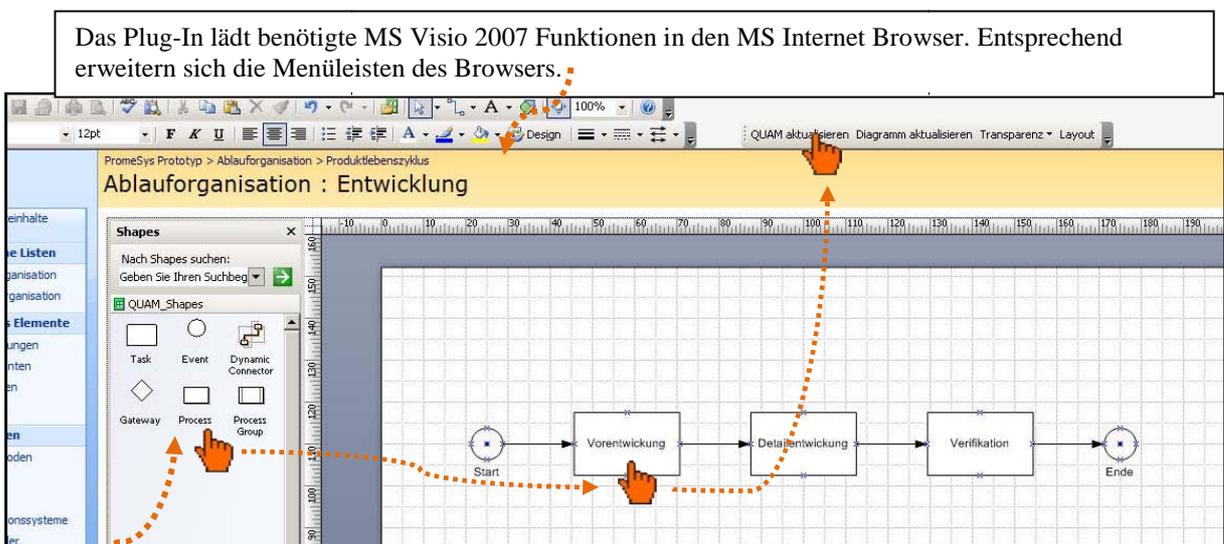
Die Liste Ablauforganisation wurde gefiltert und zeigt nur Elemente die kein Elternobjekt haben.

Der Produktlebenszyklus (nach VDI 4003) gilt als Ausgangspunkt der Prozessmodellierung und bildet die oberste Prozessgruppe. Jede hier dargestellte PLZ Phase stellt eine Prozessgruppe dar, der wiederum weitere Prozessgruppen zugeordnet werden können.



**Abbildung 6:** DispForm des Elements Entwicklung aus der Liste Ablauforganisation (vor der Modellierung)

Die Modellierung der Ablauforganisation erfolgt mit Hilfe der Business Process Modeling Notation (BPMN). Ein Prozess<sup>55</sup> besteht aus Ereignissen, Aufgaben, Entscheidungen und Beziehungen. Zur Modellierung wird MS Visio 2007 sowie ein MS Internet Browser Plug-In benötigt, welches die LINTRA GmbH Magdeburg entwickelt hat.



**Abbildung 7:** Modellierung eines Entwicklungsprozesses

BPMN Visio Shapes können per Drag und Drop in das MS Visio 2007 Zeichenblatt gezogen werden. Ein Bestätigen des Aktualisierungsbuttons veranlasst das System die modellierten Elemente als Listenelemente in der Liste Ablauforganisation abzuspeichern. Zur Prozessbeschreibung können folgende Elemente verwendet werden: Prozessgruppen, Prozesse, Aufgaben, Ereignisse, Verzweigungen (AND, OR, XAND, NOR) sowie Verbindungselemente.

<sup>55</sup> Ein Prozess ist eine sinnvolle Sequenz von Aktivitäten zur Erfüllung eines definierten Prozesszieles.

The screenshot displays the 'Ablauforganisation : Entwicklung' (Process Organization: Development) interface. At the top, a process flow diagram shows a sequence: Start (circle) → Vorentwicklung (rectangle) → Detailentwicklung (rectangle) → Verifikation (rectangle) → Ende (circle). Below this is a toolbar with 'Edit Chart' and 'Delete Chart' buttons. A main menu bar includes options like 'Neues Element', 'Element bearbeiten', and 'Element löschen'. The central area is a form for editing the 'Entwicklung' element, with fields for 'Titel', 'Ziel und Zweck', 'Anmerkung', 'Verantwortung', 'Mitwirkung', 'Entscheidung', 'Information', 'Bestandteil von', 'angewendete IT-Systeme', 'Dokumente und Aufzeichnungen', 'Informationsträger des Start- oder Endereignisses', and 'Anlagen'. Below the form is a table of components (Bestandteile) for the element.

**gerade graphisch modelliertes Prozessmodell für das Element „Entwicklung“.**

**Elementbeschreibung des Elements „Entwicklung“.**

| Bestandteile: | Kurzbezeichnung | Titel                              | Inhaltstyp     |
|---------------|-----------------|------------------------------------|----------------|
|               | 25              | Detailentwicklung-->Verifikation   | Beziehung BPMN |
|               |                 | Start-->Vorentwicklung             | Beziehung BPMN |
|               |                 | Verifikation-->Ende                | Beziehung BPMN |
|               |                 | Vorentwicklung-->Detailentwicklung | Beziehung BPMN |
|               |                 | Detailentwicklung                  | Prozess        |
|               |                 | Verifikation                       | Prozess        |
|               |                 | Vorentwicklung                     | Prozess        |
|               |                 | Ende                               | BPMN Ereignis  |
|               |                 | Start                              | BPMN Ereignis  |

**Auflistung der Bestandteile des Elements „Entwicklung“ (automatisch erstellte Elemente aus der Visio Zeichnung beim Betätigen des „QUAM aktualisieren“ Buttons).**

**Abbildung 8:** DispForm des Elements Entwicklung aus der Liste Ablauforganisation (nach der Modellierung)

Textuelle Aufarbeitung des Prozessmodells. Alle grafisch modellierten Elemente werden unterhalb der Prozessgruppe Entwicklung abgelegt und können dort bearbeitet und/ oder weiterverwendet werden. Anmerkung: jedes hier aufgeführte Element hat in seiner „Bestandteil von“ Zuweisung automatisch die Prozessgruppe „Entwicklung“ zugeordnet bekommen.

In der Folgenden Abbildung wird dargestellt, welche Formularfelder der Anwender zum beschreiben von Elementen der Liste „Ablauforganisation“ erhält.

PromieSys Prototyp > Ablauforganisation > Entwicklung > Element bearbeiten

## Ablauforganisation : Entwicklung !

OK    Abbrechen

📎 Datei anfügen    ✕ Element löschen    \* zeigt ein erforderliches Feld an

|                 |   |
|-----------------|---|
| Inhaltstyp      | Prozessgruppe<br><small>Mit diesem Objekttyp werden Ebenen und inhaltliche Gruppierungen angenommen.</small>  |
| Kurzbezeichnung | <input type="text" value="Kurzbezeichnung der Prozessgruppe"/>  |
| Titel *         | <input type="text" value="Name der Prozessgruppe"/>   |
| Ziel und Zweck  | <input type="text" value="Beschreibung welchem Zweck die Prozessgruppe dient"/><br>   |
| Anmerkung       | <input type="text" value="Feld für Anmerkungen aller Art"/><br>   |
| Verantwortung   | <input type="text" value="Zuweisung, welche Organisationseinheit(en) verantwortlich ist/ sind"/><br><div style="border: 1px solid blue; padding: 2px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>Auftragsbezogene Fe...</li> <li>Datensicherheitsbea...</li> <li>Entwickler</li> <li>Externe Partner</li> <li>Fertigung und Auftra...</li> <li>Geschäftsführung</li> <li>Interner Service</li> <li>Kunden</li> </ul> </div> <input type="button" value="Hinzufügen &gt;"/> <input type="button" value=" &lt; Entfernen"/>                     |
| Mitwirkung      | <input type="text" value="Zuweisung, welche Organisationseinheiten am aktuellen Element mitwirken"/><br><div style="border: 1px solid blue; padding: 2px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>Auftragsbezogene Fe...</li> <li>Datensicherheitsbea...</li> <li>Entwickler</li> <li>Externe Partner</li> <li>Fertigung und Auftra...</li> <li>Geschäftsführung</li> <li>Interner Service</li> <li>Kunden</li> </ul> </div> <input type="button" value="Hinzufügen &gt;"/> <input type="button" value=" &lt; Entfernen"/>                 |
| Entscheidung    | <input type="text" value="Zuweisung, welche Organisationseinheiten am aktuellen Element Entscheidungen treffen"/><br><div style="border: 1px solid blue; padding: 2px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>Auftragsbezogene Fe...</li> <li>Datensicherheitsbea...</li> <li>Entwickler</li> <li>Externe Partner</li> <li>Fertigung und Auftra...</li> <li>Geschäftsführung</li> <li>Interner Service</li> <li>Kunden</li> </ul> </div> <input type="button" value="Hinzufügen &gt;"/> <input type="button" value=" &lt; Entfernen"/>    |
| Information     | <input type="text" value="Zuweisung, welche Organisationseinheiten am aktuellen Element informativ beteiligt sind"/><br><div style="border: 1px solid blue; padding: 2px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>Auftragsbezogene Fe...</li> <li>Datensicherheitsbea...</li> <li>Entwickler</li> <li>Externe Partner</li> <li>Fertigung und Auftra...</li> <li>Geschäftsführung</li> <li>Interner Service</li> <li>Kunden</li> </ul> </div> <input type="button" value="Hinzufügen &gt;"/> <input type="button" value=" &lt; Entfernen"/> |
| Bestandteil von | <input type="text" value="Zuweisung, welche anderen Prozesse/ Prozessgruppen sich ebenfalls diesem Element bedienen"/><br><div style="border: 1px solid blue; padding: 2px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>Auftragsakquisition</li> <li>Entsorgung</li> <li>Entsorgung Service</li> <li>Entwicklung</li> <li>Produktenerweiterung/</li> <li>Produktion</li> <li>Produktüberwachun...</li> <li>Projektierung</li> </ul> </div> <input type="button" value="Hinzufügen &gt;"/> <input type="button" value=" &lt; Entfernen"/>       |

Produktlebenszyklus

Kurzbezeichnung der Prozessgruppe

Name der Prozessgruppe

Beschreibung welchem Zweck die Prozessgruppe dient

Feld für Anmerkungen aller Art

Zuweisung, welche Organisationseinheit(en) verantwortlich ist/ sind

Zuweisung, welche Organisationseinheiten am aktuellen Element mitwirken

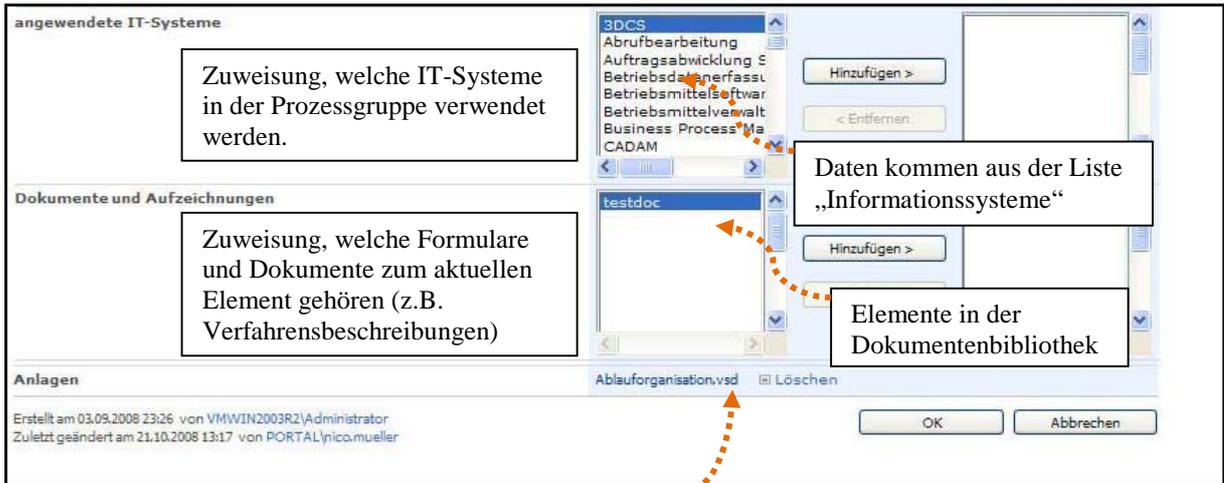
Zuweisung, welche Organisationseinheiten am aktuellen Element Entscheidungen treffen

Zuweisung, welche Organisationseinheiten am aktuellen Element informativ beteiligt sind

Zuweisung, welche anderen Prozesse/ Prozessgruppen sich ebenfalls diesem Element bedienen

Daten kommen aus der Liste „Aufbauorganisation“

24



**Abbildung 9:** EditForm des Elements Entwicklung aus der Liste Ablauforganisation

Visio Zeichnungen werden direkt an das modellierte Element angehängt, um dieses bei Bedarf weiter zu bearbeiten

24

Jedes Element und damit auch jeder Prozess wird genau einmal beschrieben, unabhängig davon in wie vielen anderen Prozessen oder Prozessgruppen er angewendet wird. Mit der „Bestandteil von“ Zuweisung (wie bei allen anderen Nachschlagefeldern auch) können solche mehrfach verwendeten Elemente referenziert werden. Denn häufig kommt es vor, dass das ein Endereignis eines Prozesses einen neuen Prozess als Starterereignis anstößt oder das eine Aufgabe in mehreren Prozessen verwendet wird. Dies sichert, wie bereits beschrieben, die Konsistenz der Daten und reduziert den Pflegeaufwand.

