

KIT SCIENTIFIC REPORTS 7620

# Key-Performance-Analyse von Methoden des Anforderungsmanagements

Christina Zehnter, Alexander Burger, Jivka Ovtcharova



Christina Zehnter, Alexander Burger, Jivka Ovtcharova

**Key-Performance-Analyse von Methoden des Anforderungsmanagements**

**Karlsruhe Institute of Technology**  
**KIT SCIENTIFIC REPORTS 7620**

# Key-Performance-Analyse von Methoden des Anforderungsmanagements

von

Christina Zehnter  
Alexander Burger  
Jivka Ovtcharova

Institut für Informationsmanagement im Ingenieurwesen

Report-Nr. KIT-SR 7620

### Impressum

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
KIT Scientific Publishing  
Straße am Forum 2  
D-76131 Karlsruhe  
www.ksp.kit.edu

KIT – Universität des Landes Baden-Württemberg und  
nationales Forschungszentrum in der Helmholtz-Gemeinschaft



Diese Veröffentlichung ist im Internet unter folgender Creative Commons-Lizenz  
publiziert: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/>

KIT Scientific Publishing 2012  
Print on Demand

ISBN 978-3-86644-865-0

## Vorwort

Unternehmen sehen sich einem steigenden Wettbewerbsdruck auf dem Weltmarkt sowie einer Homogenisierung von Produkten hinsichtlich technischer und qualitativer Aspekte konfrontiert. Um in diesem Umfeld bestehen zu können ist eine detaillierte Kenntnis der Markt- und Kundenbedürfnisse essentiell. Diese bildet die Grundlage, um in zielgerichteten Entwicklungsprozessen technisch und wirtschaftlich überlegene Produkte und Services zu generieren. Dem Anforderungsmanagement als Bestandteil der strategischen Produktplanung, in dessen Rahmen die wesentlichen Eigenschaften zukünftiger Produkte und Services festgelegt werden, kommt hierbei eine zentrale Rolle zu.

Das Anforderungsmanagement wird als Managementaufgabe für die effiziente und fehlerarme Entwicklung komplexer Systeme verstanden. Eine Vielzahl an Methoden unterstützt den Prozess des Anforderungsmanagements. Die Anwendbarkeit dieser Methoden ist projektspezifisch zu beantworten und hängt von einer Vielzahl an Faktoren ab. Darunter fallen materielle, personelle oder auch zeitliche Aufwendungen, aber auch der benötigte Formalisierungs- und Detaillierungsgrad der Anforderungen.

Der vorliegende Bericht soll Entscheidungsträgern im Bereich des Anforderungsmanagements als Grundlage und Handlungsempfehlung dienen. Er gibt eine Übersicht sämtlicher gängiger Methoden und ordnet diese den Prozessschritten des Anforderungsmanagements zu. Eine daran anschließende Schlüsselfaktorenanalyse ermöglicht die Auswahl eines Bündels an Methoden, welches den projektspezifischen Umständen und Restriktionen Rechnung trägt und somit eine optimale Unterstützung garantiert.

Karlsruhe,  
im Juli 2012

Jivka Ovtcharova  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)



## **Kurzfassung**

Der vorliegende Bericht beinhaltet eine Übersicht, Beschreibung und anschließende Bewertung der wichtigsten Methoden des Anforderungsmanagements. Zunächst erfolgt eine Einordnung und Beschreibung der Methoden in die drei Phasen des Anforderungsprozesses. Dazu zählen die Anforderungsermittlung, die Anforderungsanalyse und die Anforderungsspezifikation. Anschließend werden die vorgestellten Methoden mithilfe einer Key Performance Analyse anhand von zuvor definierten Schlüsselfaktoren (Key Performance Indicators) bewertet, um eine Aussagefähigkeit über den sinnvollen und möglichst optimalen Einsatz der Methoden abzuleiten. Die vorliegende Arbeit richtet sich dabei an Entscheidungsträger im Feld des Anforderungsmanagements und liefert diesen eine Methodenübersicht sowie praktische Handlungsempfehlungen für die spezifische Projektarbeit. Die Autoren danken der Europäischen Kommission für die finanzielle Unterstützung der Arbeit im Rahmen des 7. Rahmenprogramms unter dem Grant Agreement no. FP7-NMP-2011-ICT-FoF-284602 (Know4Car).

## **Abstract**

The present report contains a broad overview, description and subsequent evaluation of the major methods of the Requirements Engineering field. Initially, a classification and description of the methods into the three phases of the Requirements Engineering process was conducted. These phases are namely the requirements elicitation, the requirements analysis and the requirements specification. In the following, the present report focuses on the evaluation of the presented methods by means of a Key Performance Analysis using specifically defined Key Performance Indicators (KPIs). This analysis enables decision makers to ensure an expedient and optimal appliance of the presented methods. This work has been supported by the European Comission within the 7th framework programme under grant agreement no. FP7-2011-NMP-ICT-FoF-284602 (Know4Car).