## 2 Modellieren der Aufbauorganisation

Die Aufbauorganisation umfasst alles was ein Unternehmen "hat". Dies sind neben den einzelnen Organisationseinheiten, Rollen und externen Partner des Unternehmens auch die vorhandenen Mitarbeiter und verwendeten Ressourcen.

In diesem Abschnitt wird gezeigt, dass einzelne Organisationseinheiten und deren Hierarchie, die vorhandenen Rollen und Teams sowie die externen Partner des Unternehmens modelliert werden können. Darüber hinaus wird eine Möglichkeit präsentiert, mit deren Hilfe die Daten über das Anlegen von Gruppen und Untergruppen feiner strukturiert und übersichtlicher dargestellt werden können. Um die Aufbauorganisation zu modellieren, muss in der Navigationsleiste der Punkt „Aufbauorganisation“ gewählt werden.

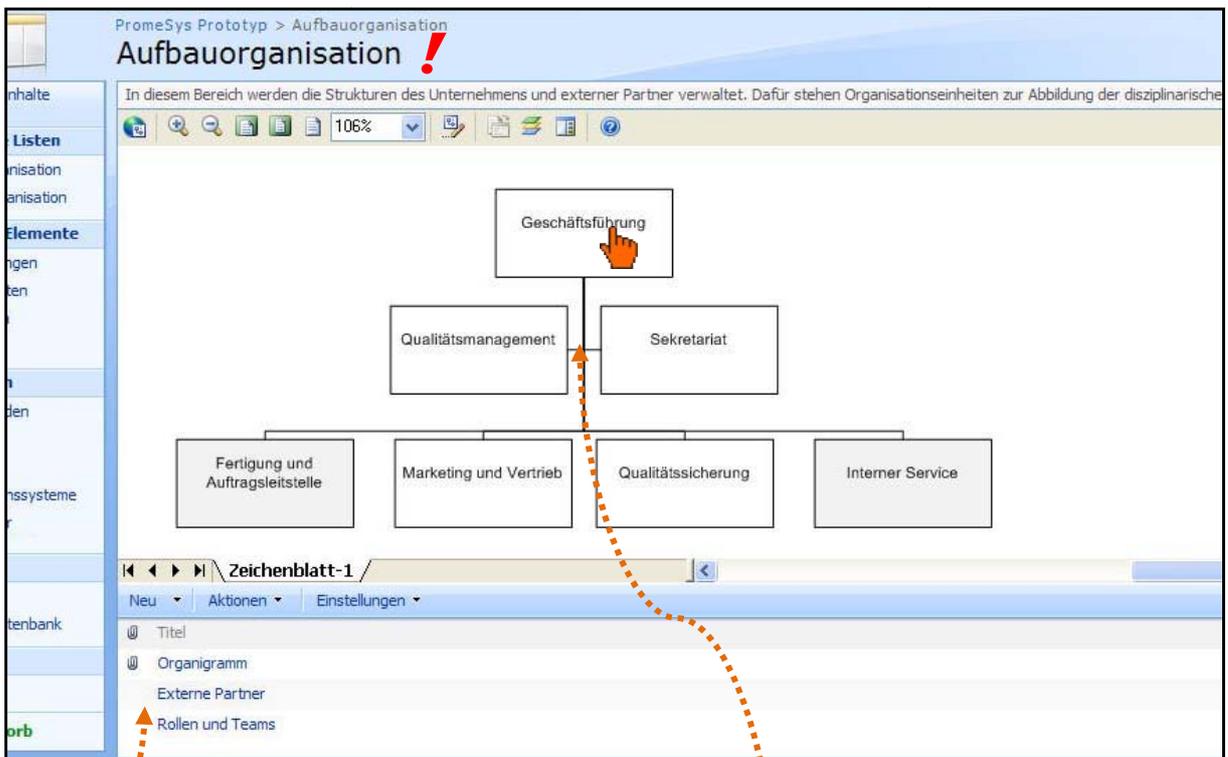


Abbildung 10: Die Liste Aufbauorganisation (AllItems.aspx)

Die Liste Aufbauorganisation wurde gefiltert und zeigt nur Elemente die kein Elternobjekt (keine „Bestandteil von“ Zuweisung) haben. Alle anderen Elemente sind diesen drei Gruppen untergeordnet, wobei diese Vorgaben nicht bindend sind und jederzeit neue Obergruppen erstellt werden können.

Das Organigramm bildet die hierarchische Struktur der einzelnen Organisationseinheiten grafisch ab.

Diese Struktur kann ebenfalls ohne die Zuhilfenahme grafischer Werkzeuge modelliert werden. Dazu muss den Organisationseinheiten nur das entsprechende Elternobjekt zugeordnet werden. Hier wird allerdings wieder die grafische Modellierung präsentiert.

PromeSys Prototyp > Aufbauorganisation > Organigramm

## Aufbauorganisation : Geschäftsführung

Inhalt | Zusätzliche Informationen

```

graph TD
    GF[Geschäftsführung] --- QM[Qualitätsmanagement]
    GF --- SEK[Sekretariat]
    QM --- FAU[Fertigung und Auftragsleitstelle]
    QM --- M&V[Marketing und Vertrieb]
    QM --- QS[Qualitätssicherung]
    QM --- IS[Interner Service]
  
```

Zeichenblatt-1 /

Edit Chart | Delete Chart

bestehende Diagramme können jederzeit weiter bearbeitet werden

Neues Element | Element bearbeiten | Element löschen | Berechtigungen verwalten | Benachrichtigen

|  |  |
|--|--|
| <b>Elternobjekt-Aufbauorganisation</b> | Organigramm  |
| <b>Titel</b>                           | Geschäftsführung   |
| <b>Anmerkung</b>                       | Die Geschäftsführung trägt als oberste Leitung die Gesamtverantwortung für das Unternehmen |
| <b>Kurzbezeichnung</b>                 |  |
| <b>Stabstelle</b>                      | Nein   |
| <b>Anlagen</b>                         | Aufbauorganisation.vsd   |

Inhaltstyp: Organisationseinheit  
 Erstellt am 16.04.2008 11:22 von Michael Eisenkolb  
 Zuletzt geändert am 26.09.2008 17:12 von Sebastian Bertam

Bestandteile:

| Kurzbezeichnung | Titel                            | Inhaltstyp           |
|-----------------|----------------------------------|----------------------|
| FAu             | Fertigung und Auftragsleitstelle | Organisationseinheit |
| ISe             | Interner Service                 | Organisationseinheit |
| M&V             | Marketing und Vertrieb           | Organisationseinheit |
| QM              | Qualitätsmanagement              | Organisationseinheit |
| QS              | Qualitätssicherung               | Organisationseinheit |
| GS              | Sekretariat                      | Organisationseinheit |

Welche Bestandteile das Element „lange Lebensdauer“ hat.

**Abbildung 11:** DispForm des Elements Geschäftsführung aus der Liste Aufbauorganisation (nach der Modellierung)

- 25 Um die Daten feiner zu strukturieren oder das System an spezielle Bedürfnisse anzupassen, können neue Gruppen und Untergruppen angelegt werden. So ist es z.B. möglich die externen Partner danach zu unterscheiden, ob sie Kunden oder Lieferanten sind. Die Zuweisung der neuen Gruppen entsteht durch die Wahl des entsprechenden Elternobjekts. Wird kein Elternobjekt zugewiesen, so wird die neue Gruppe auf der obersten Hierarchieebene angezeigt. Die angezeigte Datenansicht zeigt, welche anderen Elemente zu dem aktuellen Element gehören (sprich, wo es Elternobjekt ist), indem ausgewertet wird, welche Elemente das aktuelle Element in die „Bestandteil von“ Beziehung aufgenommen haben. Da die Elemente in dieser Datenansicht ebenfalls Hyperlinks sind, kann sich der Anwender dort abwärts in der Hierarchie bewegen.

Die „Bestandteil von“ Funktionalität ist eine der zentralsten Grundbausteine dieser SharePoint Lösung, denn nur so können Strukturen bzw. Hierarchien in flachen Listen erzeugt werden. Diese Funktionalität findet somit in fast jeder SharePoint Liste Verwendung.

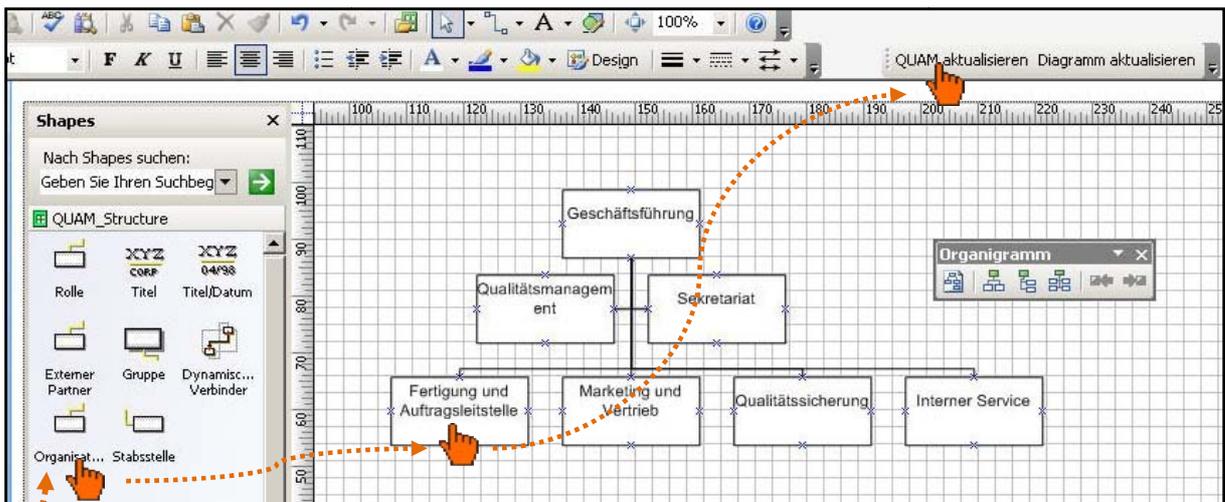


Abbildung 12: Modellierung eines Organigramms; Liste Aufbauorganisation

Diese Visio BPMN Shapes für Organigramme können ebenfalls per Drag und Drop in das in SharePoint integrierte MS Visio 2007 Zeichenblatt gezogen werden. Ein Bestätigen des Aktualisierungsbuttons veranlasst das System die modellierten Elemente als Listenelemente in der Liste Aufbauorganisation abzuspeichern. Verwendet werden können: Organisationseinheiten, Gruppen, Rollen, Stabstellen sowie Verbindungselemente.