# Inhaltsverzeichnis

|  |            |
|--|------------|
| <b>VORWORT</b> .....   | <b>V</b>   |
| <b>KURZFASSUNG</b> .....   | <b>VII</b> |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | <b>VII</b> |
| <b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....                                    | <b>IX</b>  |
| <b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b> .....                                 | <b>XI</b>  |
| <b>1 Einleitung</b> .....  | <b>1</b>   |
| 1.1 Ausgangssituation .....  | 1          |
| 1.2 Zielsetzung und Nutzen .....                                   | 2          |
| 1.3 Methodisches Vorgehen .....                                    | 3          |
| <b>2 Grundlagen</b> .....  | <b>5</b>   |
| 2.1 Einordnung des Anforderungsmanagements .....                   | 5          |
| 2.2 Definition des Anforderungsmanagements .....                   | 7          |
| 2.3 Der Anforderungsbegriff – Definition, Arten und Quellen .....  | 9          |
| 2.3.1 Anforderungsdefinition .....                                 | 9          |
| 2.3.2 Anforderungsarten .....                                      | 10         |
| 2.3.3 Anforderungsquellen .....                                    | 11         |
| 2.4 Prozessschritte des Anforderungsmanagements .....              | 11         |
| 2.5 Definitiorische Grundlagen .....                               | 13         |
| 2.5.1 Begriffsabgrenzung Methodik – Methode .....                  | 13         |
| 2.5.2 Key Performance Indicators und Key Performance Analyse ..... | 13         |
| 2.6 Zusammenfassung .....  | 14         |
| <b>3 Stand der Technik</b> .....                                   | <b>15</b>  |
| 3.1 Überblick der Methodeneinteilung .....                         | 15         |
| 3.2 Methoden der Anforderungsermittlung .....                      | 16         |
| 3.2.1 Kreativitätsmethoden .....                                   | 16         |
| 3.2.2 Befragungsmethoden .....                                     | 21         |
| 3.2.3 Beobachtungsmethoden .....                                   | 23         |
| 3.2.4 Artefaktbasierte Methoden .....                              | 24         |
| 3.3 Methoden der Anforderungsanalyse .....                         | 25         |
| 3.3.1 Klassifizierungsmethoden .....                               | 26         |
| 3.3.2 Priorisierungsmethoden .....                                 | 31         |
| 3.4 Methoden der Anforderungsspezifikation .....                   | 37         |
| 3.4.1 Natürlichsprachige Methoden .....                            | 38         |
| 3.4.2 Modellbasierte Methoden .....                                | 40         |
| 3.4.3 Standardisierte Methoden .....                               | 49         |
| 3.5 Zusammenfassung .....  | 51         |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| <b>4</b> | <b>Definition von Key Performance Indicators für das Anforderungsmanagement</b> ..... | 53         |
| 4.1      | Generelle Key Performance Indicators des Anforderungsmanagements.....                 | 53         |
| 4.2      | Phasenspezifische Key Performance Indicators des Anforderungsmanagements .....        | 55         |
| 4.2.1    | Zusätzliche Key Performance Indicators in der Anforderungsermittlung.....             | 55         |
| 4.2.2    | Spezifische Key Performance Indicators in der Anforderungsanalyse .....               | 56         |
| 4.2.3    | Spezifische Key Performance Indicators in der Anforderungsspezifikation.....          | 56         |
| 4.3      | Zusammenfassung.....  | 57         |
| <b>5</b> | <b>Key Performance Analyse – Evaluierung der Methoden des Anforderungs-</b>           |            |
|          | <b>managements.....</b>   | <b>59</b>  |
| 5.1      | Vorgehensweise der Evaluierung – Clusterbildung.....                                  | 59         |
| 5.2      | Evaluierung – Key Performance Analyse .....   | 63         |
| 5.2.1    | Evaluierung der Methoden der Anforderungsermittlung.....                              | 64         |
| 5.2.2    | Evaluierung der Methoden der Anforderungsanalyse .....                                | 68         |
| 5.2.3    | Evaluierung der Methoden der Anforderungsspezifikation.....                           | 72         |
| 5.3      | Beurteilung der evaluierten Cluster und Vorgehensweise einer Methodenauswahl.....     | 75         |
| 5.4      | Zusammenfassung.....  | 76         |
| <b>6</b> | <b>Zusammenfassung, Kritik und Ausblick</b> .....                                     | <b>77</b>  |
| 6.1      | Zusammenfassung.....  | 77         |
| 6.2      | Kritik .....  | 78         |
| 6.3      | Ausblick .....  | 79         |
| <b>A</b> | <b>Abbildungsverzeichnis</b> .....  | <b>I</b>   |
| <b>B</b> | <b>Tabellenverzeichnis</b> .....  | <b>III</b> |
| <b>C</b> | <b>Literaturverzeichnis</b> .....   | <b>V</b>   |
| <b>D</b> | <b>Index</b> .....  | <b>IX</b>  |
| D.1      | Grundkonzept zur Erstellung des ersten House of Quality nach Schulte.....             | IX         |
| D.2      | Referenzschablone zur Spezifikation eines Use-Case Modells .....                      | XI         |
| D.3      | Vorlage für eine Softwareanforderungsspezifikation .....                              | XII        |
| D.4      | Inhalte des Volere Requirements Specification Template .....                          | XIII       |
| D.5      | Übersicht über Konventionen der Bewertungsnotation .....                              | XIV        |
| D.6      | Übersicht der Methoden der Anforderungsermittlung.....                                | XV         |
| D.7      | Übersicht der Methoden der Anforderungsanalyse.....                                   | XVI        |
| D.8      | Übersicht der Methoden der Anforderungsspezifikation.....                             | XVII       |

## Abkürzungsverzeichnis

|      |   |
|------|---|
| AHP  | Analytic Hierarchy Process                        |
| C    | Cluster   |
| EPK  | Ereignisgesteuerte Prozesskette                   |
| ER   | Entity-Relationship                               |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| HoQ  | House of Quality                                  |
| KES  | Kansei Engineering System                         |
| KJ   | Kawakita-Jiro                                     |
| KPI  | Key Performance Indicator                         |
| PI   | Performance Indicator                             |
| QFD  | Quality Function Deployment                       |
| RE   | Requirements Engineering                          |
| SE   | Software Engineering                              |
| SRS  | Software Requirements Specification               |
| UML  | Unified Modeling Language                         |



# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation

Das Anforderungsmanagement gilt als einer der grundlegenden Prozesse im Bereich von Entwicklungsprozessen. Dies belegen zahlreiche Studien wie der „Standish Group Report“ aus dem Jahre 1995 (The Standish Group, 1995, S. 2ff). Demnach gilt ein unzureichend ausgeführtes Anforderungsmanagement als einer der Hauptursachen für das Scheitern eines Projektes. Einige Ursachen, die dem Anforderungsmanagement zugeordnet werden können, sind unvollständig definierte Anforderungen, eine mangelnde Einbeziehung aller Beteiligten, unrealistische Erwartungen an die Software und vorgenommene Änderungen der Anforderungen. Somit kommt dem Anforderungsmanagement in Entwicklungsprozessen eine bedeutende Rolle zu, die es nicht zu unterschätzen gilt – besonders im Hinblick auf die neuen Herausforderungen im heutigen Zeitalter. Dazu zählen unter anderem die gestiegenen Anforderungen an ein System aufgrund von wachsenden Funktionsumfängen (Ebert, 2009, S. 2f). Diese gestiegenen Funktionsumfänge zeigen sich beispielweise in einer stärkeren Vernetzung mehrerer Systeme oder in einer Erhöhung der zur Verfügung stehenden Varianten, welche unverzüglich zu einer erhöhten Komplexität eines Produktes führen (Pohl, 2007, S. 7). Weitere Herausforderungen ergeben sich im Hinblick auf die Zeit, die Kosten und die Qualität eines Produktes, um eine hinreichende Wettbewerbsfähigkeit aufweisen zu können.

Wird das Anforderungsmanagement nur unzureichend durchgeführt, müssen entstandene Fehler oder unzureichend definierte Anforderungen zwangsläufig in einer späteren Phase bereinigt werden, was mit einem deutlichen Aufwands- und Kostenanstieg verbunden ist. So führt beispielweise eine Bereinigung eines Anforderungsfehlers in der Implementierungsphase einer Software zu einem 20-fachen höheren Aufwand im Vergleich zu der Beseitigung des Fehlers in der Phase des Anforderungsmanagements (Boehm, 1981).

Deshalb ist es in Entwicklungsprozessen von elementarer Bedeutung, die verschiedenen Methoden zur Unterstützung des Anforderungsmanagement zu kennen, um die für das eigene Projekt geeigneten Methoden auch sinnvoll einsetzen zu können.

## 1.2 Zielsetzung und Nutzen

Diese vorliegende Arbeit beinhaltet einerseits die Zielsetzung der Beschreibung und Einordnung gängiger Methoden des Anforderungsmanagements und andererseits deren Evaluierung hinsichtlich geeigneter Schlüsselfaktoren.

Eine Vielzahl an vorhandener Fachliteratur zum Thema Anforderungsmanagement liefert Hinweise, wie der Prozess des Anforderungsmanagements durchgeführt werden sollte und worauf bei den einzelnen Schritten zu achten ist (Wiegers, 2005) (Ebert, 2009). Jedoch mangelt es häufig an einer Übersicht aller Methoden der differenzierten Phasen, sowie einer Einordnung in die unterschiedlichen Prozessschritte. Diesem Defizit soll durch eine Methodenfokussierung im Folgenden Abhilfe geleistet werden. Eine Kenntnisnahme über die geeigneten Methoden und somit ein fundamentalbasiertes Wissen über den Prozess des Anforderungsmanagements bilden die Basis für einen erfolgreichen Entwicklungsprozess. Ein fundiertes Anforderungsmanagement gilt dabei als einer der wichtigsten Schlüsselfaktoren für den Erfolg eines Projektes (The Standish Group, 1995, S. 4).

Der Nutzen dieser Arbeit kennzeichnet sich durch die Erstellung eines Methodenkatalogs der jeweiligen Prozessschritte, welcher eine Übersicht der auszuwählenden Methoden ermöglicht. Bei der Evaluierung wird diesen Methoden zusätzlich eine Gewichtung und Aussagefähigkeit hinsichtlich deren sinnvollen Einsatzes zugewiesen. Explizite Vor- und Nachteile, sowie eine Gegenüberstellung schaffen eine Vergleichsbasis und vereinfachen die Auswahl an Methoden für das eigene, spezifische Projekt.