Unter einer Rolle ist eine bestimmte Funktion zu verstehen, die von Mitarbeitern unterschiedlicher Hierarchieebenen ausgeführt werden kann. Die Zuweisungen von Verantwortungen, Mitwirkungen, informative Beteiligungen und Entscheidungsbefugnissen in der Ablauforganisation werden über die hier definierten Rollen vorgenommen.

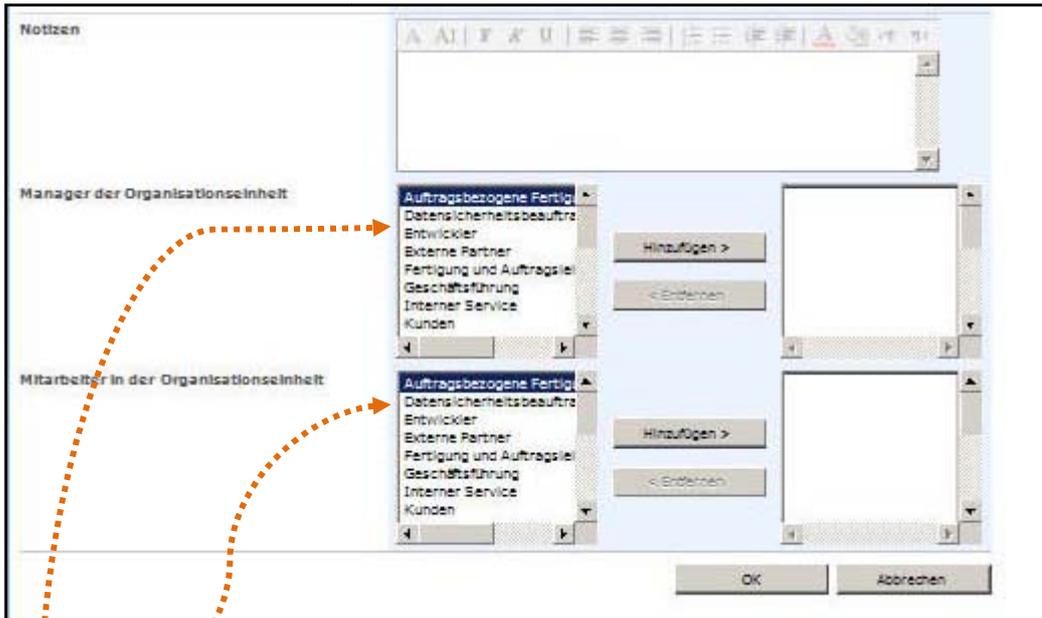
## 9 Verwalten von Personal

Um die Mitarbeiterdaten zu verwalten, bieten sich verschiedene Wege an, die im Folgenden vorgestellt werden sollen, zunächst muss der Menüpunkt "Personal" gewählt werden. So gelangen Sie in die Standardansicht der Personalverwaltung.



Abbildung 13: Liste Personal

Momentan ist nur ein Mitarbeiter eingetragen. Über den „Neu“ Button in der Menüleiste der Liste können neue Mitarbeiter angelegt werden. Es öffnet sich die NewForm.aspx mit den entsprechend vorher definierten Formularfeldern.



**Abbildung 14:** NewForm der Liste Personal

Hier können den Mitarbeitern die Organisationseinheiten zugeordnet werden, für die sie verantwortlich sind (Manager der Organisationseinheit) oder in denen sie tätig sind (Mitarbeiter in der Organisationseinheit).



Durch die Selektion des gewünschten Mitarbeiters, wird die DispForm.aspx mit den bereits eingepflegten Informationen geladen.

PrimeSys Prototyp > Personal > Bertram

## Personal : Bertram



Anzeige von Mitarbeiterfotos

Element weiterbearbeiten -> Wechsel zur EditForm.aspx des aktuellen Elements

Neues Element | Element bearbeiten | Element löschen | Berechtigungen verwalten | Benachrichtigen | Kontakt exportieren

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| Nachname                                | Bertram                     |
| Vorname                                 | Sebastian                   |
| Vollständiger Name                      | Sebastian Bertram           |
| E-Mail-Adresse                          | sebastian.bertram@yahoo.de  |
| Firma                                   |                             |
| Position                                | Student                     |
| Telefon (geschäftlich)                  |                             |
| Telefon (privat)                        |                             |
| Mobiltelefon                            | 01731444116                 |
| Faxnummer                               |                             |
| Adresse                                 |                             |
| Ort                                     | Magdeburg                   |
| Bundesland/Kanton                       | Sachsen Anhalt              |
| PLZ                                     | 39106                       |
| Land/Region                             |                             |
| Webseite                                |                             |
| Notizen                                 |                             |
| Manager der Organisationseinheit        | Externe Partner             |
| Mitarbeiter in der Organisationseinheit | Externe Partner; Entwickler |

Inhaltstyp: Kontakt  
Erstellt am 03.09.2008 22:55 von VHWIND003R2\Administrator  
Zuletzt geändert am 23.10.2008 18:15 von Sebastian Bertram

Sebastian Bertram ist Leiter folgender Organisationseinheiten:

- Externe Partner

Sebastian Bertram ist Mitarbeiter folgender Organisationseinheiten:

- Externe Partner
- Entwickler

Datenansicht, die anzeigt in welchen Organisationseinheiten der aktuelle Mitarbeiter verantwortlich ist (Manager der Organisationseinheit) oder in denen er tätig ist (Mitarbeiter der Organisationseinheit).

Abbildung 15: Beispiel Element aus Liste Personal



## Modellieren von Ressourcen

Ressourcenlisten dienen als Beschreibungsgrundlage der folgenden Listen: Ablauforganisation Aufbauorganisation, Anforderungen, Funktionen, Komponenten, Prozesse sowie Dokumente und Aufzeichnungen. Über die Nachschlagefunktionalität auf diese Liste können beispielsweise Klassifizierungen und Kategorisierungen vorgenommen werden, wie in folgenden Abbildungen anhand der Anforderungen demonstriert wird.

| Titel  |
|--|
| Beschaffungsrichtlinie                       |
| Beseitigung des erkannten Fehlers            |
| Einhaltung von Kosten                        |
| Einhaltung von Qualität, Mengen und Terminen |
| Gesetzgeber                                  |
| Gesetzlich Richtlinien                       |
| Gesetzliche Anforderungen                    |
| Herstellbarkeitsanforderungen                |
| Herstellkosten                               |
| Internationale Anforderungen                 |
| Interne Regelungen                           |
| interne Vorgaben aus Projektmanagement       |
| Kommerzielle Anforderungen                   |
| Kunde  |
| Kundenanforderungen                          |
| Landesspezifische Richtlinien / Normen       |
| Lastenheftanforderungen                      |

In dieser Liste werden Kategorien für Anforderungen erstellt, die durch weitere Spalten (Beschreibung, Anmerkung usw.) näher erläutert werden können. Zudem können zu jedem Element ein oder mehrere Dateien (i.d.R. Dokumente) hochgeladen werden.

**Abbildung 16:** Liste Kategorien der Anforderungen

Durch das Hinzufügen der „Bestandteil von“ Spalte kann auch hier eine sinnvolle Strukturierung vorgenommen werden. Durch das Anlegen neuer Gruppen und neuer Untergruppen können die Ressourcen feiner gegliedert und somit übersichtlicher dargestellt werden.

| Titel                                 |
|---------------------------------------|
| Bestellunterlagen                     |
| Einkaufsbedingungen                   |
| Entsorgung                            |
| Erfahrungswissen                      |
| Geschäftsführung                      |
| Gesetze                               |
| Gesetzgeber                           |
| Kunden                                |
| Lastenhefte                           |
| Liefertermine                         |
| Marketing und Vertrieb                |
| Medien                                |
| Messen / Ausstellungen / Fachtagungen |

Eine weitere Möglichkeit Anforderungen näher zu klassifizieren.

Hier werden die verschiedenen Stakeholder aufgenommen und beschrieben, die die verschiedenen Anforderungen an die Produkte stellen. Weitere Beschreibungsspalten könnten u.a. sein: Kontaktdaten, Geschäftsdaten usw.

**Abbildung 17:** Liste Quellen der Anforderungen

Die folgende Abbildung zeigt wie eine neue Spalte erstellt wird und gleichzeitig wie man von einer Liste auf eine andere Liste verweist, um damit Zuordnungen zwischen den Elementen vornehmen zu können. Dazu wird hier im Beispiel in der Liste „Anforderungen“ in welche die Anforderungen an mechatronische Systeme abgelegt werden sollen, nun über eine Nachschlagespalte auf die Liste „Kategorien der Anforderungen“ (26) verwiesen.

**Name und Typ**  
Geben Sie einen neuen Namen für diese Spalte ein, und wählen Sie den Typ der Informationen aus, die Sie in dieser Spalte speichern möchten.

Spaltenname:

Der Informationstyp in dieser Spalte ist:

- Eine Textzeile
- Mehrere Textzeilen
- Auswahl (Menü)
- Zahl (1 / 1,0 / 100)
- Währung (\$, ¥, €)
- Datum und Uhrzeit
- Nachschlagen (in Informationen, die sich bereits auf dieser Website befinden)
- Ja/Nein (Kontrollkästchen)
- Person oder Gruppe
- Hyperlink oder Bild
- Berechnet (Berechnung basiert auf anderen Spalten)
- Verlinkung zu einem Dokument
- Geschäftsdaten

**Zusätzliche Spalteneinstellungen**  
Bitte geben Sie die detaillierten Optionen für den von Ihnen ausgewählten Informationstyp an.

Beschreibung:

Diese Spalte muss Informationen enthalten:  
 Ja  Nein

Informationen kommen aus:

In dieser Spalte:  
  
 Mehrere Werte zulassen  
 Zur Standardansicht hinzufügen

OK Abbrechen

Abbildung 18: Spalte erstellen in der Liste Anforderungen

**Anforderungen**

Alle Auswertung Beziehungen Elementbeschreibung Verknüpfungen

Neu Aktionen Einstellungen

| Titel | Bestandteil von | Dokument upload | Kategorie | Quelle der Anforderung |
|-------|-----------------|-----------------|-----------|------------------------|
| a21   |                 |                 |           |                        |
| a22   | a21             |                 |           |                        |

Abbildung 19: Liste Anforderungen; vor einer Zuordnung

bisher sind keine Zuordnungen vorhanden

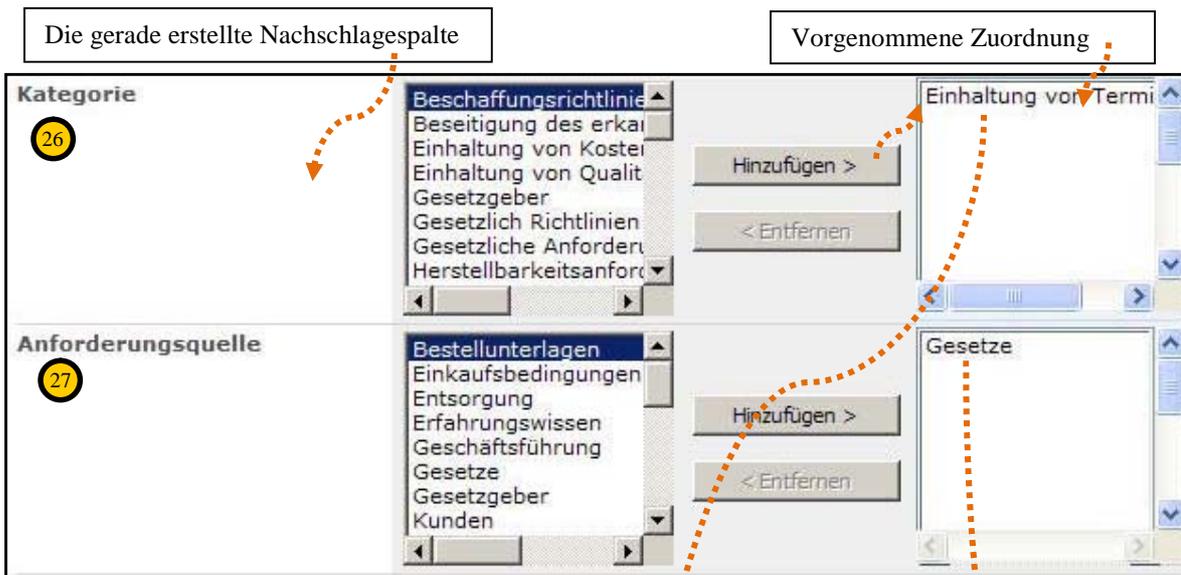


Abbildung 20: Auszug aus der NewForm/ EditForm eines Elements der Liste Anforderungen



Abbildung 21: Liste Anforderungen; nach einer Zuordnung

### Benutzen von SharePoint (Listen-) Inhaltstypen<sup>56</sup>

Inhaltstypen sind ein wichtiges Werkzeug in SharePoint und helfen den Benutzern dabei, den Inhalt ihrer SharePoint-Websites sinnvoller zu strukturieren. Ein Inhaltstyp ist eine wiederverwendbare Sammlung von Einstellungen, die für bestimmte Inhaltskategorien übernommen werden können. Inhaltstypen ermöglichen die zentrale Verwaltung und Wiederverwendung der Metadaten und Verhaltensweisen eines Dokuments oder Elementtyps.