### 1.3 Methodisches Vorgehen

In Kapitel 2 vermittelt die vorliegende Arbeit eine Grundlagenbasis zur Gewährleistung einer identischen Auffassung über fachspezifische Begriffe und Prozessschritte des Anforderungsmanagements sowie über begriffliche Grundlagen. In Kapitel 3 erfolgt eine Fokussierung auf den Stand der Technik hinsichtlich der Methoden des Anforderungsmanagements. Dieses Kapitel dient der Beschreibung und Einordnung der Methoden in die Prozessschritte des Anforderungsmanagements. Die Ableitung von Schlüsselfaktoren (Key Performance Indicators) in Kapitel 4 gibt Aufschluss über den aufgestellten Kriterienkatalog, der zur Evaluierung der vorgestellten Methoden des Anforderungsmanagements in Kapitel 5 herangezogen wird. Kapitel 6 beendet die Arbeit mit einer abschließenden Zusammenfassung, einer kritischen kurzen Betrachtung der Erkenntnisse und einem Ausblick. Abbildung 1.1 veranschaulicht die Vorgehensweise der vorliegenden Arbeit.

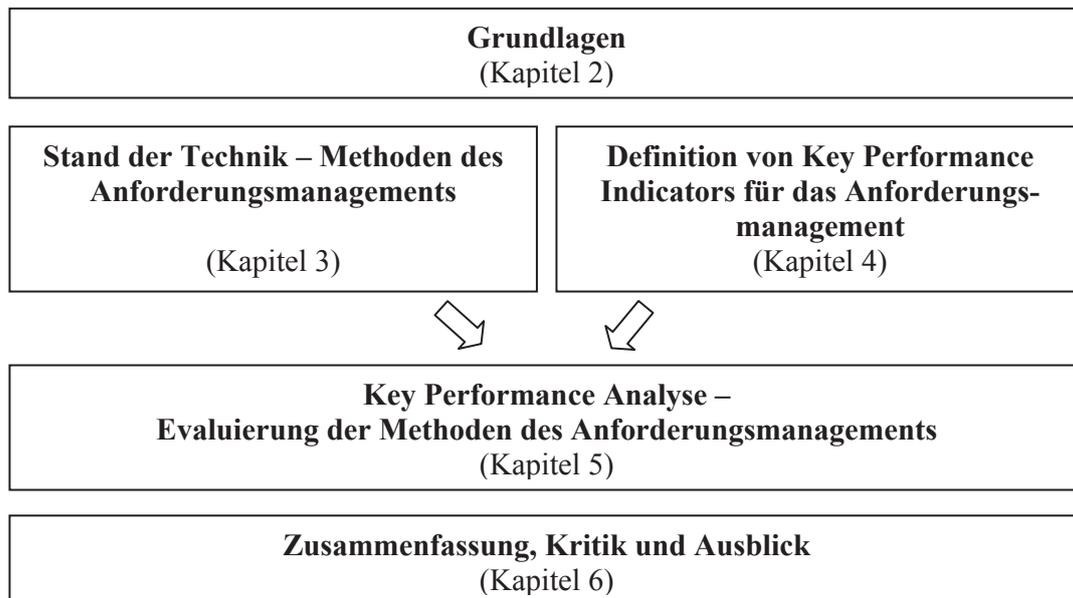


Abb. 1.1: Übersicht über den Aufbau der vorliegenden Arbeit



## 2 Grundlagen

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Identifizierung, Einordnung und Bewertung von Methoden des Anforderungsmanagements. Zunächst erfolgt die Vermittlung einer Grundlagenbasis, um ein gemeinsames Verständnis des Begriffes des Anforderungsmanagements und der Key Performance Indicators, welche zur Bewertung herangezogen werden, zu erzielen.

Um dies zu erreichen, wird zunächst in Abschnitt 2.1 das Anforderungsmanagement in einen übergeordneten Prozess eingeordnet. Hiermit kommt zum Ausdruck, in welchem Bereich das Anforderungsmanagement zum Einsatz kommt und angesiedelt ist. Anschließend erfolgt eine allgemeingültige Definition des Begriffes Anforderungsmanagement (Abschnitt 2.2) sowie eine Fokussierung auf den Begriff der Anforderung (Abschnitt 2.3). Abschnitt 2.4 verdeutlicht schließlich die Prozessschritte des Anforderungsmanagements und beschreibt somit die unterschiedlichen Aktivitäten. Abschnitt 2.5 vermittelt definitorische Grundlagen hinsichtlich einer Abgrenzung der Begriffe Methodik und Methode, sowie Definitionen der Key Performance Indicators (KPIs) und der Key Performance Analyse, welche die Grundlagen zur Bewertung der Methoden des Anforderungsmanagements bilden. Eine Zusammenfassung über Kapitel 2 erfolgt in Abschnitt 2.6.

### 2.1 Einordnung des Anforderungsmanagements

Das Anforderungsmanagement kommt als eine der ersten Phasen bei einem Entwicklungsprozess zum Einsatz. Es stellt dabei einen wichtigen Ausgangspunkt aufgrund der Festlegung von umzusetzenden Anforderungen innerhalb eines neuen Projektes dar. Ein anschauliches Beispiel soll im Folgenden die Einordnung des Anforderungsmanagements verdeutlichen. Dazu wird der Prozess des Software Engineerings als typisches Beispiel eines Entwicklungsprozesses herangezogen und das Anforderungsmanagement eingeordnet.

Die Entwicklung eines softwaregestützten Systems wird durch den Prozess des Software Engineerings (SE) unterstützt. Nach dem Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) wird das SE als eine systematische, disziplinierte und quantifizierbare Vorgehensweise zur Entwicklung, zum Betrieb und zur Wartung von Software definiert (IEEE, 1990, S. 67). Eine der ersten Personen, die eine vorläufige Form des Wasserfallmodells nutzte, um die einzelnen Phasen des SEs zu beschreiben, war Winston W. Royce (Royce, 1970). Mittlerweile existiert eine Vielzahl an verschiedenen Modellen, wie beispielsweise das Wasserfallmodell, das Spiral-Modell, das V-Modell etc., um die Vorgehensweise beim Software Engineering durch einzelne vordefinierte Phasen zu unterstützen. Stellvertretend ist in

Abbildung 2.1 das Wasserfallmodell in einer Annäherung an Royce dargestellt, um die Hauptphasen eines Entwicklungsprozesses zu verdeutlichen (Royce, 1970, S. 333).<sup>1</sup>

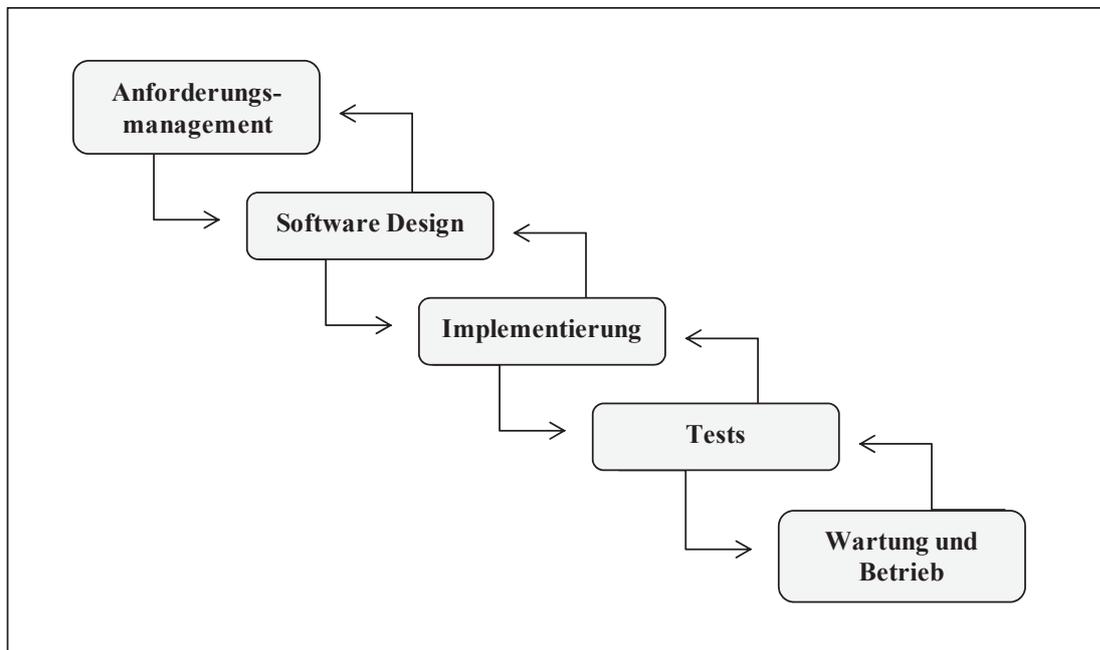


Abb. 2.1: Stufen des Wasserfallmodells in Anlehnung an Royce (Royce, 1970, S. 333)

Die erste Phase des SE ist in der Regel durch eine Ermittlung, Analyse und Spezifikation der Anforderungen gekennzeichnet. Hierbei werden Ziele und gewünschten Funktionalitäten des zu entwickelten Systems definiert und festgelegt. In dieser Phase kommt das Anforderungsmanagement, das auch als Requirements Engineering (RE) bezeichnet wird, zum Tragen. Anschließend folgt die Phase des Software Designs, in der vor allem die Architektur des Systems entwickelt wird. Daraufhin erfolgt die Kodierung bzw. Implementierung des zuvor getätigten Entwurfes, indem schließlich die Programme realisiert werden. Die beiden Schlussphasen bilden das Testen sowie der Betrieb und die Wartung einer Software. Das Wasserfallmodell besitzt an jedem Ende einer Phase vordefinierte Meilensteine, die es zu erreichen gilt. Rückschritte sind manchmal zur Fehlerbeseitigung notwendig. Aus dem Ablauf eines möglichen SE Prozesses in Form des Wasserfallmodells wird deutlich, dass der Ausgangspunkt einer Softwareentwicklung eine hinreichende Entwicklung einer Anforderungsdefinition ist. Der Ansatz des Anforderungsmanagements, der Teil dieser Phase ist, bildet somit die Grundlage für das weitere Vorgehen und die weitere Entwicklung einer Software.

---

<sup>1</sup>Beim Wasserfallmodell werden die einzelnen Schritte als abgeschlossene Phase betrachtet. Bei anderen Modellen erfolgt das Anforderungsmanagement als begleitender Prozess (z.B. Extreme Programming).

## 2.2 Definition des Anforderungsmanagements

Der Begriff des Anforderungsmanagements (AM) wird nach Leffingwell und Widrig wie folgt definiert (Leffingwell & Widrig, 2000, S. 16):

*„Requirements management is a systematic approach to eliciting, organizing, and documenting the requirements of the system, and a process that establishes and maintains agreement between the customer and the project team on the changing requirements of the system.“*

Nach dieser Definition handelt es sich bei dem Anforderungsmanagement um einen systematischen Ansatz zur Ermittlung, Organisation und Dokumentation von Anforderungen, sowie um einen Prozess zur Erzielung und Erhaltung einer Übereinstimmung zwischen dem Kunden und dem Projektteam auf die sich ändernden Anforderungen des Systems.