Da die Wechselwirkungen mechanischer, elektrotechnischer und informationsverarbeitender Komponenten das Verhalten und die Gestalt des mechatronischen Gesamtsystems beeinflussen, ist es sinnvoll diese drei Komponententypen durch Inhaltstypen in der Komponentenliste abzubilden. Der Vorteil dieses Vorgehens besteht

<sup>56</sup> Inhaltstypen sind ein Kernkonzept, das überall in Windows SharePoint Services 3.0 zum Tragen kommt.

darin, den einzelnen Inhaltstypen unterschiedliche Spalten zuzuordnen, welche dann als Basis für die Formularfelder der jeweiligen Komponente gelten. Wie in folgenden Abbildungen dargestellt, erhalten mechanische Komponenten zur weiteren Beschreibung eine CAD Nummer und interne Bezeichnung, während bei der Beschreibung einer Software-Komponente solche Formularfelder sinnlos wären. Dafür kann hier die Versionsnummer angegeben werden. Darüber hinaus können sog. Basisspalten definiert werden, die für alle Inhaltstypen gelten. Eine Auflistung welche Spaltenbeschreibungen zu den einzelnen Objekten erforderlich sind, wird Teil eines, der Diplomarbeit nachfolgenden, Workshops sein. Dort soll ebenfalls entschieden werden, inwieweit eine solche Typisierung bspw. anhand der verschiedenen Stakeholder auch für Anforderungen sinnvoll wäre.

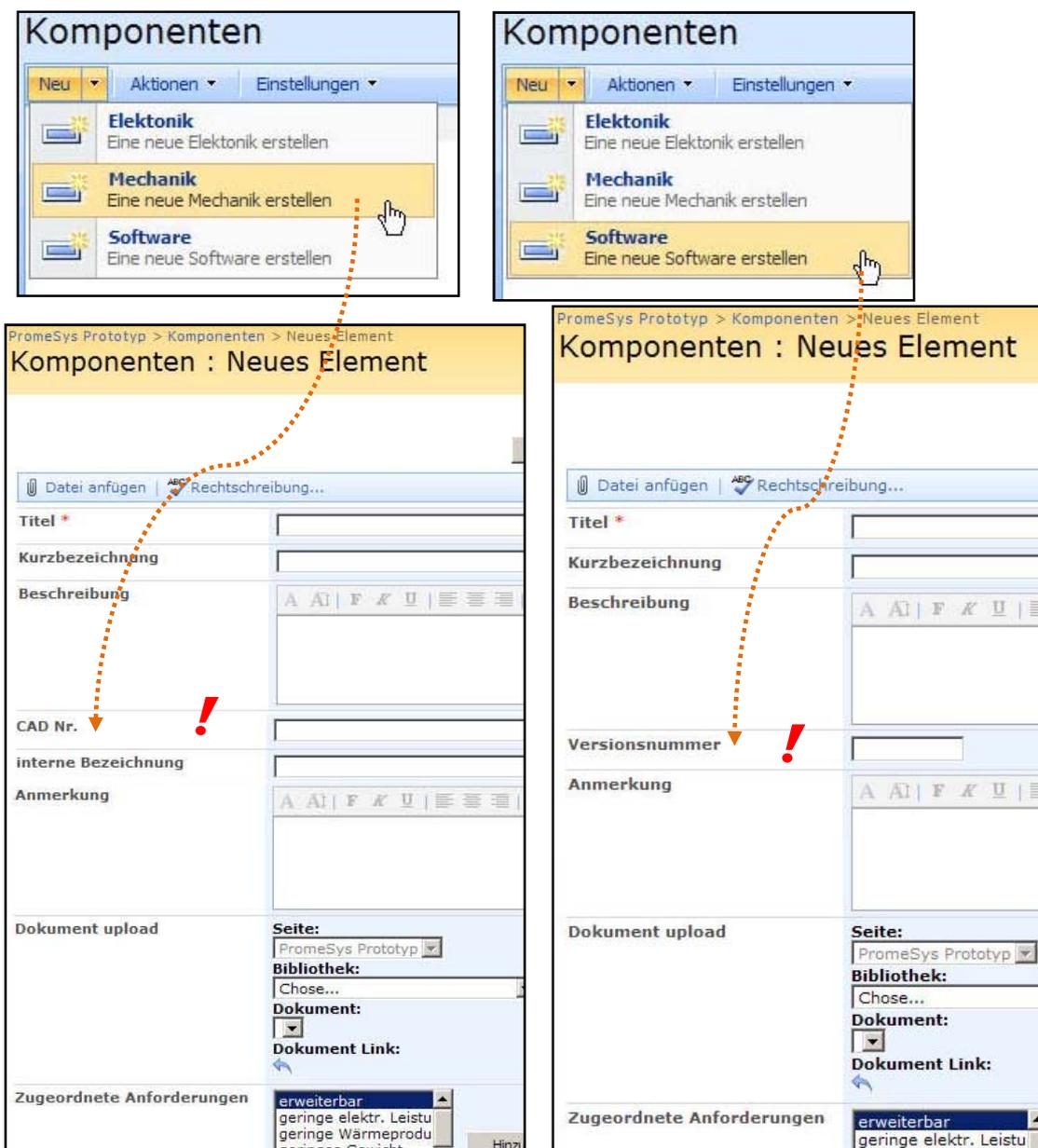
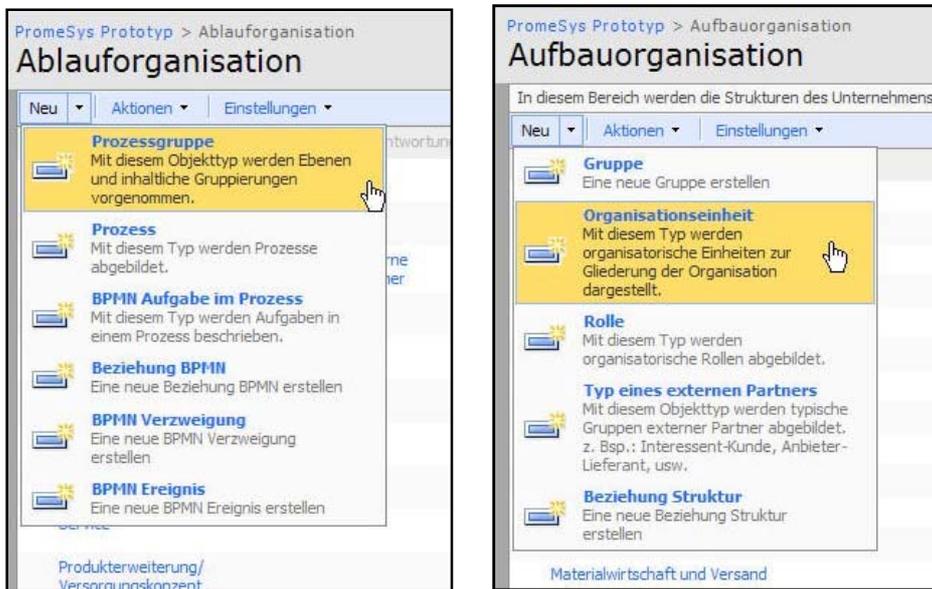


Abbildung 22: Inhaltstypen der Liste Komponenten

Inhaltstypen werden ebenfalls in der Aufbau- und Ablauforganisation zur Typisierung der dortigen Elemente verwendet.



Eine weitere wichtige Ressource ist die Auflistung der zuverlässigkeitsrelevanten QM-Methoden. Diese können zum einen mit Prozessen verknüpft werden, damit wird für alle nachvollziehbar, wann welche Methoden ausgeführt wurden. Des Weiteren besteht die Möglichkeit Funktionen mit QM-Methoden zu verknüpfen, denn diese können direkt mit QM-Methoden geprüft werden (z.B. Bewegung des Kolbens mit Belastungstests etc.)

Wieder ist es notwendig, relevante Beschreibungsspalten für die einzelnen QM-Methoden bereitzustellen (Zweck, Anmerkungen, Vorgehensrichtlinien usw.)

Abbildung 23: Liste QM-Methoden



Abbildung 24: Nachschlagefeld QM-Methoden

Innerhalb des Unternehmens werden standardmäßig verschiedene Dokumente und Aufzeichnungen verwendet. Ein neues Dokument wird mit Hilfe folgender Schritte modelliert und anderen Mitarbeitern über das Intranet zur Verfügung gestellt:

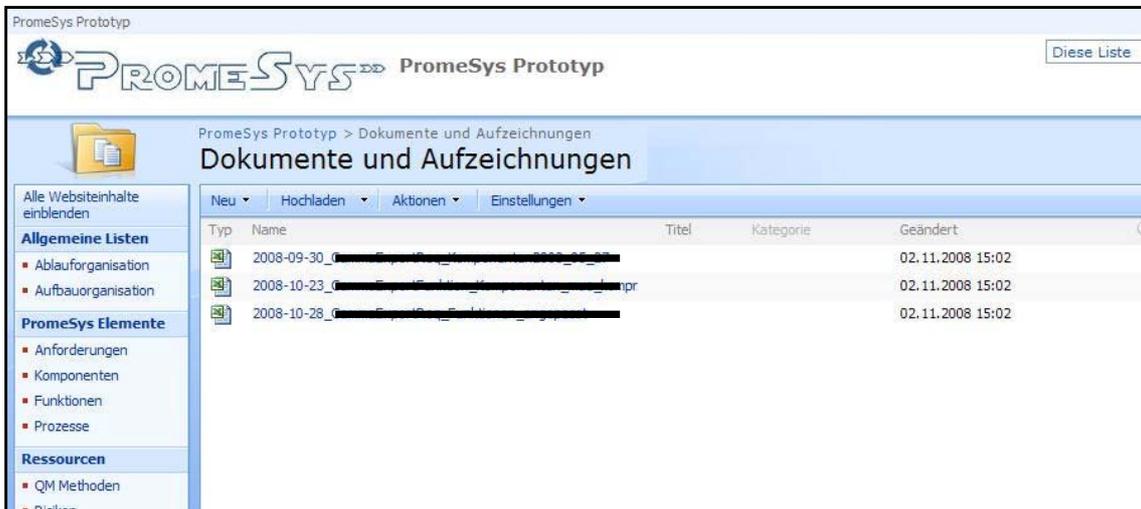


Abbildung 25: Liste Dokumente und Aufzeichnungen

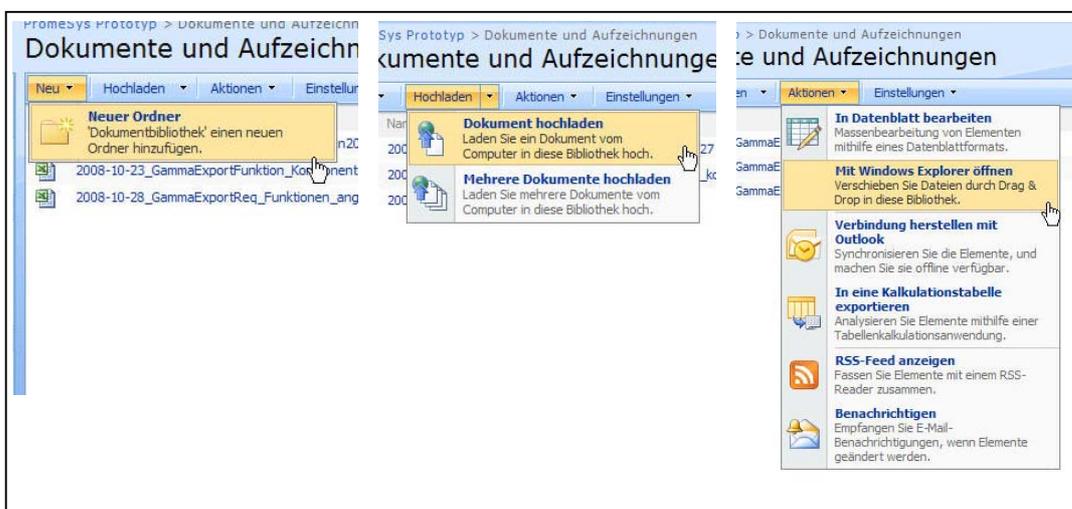


Abbildung 26: Listenfunktionen in Liste Dokumente und Aufzeichnungen

Dokumentenbibliotheken (Dokumentenlisten) können als Ort zum Öffnen und Speichern von Dateien aus allen Microsoft® Office-Anwendungen verwendet werden. Zudem ist eine Windows Explorer Fenster Darstellung möglich. Des Weiteren lassen sich in den Dokumentenbibliotheken (virtuelle) Ordner zur übersichtlichen Ablage der Dokumente anlegen.

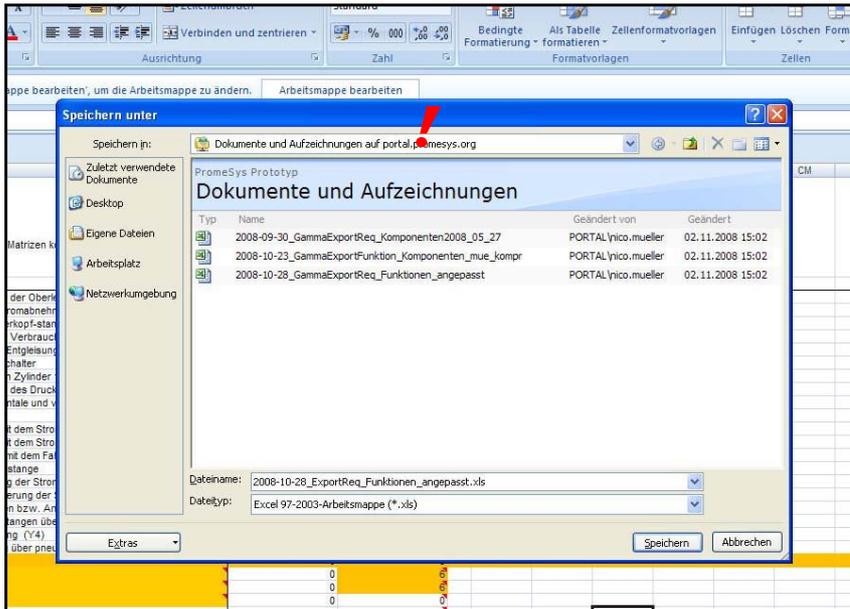


Abbildung 27: Dokumentenbibliothek als Speicherort in MS Office Anwendung

Zudem können jedem Element jeder Listen beliebig viele Dokumente angehängt oder mit Dokumenten aus der Dokumentenbibliothek referenziert werden. Beide Möglichkeiten werden kurz dargestellt:

Zum einen das Referenzieren bereits hochgeladener Dokumente aus der Dokumentenbibliothek.



Abbildung 28: Referenzieren eines Dokuments; Auszug aus der NewForm/ EditForm eines Elements

Zum Anderen durch das Hochladen des Dokuments beim Erstellen oder Ändern eines Elements.



Abbildung 29: Anfügen eines Dokuments; Auszug aus der NewForm/ EditForm eines Elements

### 3 4 5 6 Vernetzung von Systemsichten

Die Vernetzung der Systemsichten ist eine der bedeutendsten Forderung an die Software. Jede der einzelnen Listen (Funktionen, Anforderungen, Prozesse und Komponenten) besitzt folgende Basisspalten<sup>57</sup>.

| Spalten                   | Typ  |
|---------------------------|--|
| Titel                     | eine Textzeile                               |
| Kurzbezeichnung           | eine Textzeile                               |
| Bestandteil von           | Nachschlagen in der selben Liste             |
| Beschreibung              | mehrzeiliges Textfeld                        |
| Anmerkung                 | mehrzeiliges Textfeld                        |
| Zugeordnete Dokumente     | Nachschlagen in Dokumente und Aufzeichnungen |
| Zugeordnete Anforderungen | Nachschlagen in Anforderungsliste            |
| Zugeordnete Funktionen    | Nachschlagen in Komponentenliste             |
| Zugeordnete Komponenten   | Nachschlagen in Funktionenliste              |
| Zugeordnete Prozesse      | Nachschlagen in Prozessliste                 |

Um die Übersichtlichkeit über die hohe Anzahl der Spalten zu wahren, wurden auf jeder Liste Ansichten generiert, die durch entsprechend gestaltete Registerkarten auswählbar sind.



**Abbildung 30:** AllItems der Liste Anforderungen

Für die weitere Betrachtung der Vernetzung von Elementen sind die Registerkarten „Beziehungen“ sowie „Verknüpfungen“ relevant, welche im Folgenden erläutert werden.

Beim Erstellen oder ändern eines Listenelementes folgender Listen: Anforderungen, Komponenten, Funktionen und Prozesse, kann das aktuelle Element mit anderen Listenelementen aller vier genannten Listen in Beziehung gesetzt werden. Nur für diese Listen wird eine automatische Ergänzung der Elemente vorgenommen.

<sup>57</sup> Eine komplette Übersicht aller verwendeten Spalten ist auf der CD zu finden.

Es folgt ein Beispiel zur Veranschaulichung in dem eine Verknüpfung zwischen der Anforderung „lange Lebensdauer“ und der Komponente „Kolben“ vorgenommen wird.

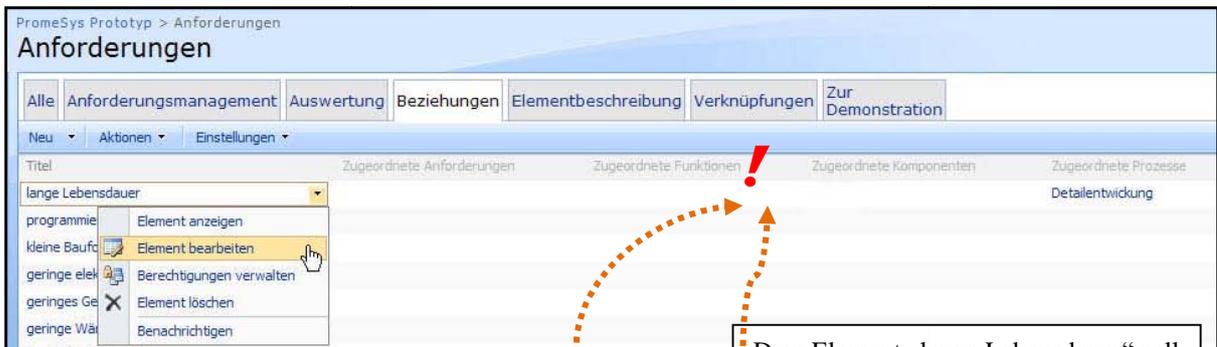


Abbildung 31: Anforderungsliste, vor der Zuordnung



Abbildung 32: Komponentenliste, vor der Zuordnung

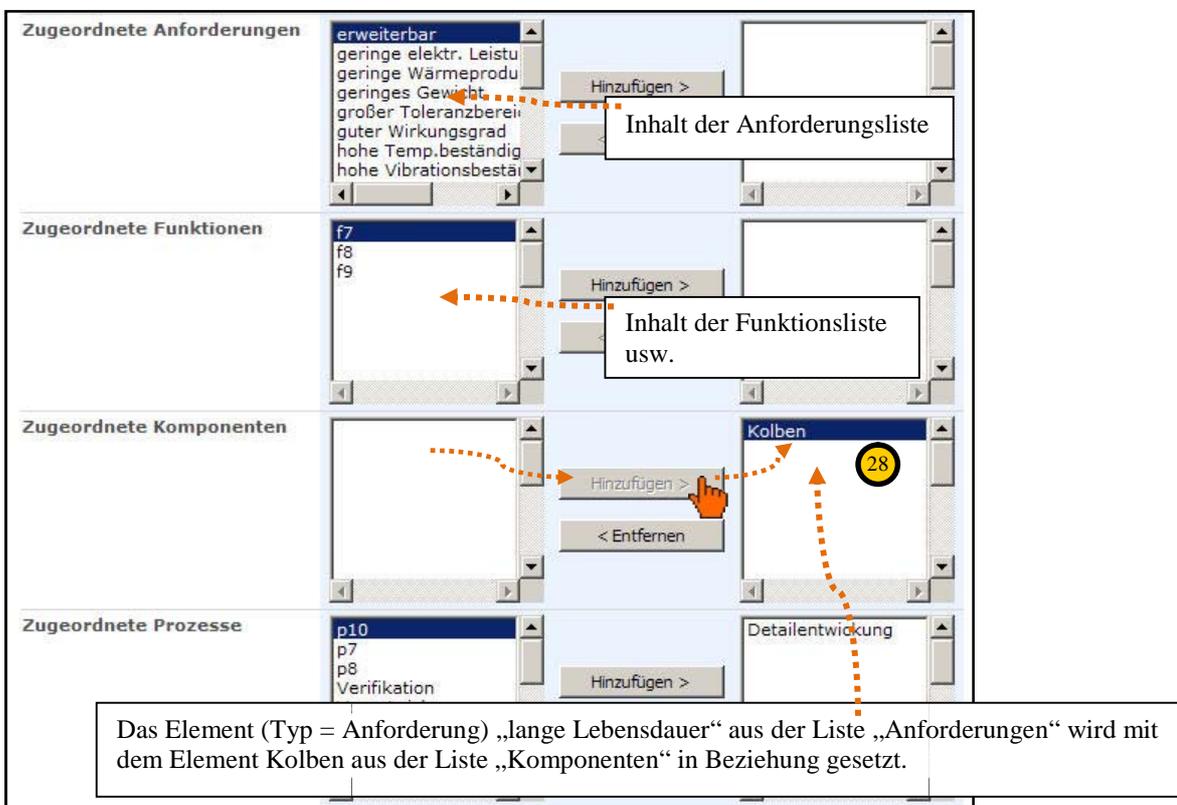


Abbildung 33: Auszug aus der EditForm für das Element „lange Lebensdauer“ in der Liste Anforderungen

| Titel             | Zugeordnete Anforderungen | Zugeordnete Funktionen | Zugeordnete Komponenten | Zugeordnete Prozesse |
|-------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|
| lange Lebensdauer |                           |                        | Kolben !                | Detailentwicklung    |
| programmierbar    |                           |                        |                         |                      |
| kleine Bauform    |                           |                        |                         |                      |

Abbildung 34: Anforderungsliste, nach der Zuordnung

Das Element „lange Lebensdauer“ ist nun mit dem Element „Kolben“ aus der Komponentenliste zugeordnet.