Der deutsche Begriff des AMs wird häufig synonym mit dem englischsprachigen Begriff des Requirements Engineerings (RE) verwendet. Bei dem RE handelt es sich um einen Begriff, der alle Aktivitäten, die bei der Entwicklung und der Dokumentation einer Vielzahl an Anforderungen bei einem computergestütztem System zusammenfasst (Kotonya & Sommerville, 1998). Nach Pohl (Pohl, 2007, S. 43) wird das RE folgendermaßen definiert:

*„Das RE ist ein kooperativer, iterativer, inkrementeller Prozess, dessen Ziel es ist zu gewährleisten, dass*

- *alle relevanten Anforderungen bekannt und in dem erforderlichen Detaillierungsgrad verstanden sind,*
- *die involvierten Stakeholder eine ausreichende Übereinstimmung über die bekannten Anforderungen erzielen,*
- *alle Anforderungen konform zu den Dokumentationsvorschriften dokumentiert bzw. konform zu den Spezifikationsvorschriften spezifiziert sind.“*

Somit lässt sich nach den Definitionen von Leffingwell und Widrig sowie von Pohl eine gemeinsame Aufgabe und Zielsetzung erkennen: Auf die Ermittlung bzw. Gewinnung der Anforderungen erfolgt eine anschließende Überprüfung der zuvor gewonnenen Anforderungen durch die beteiligten Stakeholder, eine Gruppe von Interessensvertreter, und schließlich eine Dokumentation der zuvor gesammelten Informationen. Diese drei Aufgaben lassen sich aus beiden Definitionen ableiten, weshalb die Begriffe des RE und des AM in der vorliegenden Arbeit synonym verwendet werden. Pohl bezeichnet die einzelnen Schritte als die drei Hauptaktivitäten des RE (Pohl, 1994, S. 3f).

Abbildung 2.2 verdeutlicht in einer Annäherung an Pohl das Zusammenwirken der drei vorgestellten Hauptaktivitäten, die nur bei gemeinsamer hinreichender Ausübung das Gesamtziel eines vollständigen AMs erreichen (Pohl, 1994, S. 4).

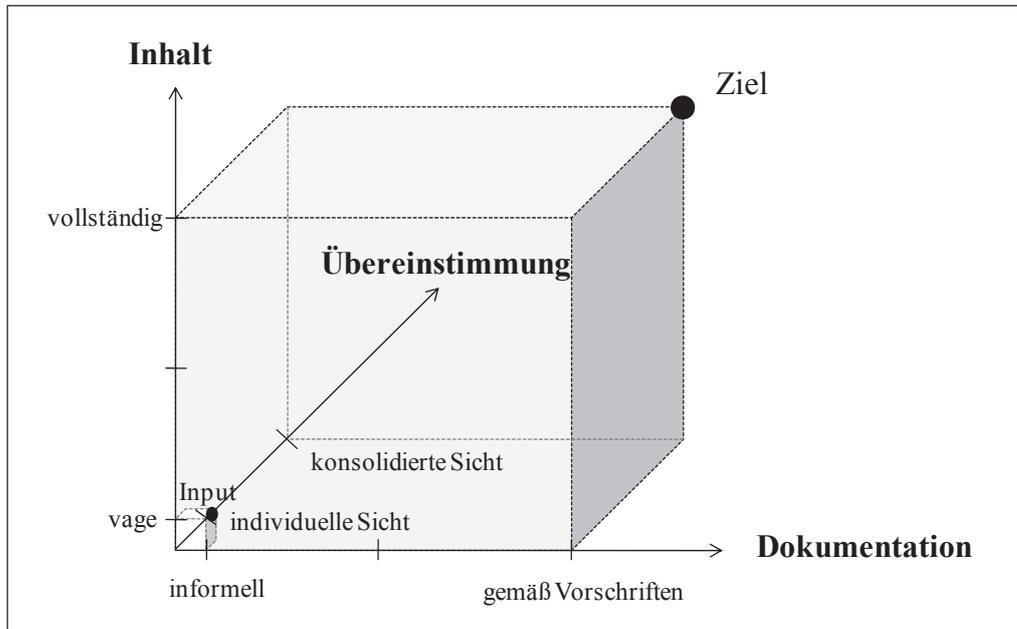


Abb. 2.2: Hauptaktivitäten des AM-Prozesses in Anlehnung an Pohl (Pohl, 1994, S. 4)

Die Ordinate stellt den ermittelten Inhalt der Anforderungen dar, wobei im Idealfall ein vollständiges Verständnis der Anforderungen gelingt. Die Aktivität der Anforderungsanalyse führt zu einer Übereinstimmung (Applikate), indem eine konsolidierte Sicht aller Stakeholder bezüglich der geforderten Anforderungen gebildet wird. Die Abszisse repräsentiert in der Abbildung die Dokumentation, die gemäß den zuvor definierten Vorschriften erfolgt. Somit führt der Prozess des AM bzw. RE von vagen, individuellen und informellen Anforderungen zu vollständigen, konsolidierten und gemäß der Vorschrift dokumentierten Anforderungen.

Die Validierung und das Management stellen die zwei ergänzenden Aktivitäten im AM bzw. RE dar. Es sei hierbei darauf verwiesen, dass auch häufig andere Definitionen des RE in der Fachliteratur zu finden sind, in der die Validierung (Kotonya & Sommerville, 1998, S. 32f) oder die Validierung und das Management (Wiegers, 2005, S. 39ff) (Ebert, 2009, S. 32ff) als eine Hauptaktivität einzuordnen sind. Unter dem Begriff des Managements wird in dieser Arbeit die Koordination zwischen den einzelnen Hauptaktivitäten bezeichnet.

Der Begriff des RE setzt sich aus den beiden Worten „Requirements“ und „Engineering“ zusammen. Dabei steht der Begriff „Engineering“ für systematische und wiederholbare Methoden, die vollständige, relevante und konsistente Systemanforderungen gewährleisten (Kotonya & Sommerville, 1998, S. 8). Somit sollten im RE die Aktivitäten durch Methoden unterstützt werden, um dem Begriff gerecht zu werden. Auf eine genauere Bedeutung des Begriffes „Requirements“ (zu dt.: Anforderungen) wird in Abschnitt 2.3 eingegangen.

## 2.3 Der Anforderungsbegriff – Definition, Arten und Quellen

Dieser Abschnitt fokussiert den Anforderungsbegriff mittels einer Anforderungsdefinition (Abschnitt 2.3.1), einer Beschreibung der Anforderungsarten (Abschnitt 2.3.2) und einer Auflistung der differenzierten Anforderungsquellen (Abschnitt 2.3.3).

### 2.3.1 Anforderungsdefinition

Es existiert eine Vielzahl an vorhandenen Definitionen des Anforderungsbegriffes, von denen keine als allgemein gültig betrachtet werden kann. Generell bezieht sich der Begriff der Anforderungen eher darauf *was* ein System erfüllen soll, und nicht *wie* dies umgesetzt werden soll (Sommerville & Sawyer, 1997). Nach IEEE wird eine Anforderung wie folgt definiert (IEEE, 1990, S. 62):

- (1) *“A condition or capability needed by a user to solve a problem or achieve an objective.*
- (2) *A condition or capability that must be met or possessed by a system or system component to satisfy a contract, standard, specification, or other formally imposed documents.*
- (3) *A documented representation of a condition or capability as in (1) or (2).“<sup>2</sup>*

Basierend auf dieser Definition werden einerseits Ziele und Bedürfnisse (1) der Benutzer und andererseits Eigenschaften oder Bedingungen (2) eines zu entwickelnden Systems verstanden. Als Anforderungen werden nach (3) sowohl nicht dokumentierte Anforderungen wie in (1) und (2) beschrieben, als auch dokumentierte Anforderungen verstanden. Generell gelten Anforderungen als eine zentrale Bedeutung für ein Entwicklungsprojekt, aufgrund der Bildung einer grundlegenden Basis für die nachfolgenden Aktivitäten in einer Softwareentwicklung (Pohl, 2007, S. 14). Ohne eine exakte Generierung der geforderten Anforderungen ist keine Entwicklung möglich.

Rupp und die Sophisten definieren eine Anforderung als eine „Aussage über eine zu erfüllende Eigenschaft oder zu erbringende Leistung eines Produktes, Prozesses oder der am Prozess beteiligten Personen“ (Rupp & SOPHISTen, 2009, S. 14). Zu beachten gilt, dass die Aufstellung einer Anforderung keinerlei Informationen liefert, ob diese tatsächlich realisiert werden.

---

<sup>2</sup>Übersetzung der Autoren:

- (1) Eine Eigenschaft oder Bedingung, die von einer Person oder einem System zur Lösung eines Problems oder zur Erreichung eines Zieles benötigt wird.
- (2) Eine Eigenschaft oder Bedingung, die ein System oder eine Systemkomponente aufweisen muss, zur Erfüllung eines Vertrages, einer Norm, einer Spezifikation oder eines anderen formell auferlegten Dokumentes.
- (3) Eine dokumentierte Repräsentation einer Eigenschaft oder Bedingung wie in (1) oder (2) definiert.

### 2.3.2 Anforderungsarten

Da sich das AM mit der genaueren Untersuchung von Anforderungen an ein System befasst, ist es hinter diesem Hintergrund notwendig, die verschiedenen Arten von Anforderungen an ein System genauer zu definieren. Dabei werden drei Anforderungsarten unterschieden: funktionale, nicht funktionale Anforderungen - auch als Qualitätsanforderungen bezeichnet - sowie Randbedingungen (Pohl & Rupp, 2011, S. 16f).

- Unter einer *funktionalen Anforderung* wird eine geforderte Funktion verstanden, die von einer Systemkomponente oder von einem System bereitgestellt werden soll (Pohl & Rupp, 2011, S. 16). Die funktionalen Anforderungen enthalten Informationen, welche Funktionen ein System gewährleisten, wie das System auf bestimmte Eingaben reagieren oder wie es sich in bestimmten Situationen verhalten soll (Sommerville, 2011, S. 84f). In einigen Fällen kann auch explizit angegeben werden was das System nicht tun sollte.
- Eine *Qualitätsanforderung* oder nicht-funktionale Anforderung stellt eine qualitative Eigenschaft dar, die in einzelnen Funktionen eines Systems oder im System selbst vorkommen soll (Pohl & Rupp, 2011, S. 16). Dabei handelt es sich um Einschränkungen der Funktionen des Systems, weshalb die Qualitätsanforderungen nur in Kombination mit den funktionalen Anforderungen auftreten können (Ebert, 2009, S. 29).
- *Randbedingungen* stellen die dritte Art der Anforderungen dar. Sie schränken die Realisierung des Systems durch die Vorgabe von organisatorischen und technologischen Bedingungen ein (Pohl & Rupp, 2011, S. 17).