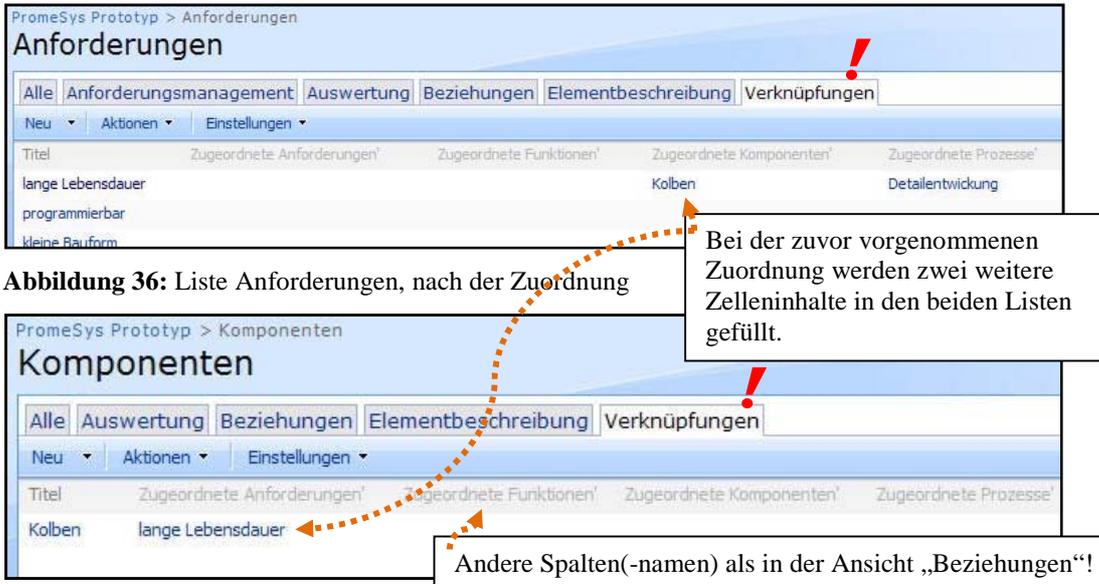
| Titel  | Zugeordnete Anforderungen | Zugeordnete Funktionen | Zugeordnete Komponenten | Zugeordnete Prozesse |
|--------|---------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|
| Kolben | lange Lebensdauer !       |                        |                         |                      |

Abbildung 35: Komponentenliste, nach der Zuordnung

Gleichzeitig erfolgt automatisch in der Liste Komponenten beim Element „Kolben“ ein Eintrag „lange Lebensdauer“ in die zugehörige „zugeordnete Anforderungen“ Spalte.

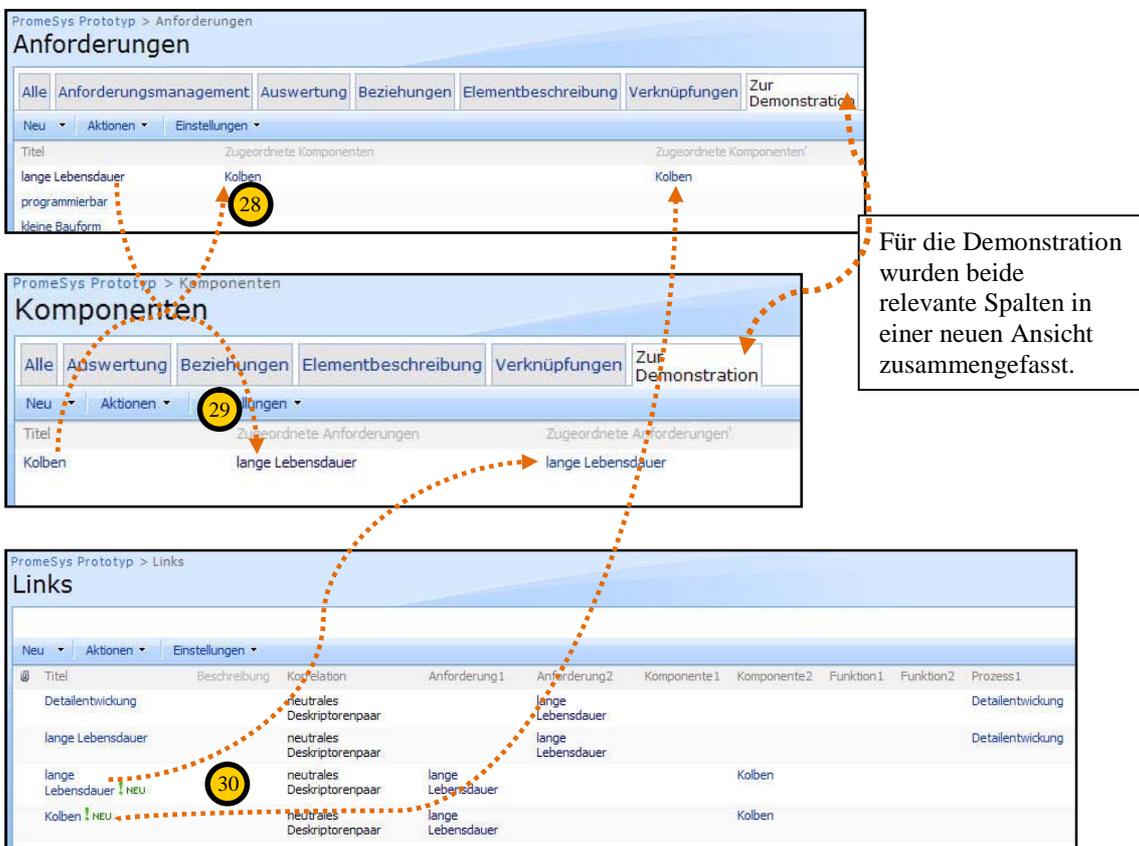
Durch diese entsprechend programmierte Zusatzfunktionalität, wird es dem Anwender damit selbst überlassen, welchen Einstieg er für die Systemvernetzung wählt. So kann ausgehend von den Komponenten, diese mit Anforderungen verknüpft oder andersherum die Anforderungen in der Liste „Anforderungen“ durchlaufen und dort entscheiden, ob diese auf Komponenten wirken. Die Kombinationsmöglichkeiten der Vernetzung zwischen Komponenten, Anforderungen, Funktionen und Prozesse sind keinerlei Grenzen gesetzt. Da die entsprechenden Spaltenwerte automatisch ergänzt werden, entstehen dem Anwender keine Doppelarbeiten bei der Verknüpfung und ihm werden (zunächst) keine zwingenden Vorgaben (Handlungsrichtlinien, Abarbeitungsfolgen) zur Beschreibung und Verknüpfung der verschiedenen Systemstrukturen gemacht.

Abschließend soll in diesem Kapitel gezeigt werden, wie diese Verknüpfungen attribuiert werden können. Dazu muss in den Listen die Registerkarte „Verknüpfungen“ gewählt werden.



**Abbildung 37:** Liste Komponenten, nach der Zuordnung

Die Ansicht „Verknüpfungen“ unterscheidet sich von der Ansicht „Beziehungen“ in einem entscheidenden Punkt: alle dort angezeigten Spalten enthalten ein Apostroph am Namensende. Die Listenansicht, mit den vorhandenen Zuordnungen, stimmt optisch allerdings exakt mit der, in der Ansicht „Beziehungen“ überein. Unterschiedlich ist allein der Verweis der jeweiligen Zuordnung auf das entsprechende Element, wie an der Fortsetzung des Beispiels erläutert wird.



Wie bereits oben beschrieben wird eine Zuordnung zwischen „lange Lebensdauer“ und „Kolben“ vorgenommen (28). Gleichzeitig wird automatisch eine Ergänzung in der Liste Komponenten im Element „Kolben“ in der „zugeordnete Anforderungen“ Spalte (mit „lange Lebensdauer“) durchgeführt (29). Zusätzlich werden die beiden verknüpften Elemente in eine neue Liste geschrieben, um dort zusätzliche Informationen zur Verknüpfung ablegen zu können. Nun werden automatisch Verweise zu den neuen Elementen in die entsprechenden Listen in die entsprechenden Spalten geschrieben (30).



Abbildung 39: Die zwei Verweise

Damit liegen zwei verschiedene Verweise (31) und (32) vor.

Wählt man den Verweis (31), führt der Verweis in der Liste Anforderungen auf das Element „lange Lebensdauer“ und man erhält folgendes Formular (DispForm des Elements „lange Lebensdauer“).

Abbildung 40: DispForm des Elements „lange Lebensdauer“ in der Liste Anforderungen

Wählt man hingegen die (32) so führt der Verweis auf die Liste Verknüpfungen auf den entsprechenden Eintrag, wie folgende Abbildung zeigt.



**Abbildung 41:** EditForm des Elements „lange Lebensdauer“ in der Verknüpfungsliste

Damit können nun Wirkzusammenhänge zwischen den Systemsichten beschrieben werden, die Beispielverknüpfung zwischen „lange Lebensdauer“ und „Kolben“ ist dabei nur zur Anschauung gedacht. Interessanter werden umfangreiche Verknüpfungen, zwischen verschiedenen Komponenten, die dann mit Funktionen und/ oder Anforderungen verknüpft werden... den Möglichkeiten sind hier keine Grenzen gesetzt.

Jedes Systemelement (Anforderung, Komponente, Funktion und Prozess) kann zusätzlich mit einem Risiko<sup>58</sup> verknüpft werden. Eine Fehlerfunktionsliste wird dem folgen.

| Titel                                 | Dokument upload | Beschreibung | Kategorie   | Wahrscheinlichkeit | Entschärfungsplan | Alternativplan |
|---------------------------------------|-----------------|--------------|-------------|--------------------|-------------------|----------------|
| betriebliche Risiken (Mehrarbeit)     |                 |              | Kategorie 1 | 0%                 |                   |                |
| Falsche Bewertung der Zuverlässigkeit |                 |              | Kategorie 1 | 0%                 |                   |                |
| Falsche Projektvorgaben               |                 |              | Kategorie 1 | 0%                 |                   |                |
| Falsche/Ungenaue Felddaten            |                 |              | Kategorie 1 | 0%                 |                   |                |
| Fehlerhafte Software                  |                 |              | Kategorie 1 | 0%                 |                   |                |
| Funktionale Defizite                  |                 |              | Kategorie 1 | 0%                 |                   |                |

**Abbildung 42:** Liste Risiken

Unterschiedliche Risiken

Kategorie des Risikos  
(können zuvor definiert  
werden)

Wahrscheinlichkeit  
des Eintretens des  
Risikos

Entschärfungs-  
plan

Alternativplan

<sup>58</sup> Beginn eines Risikomanagements

## Auswertung der Vernetzungen

Innerhalb der ersten prototypischen Umsetzung wird der Auswertung der Zuordnungen noch keine Beachtung geschenkt. Eine erste Umsetzung zeigt folgende Abbildung.

The screenshot shows a web-based interface for managing requirements. The main content area displays a table of attributes for the requirement 'lange Lebensdauer'. Below the table, there are sections for related components and processes. Annotations with arrows point to specific parts of the interface:

- An arrow points to the 'Anforderungsmanagement' section, which shows a list of assignments.
- An arrow points to the 'Anforderungsmanagement' section, which shows a list of assignments.
- An arrow points to the 'Anforderungsmanagement' section, which shows a list of assignments.
- An arrow points to the 'Anforderungsmanagement' section, which shows a list of assignments.

**Anforderungen : lange Lebensdauer**

Inhalt [Zusätzliche Informationen](#) Schließen

Neues Element | Element bearbeiten | Element löschen | Berechtigungen verwalten | Benachrichtigen

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Titel                   | lange Lebensdauer   |
| Kurzbezeichnung         |   |
| Beschreibung            |   |
| Anmerkung               |   |
| Ziel und Zweck          |   |
| Dokument upload         |   |
| Typ der Anforderung     |   |
| Kategorie               |   |
| zerlegt sich            |   |
| setzt sich zusammen aus | großer Toleranzbereich;hohe Temp.beständigkeit;hohe Vibrationsbeständigkeit |
| erzeugt                 |   |
| unterstützt             |   |
| gegensätzlich zu        | geringes Gewicht;kleine Bauform   |
| konkurriert zu          |   |
| Quelle der Anforderung  |   |

Erstellt am 13.09.2008 01:05 von VMWIN2003R2\Administrator  
Zuletzt geändert am 30.11.2008 14:54 von VMWIN2003R2\Administrator

**lange Lebensdauer ist verknüpft mit folgenden Komponenten:**

- Kolben

**lange Lebensdauer ist verknüpft mit folgenden Prozessen:**

- Detailentwicklung

**Anforderungsmanagement**

Zeigt die erstellten Zuordnungen in einer Auflistung an

Zeigt sämtliche QM-Methoden an, die den Prozessen zugeordnet wurden, (die wiederum dem Element zugeordnet wurden) (hier ohne Darstellung)

Abbildung 43: DispForm der Liste Anforderungen

Diese Seite stellt sämtliche Informationen zum Element dar. Zusätzlich sollen gleichzeitig bei den einzelnen Zuordnungen die eingepflegten Hintergrundinformationen (Beschreibung und Attributierung) der Verknüpfung gezeigt werden. Zudem wird eine Auflistung aller bisher durchgeführten QM-Methoden bereitgestellt. Zur besseren Übersicht sollen die Zuordnungen in einer Baumdarstellung mit aufklappbaren Ästen angezeigt werden können. Auch das weitere öffnen der Kinderelemente soll ermöglicht werden.

## Anforderungsmanagement

Um die Handhabung der Anforderungsvielfalt zu unterstützen wurde im Prototyp begonnen ein Anforderungsmanagement zu implementieren. Dieses soll helfen die Anforderung zu strukturieren und zu präzisieren. Folgende Abbildung verdeutlicht dieses Vorhaben.



Abbildung 44: Liste Anforderungen; Ansicht Anforderungsmanagement

|    |                  |    |                         |
|----|------------------|----|-------------------------|
| 33 | erzeugt          | 36 | setzt sich zusammen aus |
| 34 | gegensätzlich zu | 37 | unterstützt             |
| 35 | konkurriert zu   | 38 | zerlegt sich zu         |

Eine erste Möglichkeit Anforderungen zu strukturieren bietet die (in allen Listen vorhandene) „Bestandteil von“ Spalte (nicht in Abbildung 44 gezeigt). Diese Spalte verweist auf die Liste Anforderungen. Damit können beispielsweise Gruppen angelegt werden indem dem aktuellen Element andere Anforderungen zugewiesen werden (vgl. (24) und (25)). Die Nummern 33 bis 38 arbeiten nach demselben Prinzip.

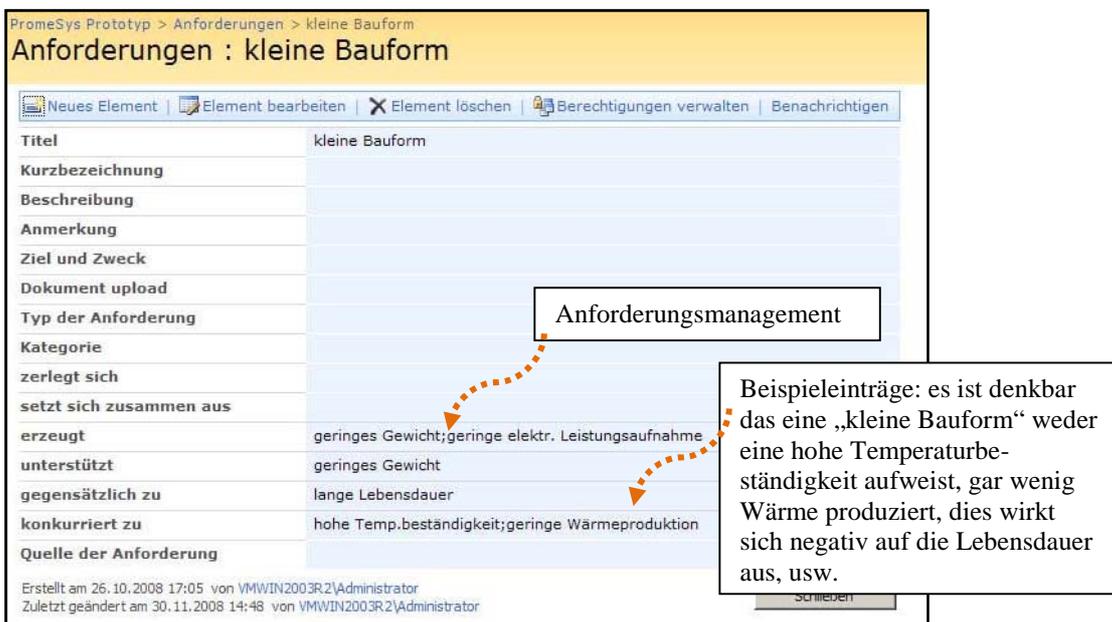


Abbildung 45: DispForm Liste Anforderungen

15 16 17 18 19 20 21 Wissensmanagement

15 News

Damit können Mitteilungen, Aufforderungen, Hinweise, etc. sofort auf dem Startbildschirm des WMS angezeigt werden (siehe Abbildung 3).

16 Diskussionsrunde

In der Diskussionsrunde können sehr einfach verschiedenste Diskussionen dezentral ohne zeitraubende Meetings durchgeführt werden. Die aktuellsten Diskussionen werden dabei zuerst aufgeführt, und für jede Diskussion wird die Anzahl der Antworten angezeigt. Dadurch erhält der Benutzer einen Überblick darüber, welche Diskussionen kürzlich Aktivitäten generiert haben und welche die beliebtesten sind. Zudem können Mitglieder ihre Ansichten der Diskussionsrunde individuell anpassen.

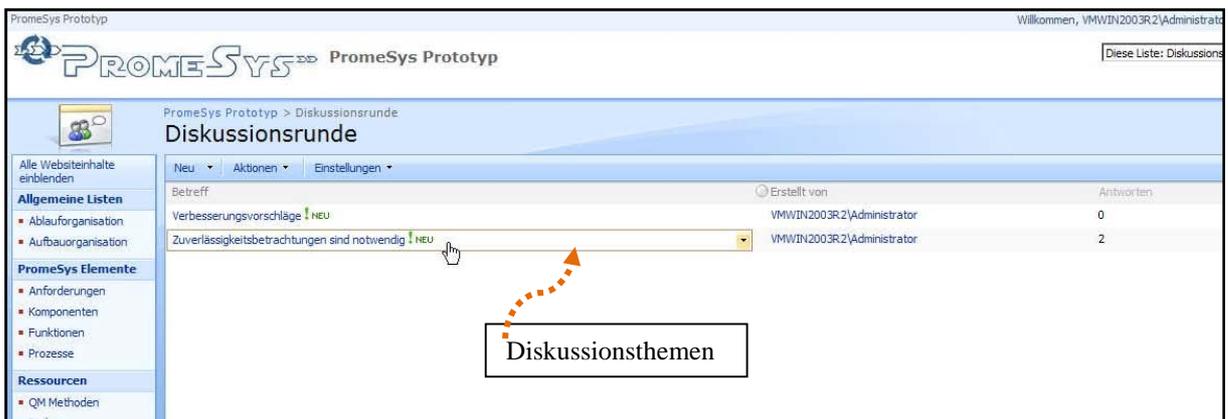


Abbildung 46: Diskussionsrunde (1)

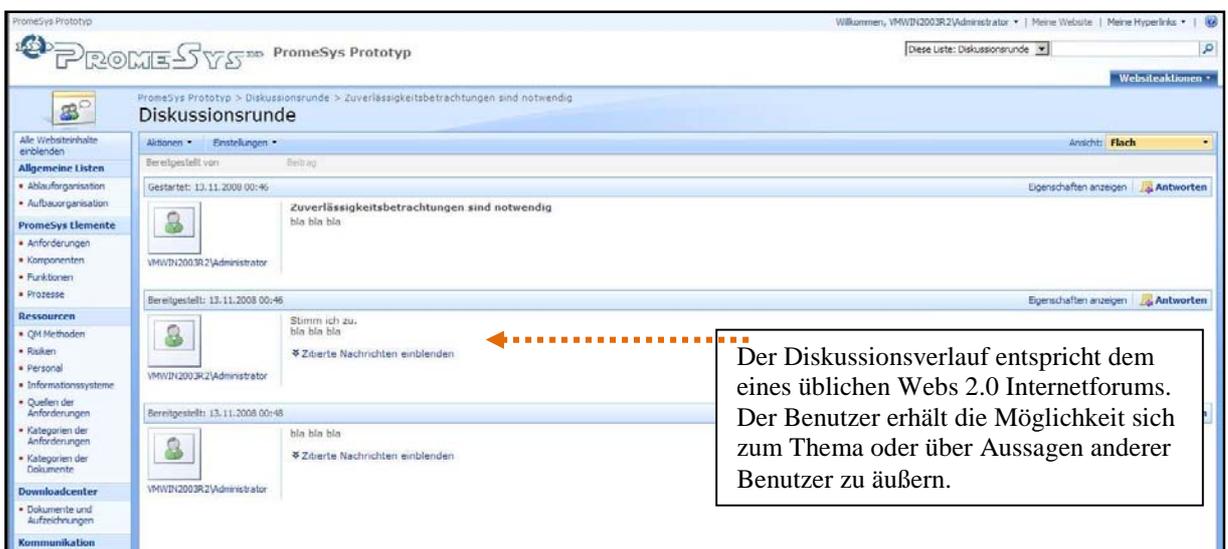


Abbildung 47: Diskussionsrunde (2)

Diese Funktionalität könnte zur Klärung von Fragen (Vorgehen, Designentscheidungen bei der Modellierung etc.) benutzt werden.

## 17 Ankündigungen

Ereignisse, von denen alle Beteiligten wissen sollten, können hier zentral veröffentlicht werden.



Abbildung 48: Ankündigungen (1)

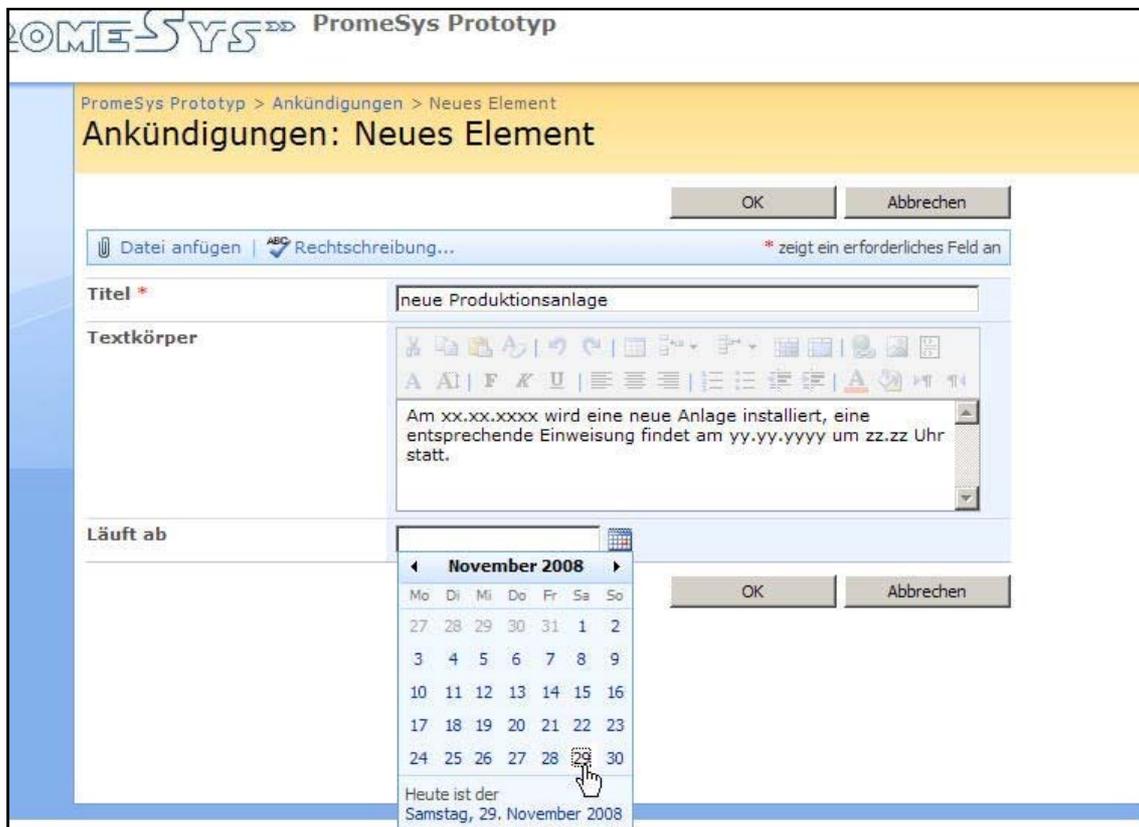


Abbildung 49: Ankündigungen (2)

## 18 Problemverfolgung

Eine alternative Möglichkeit zur Liste Risiken bietet die Liste Problemverfolgung. Anmerkung: In der Validierungsphase soll getestet werden, welche der Alternativen weiter ausgebaut werden soll.

PromeSys Prototyp > Problemverfolgung > Neues Element

**Problemverfolgung: Neues Element**

OK Abbrechen

📎 Datei anfügen ABC Rechtschreibung... \* zeigt ein erforderliches Feld an

**Titel \***

**Zugewiesen an**

**Problemstatus** Aktiv

**Priorität** (2) Normal

**Beschreibung**

**Kategorie** (2) Kategorie2

**Verwandte Probleme**

Hinzufügen >

<Entfernen

**Kommentare**

**Fälligkeitsdatum**  00:00

OK Abbrechen

Abbildung 50: Problemverfolgung

## 19 Umfragen

PromeSys Prototyp > Umfrage

**Umfrage**

Auf die Umfrage antworten Aktionen Einstellungen

**Umfragebeschreibung:** Umfrage

**Erstellt:** 18.09.2008 03:15

**Anzahl Antworten:** 12

Grafische Zusammenfassung der Antworten anzeigen

Alle Antworten anzeigen

Hier werden die aktuellen Umfragen gezeigt (z.Z. nur eine für die Demonstration eingestellt)

Abbildung 51: Umfrage (1)

PromeSys Prototyp

PromeSys Prototyp > Umfrage > Auf die Umfrage antworten

## Umfrage: Auf die Umfrage antworten

Fertig stellen Abbrechen

Wie finden Sie dieses Portal?

gut

sehr gut

Fertig stellen Abbrechen

Abbildung 52: Umfrage (2)

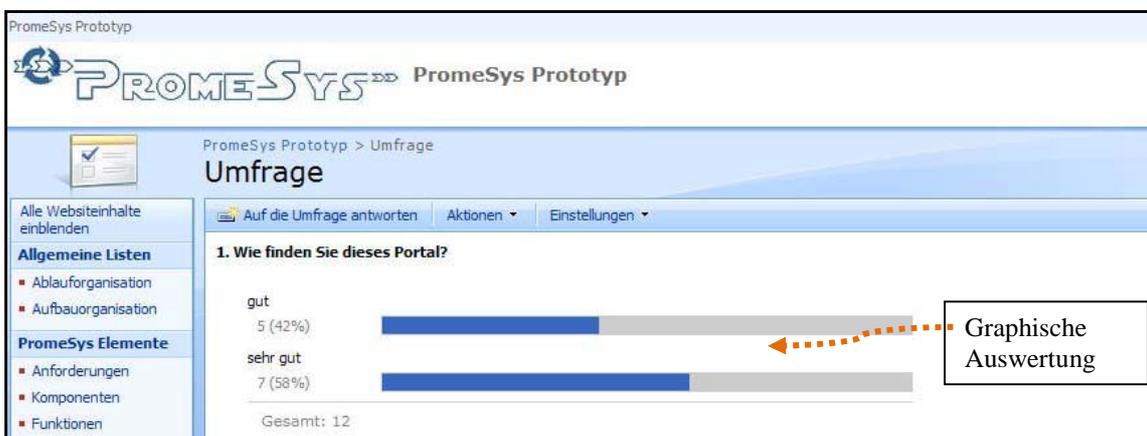


Abbildung 53: Umfrage (3)

Hier können die Meinungen der Mitarbeiter zu bestimmten Themen unkompliziert durch Umfragen ermittelt werden.

## 20 Wiki-Bibliothek

PromeSys Prototyp > Wiki > Homepage

## Homepage

Bearbeiten Verlauf Eingehende Hyperlinks

### Willkommen bei der Wiki-Bibliothek!

Klicken Sie oben auf dieser Seite auf **Bearbeiten**, um anzufangen und dieser Seite Inhalt hinzuzufügen. Oder klicken Sie auf Verwendung dieser Wiki-Bibliothek, um mehr über Wiki-Bibliotheken zu erfahren.

#### Was ist eine Wiki-Bibliothek?

*Wikiwiki* bedeutet auf Hawaiianisch 'schnell'. Eine Wiki-Bibliothek ist eine Dokumentbibliothek, in der Benutzer auf einfache Weise beliebige Seiten bearbeiten können. Die Bibliothek wächst, indem vorhandene Seiten miteinander verknüpft werden oder Hyperlinks zu neuen Seiten erstellt werden. Wenn ein Benutzer einen Hyperlink zu einer nicht erstellten Seite findet, kann er dem Hyperlink folgen und die Seite erstellen.

In Geschäftsumgebungen bietet eine Wiki-Bibliothek eine wartungsarme Möglichkeit, um Wissen aufzuzeichnen. Informationen, die in der Regel in E-Mail-Nachrichten weitergegeben, in Unterhaltungen auf dem Gang ausgetauscht oder auf Papier festgehalten werden, können stattdessen mit ähnlichen Informationen in einer Wiki-Bibliothek erfasst werden.

Andere Beispiele für die Verwendung von Wiki-Bibliotheken sind die Sammlung von Ideen, die Zusammenarbeit an Entwürfen, das Erstellen einer Anleitung, das Zusammenstellen von Daten, das Nachverfolgen von Call Center-Informationen und das Erstellen eines Sachwörterbuchs.

Zuletzt geändert am 04.09.2008 02:38 von VMWIN2003R2\Administrator

Abbildung 54: Wiki-Bibliothek (1)

PromeSys Prototyp > Wiki > Verwendung dieser Wiki-Bibliothek

## Verwendung dieser Wiki-Bibliothek

Bearbeiten | Verlauf | Eingehende Hyperlinks

**Verwendung dieser Wiki-Bibliothek**

Sie können diese Wiki-Bibliothek verwenden, um Wissen zu teilen, Ideen auszutauschen, mit Ihrem Team an einem Entwurf zu arbeiten, eine Anleitung zu erstellen, eine Wissenszyklopädie aufzubauen oder einfach täglich anfallende Informationen in einem Format zu schreiben, auf das einfach zugegriffen werden kann und das sich leicht ändern lässt.

**Bearbeiten von Wiki-Seiten**

Diese Wiki-Bibliothek bietet eine WYSIWYG-Bearbeitungsfunktion (what you see is what you get). Klicken Sie oben auf einer Seite auf **Bearbeiten**, um sie zu bearbeiten. Sie können durch Klicken auf eine Schaltfläche Tabellen und Bilder einfügen. Wenn Sie mit den vorgenommenen Änderungen zufrieden sind, klicken Sie auf **OK**, um die Seite zu aktualisieren.

**Erstellen von Hyperlinks zu Seiten**

Sie können einen Hyperlink zu einer anderen Seite in dieser Wiki-Bibliothek erstellen, indem Sie den Namen der Seite in doppelten Klammern im Entwurfsformular einfügen. Geben Sie z. B. `[[Homepage]]` ein, um einen Hyperlink zur Seite mit dem Namen 'Homepage' zu erstellen, oder geben Sie `[[Verwendung dieser Wiki-Bibliothek]]` ein, um einen Hyperlink zur entsprechenden Seite zu erstellen.

Geben Sie einen senkrechten Strich ('|') nach dem Namen der Seite ein, und geben Sie dann den Anzeigetext ein, um einen Hyperlink zu einer Seite zu erstellen, dessen Name vom Seitennamen abweicht. Geben Sie z. B. `[[Home|Homepage]]` ein, um einen Hyperlink mit dem Namen 'Homepage' zu erstellen, der auf die Seite mit dem Namen 'Home' verweist.

Geben Sie einen umgekehrten Schrägstrich vor den doppelten Klammern ein, um doppelte öffnende oder schließende Klammern anzuzeigen. Beispiel: `\[[ oder \]]`.

**Erstellen von Seiten**

Es gibt zwei grundlegende Möglichkeiten zum Erstellen einer neuen Seite in Ihrer Wiki-Bibliothek:

1. **Erstellen Sie eine Vorwärts-Verknüpfung auf eine andere Seite, und klicken Sie dann darauf, um die Seite zu erstellen:**  
Dies ist das empfohlene Verfahren zum Erstellen einer Seite, da es für Personen einfacher erkennbar ist, wann eine andere Seite mit der aktuellen Seite verknüpft ist.  
  
Vorwärts-Verknüpfungen zu Seiten, die nicht vorhanden sind, sind gestrichelt unterstrichen. Beginnen Sie, indem Sie den Hyperlink hinzufügen (befolgen Sie die Anweisungen unter **Erstellen von Hyperlinks zu Seiten** weiter oben auf dieser Seite). Klicken Sie auf den Hyperlink, um zum Formular 'Seite erstellen' zu wechseln. Dort können Sie den Inhalt eingeben.
2. **Erstellen Sie eine Seite, die mit keiner anderen verknüpft ist:**  
Klicken Sie im Abschnitt **Letzte Änderungen** auf **Ansicht: Alle Seiten**. Klicken Sie dann im Menü **Neu** auf **Neue Wiki-Seite**. Das Formular 'Seite erstellen' wird geöffnet, in dem Sie den Inhalt eingeben können.

**Verwalten der Wiki-Bibliothek**

Sie können die Seiten in der Wiki-Bibliothek verwalten, indem Sie im Abschnitt **Letzte Änderungen** auf **Ansicht: Alle Seiten** klicken.

**Wiederherstellen einer Seite**

Wenn Sie eine vorherige Version einer Seite wiederherstellen müssen, klicken Sie oben auf der Seite auf **Verlauf**. Sie können dann auf ein beliebiges Datum klicken, um die Version der Seite an jenem Datum anzuzeigen. Wenn Sie die Version gefunden haben, die Sie wiederherstellen möchten, klicken Sie in der Symbolleiste auf **Diese Version wiederherstellen**.

**Anzeigen eingehender Hyperlinks**

Sie können anzeigen, welche Seiten mit der aktuellen Seite verknüpft sind, indem Sie oben auf der Seite auf **Eingehende Hyperlinks** klicken.

Klicken Sie auf einer beliebigen Windows SharePoint Services-Seite auf **Hilfe**, um weitere Informationen zum Verwenden von Windows SharePoint Services-basierten Wiki-Bibliotheken zu erhalten.

Zuletzt geändert am 04.09.2008 02:38 von VMWIN2003R2\Administrator

Einführungstext eines SharePoint Wiki

Abbildung 55: Wiki-Bibliothek (2)

Die Verwendung einer Wiki wurde bereits in Kapitel 4.4.2.4 beschrieben: Es können Lessons Learned Projektreview (-wikis) am Ende eines Projektzykluses oder als systematische Projektdokumentation eingerichtet werden. Das Entwicklungsteam soll sich nach Abschluss des Projektes die Frage stellen, welche kritischen Erfahrungen

gemacht wurden und worauf zukünftige Teams bei bei ähnlichen Problemstellungen achten sollten etc.

## 21 Wissensdatenbank

Eine alternative Form einer Wiki (-Seite) bietet die als SharePoint Anwendungsvorlage bereitgestellte Wissensdatenbank.

Promesys Prototyp > Wissensdatenbank

**PROMESYS** Wissensdatenbank

Wissensdatenbank > Knowledge Base > Neue Wiki-Seite

**Neue Wiki-Seite**

Erstellen Abbrechen

Name \*

Titel des Projektes

Stichwörter

Hinzufügen >

<Entfernen

Gegenstände des Projektes (vorher definiert)

Artikelinhalt

Beschreibung der Erfahrungen  
Was ist gut gelaufen?  
Was ist schlecht gelaufen?  
Welche Lehren können gezogen werden?

Verwandte Artikel

Hinzufügen >

<Entfernen

Erstellen Abbrechen

Abbildung 56: Wissensdatenbank (2)

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig, ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

.....

Magdeburg, den 04. Dezember 2008