Abbildung 2.3 gibt eine Übersicht in Anlehnung an Ebert über mögliche funktionale Anforderungen, Qualitätsanforderungen und Randbedingungen (Ebert, 2009, S. 28).

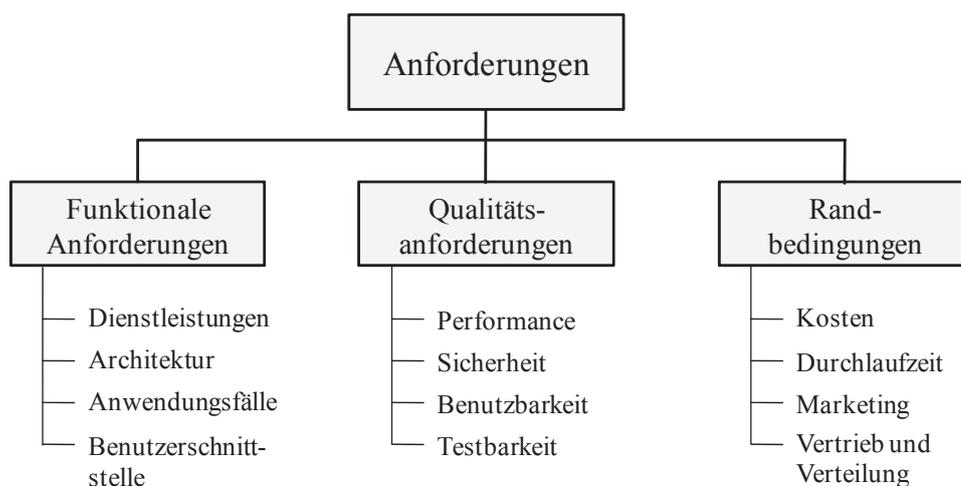


Abb. 2.3: Beispiele für die Klassifizierung der Anforderungsarten in Softwareprojekten (Ebert, 2009, S. 28)

### 2.3.3 Anforderungsquellen

Von besonderer Bedeutung für den Erfolg einer Anforderungsermittlung gilt es, alle Anforderungsquellen zu identifizieren, um diese in den Prozess des AM einzubinden. Nach Pohl und Rupp werden die Anforderungsquellen in drei Bereiche klassifiziert: Stakeholder, Dokumente und Systeme im Betrieb (Pohl & Rupp, 2011, S. 29).

- Als *Stakeholder* können sowohl Personen oder Organisatoren verstanden werden, die einen gewissen Einfluss, direkter oder indirekter Natur, auf die Anforderungen ausüben, indem die Stakeholder Anforderungen, Ziele und Bedingungen an das System stellen (Pohl & Rupp, 2011, S. 29). Von besonderer Herausforderung ist die Konsolidierung der gegensätzlichen Ziele und Anforderungen einer Vielzahl an differenzierten Stakeholder aus unterschiedlichen Bereichen mit verschiedenen Sichtweisen und Interessen.
- *Dokumente* können der Gewinnung von Anforderungen dienen, aufgrund ihrer Beinhaltung von wichtigen Informationen zu beispielsweise einem alten System, bisheriger Funktionsumfängen, gängiger branchen- oder fachspezifischer Gegebenheiten.
- *Systeme in Betrieb* dienen der Vermittlung eines Eindrucks zu bereits existierenden Systemen. Ausgehend hiervon können Änderungen oder Erweiterungen abgeleitet werden. Beispiele für ein System in Betrieb sind Vorgänger-, Alt und Konkurrenzsysteme (Pohl & Rupp, 2011, S. 29).

## 2.4 Prozessschritte des Anforderungsmanagements

Wie bereits bei der Anforderungsdefinition in Abschnitt 2.3 angedeutet, existieren drei Hauptaktivitäten im Prozess des AM. Diese drei Prozessschritte der Anforderungsermittlung, der Anforderungsanalyse und der Anforderungsspezifikation sind in Abbildung 2.4 dargestellt (Jiao & Chen, 2006, S. 174) (Burger, Bittel, Awad, & Ovtcharova, 2011).

Auf den Prozess des AMs, insbesondere auf den ersten Prozessschritt, die Anforderungsermittlung, wirkt die Customer-Domain. Darunter wird die Stimme der Stakeholder (engl.: The Voice of Customers) verstanden, die ihre Ziele, Bedingungen und Wünsche an eine Software stellen. Dabei verwenden die Stakeholder unterschiedliche sprachliche Ausdrücke, meist nicht-fachlicher Form. In der Phase der Anforderungsermittlung gilt es durch diesen Input die Bedürfnisse, Bedingungen und Anforderungen verschiedener Quellen (siehe Anforderungsquellen, Abschnitt 2.3.3) konkret zu ermitteln und zu verstehen (Pohl, Böckle, & van der Linden, 2005, S. 197).

Im nächsten Schritt erfolgt die Anforderungsanalyse auf Basis der Ergebnisse der vorgelagerten Ermittlung. Diese beinhaltet eine Verarbeitung und Interpretation der gesammelten Informationen zur Findung eines gemeinsamen Konsenses über die ermittelten Anforderungen. Dabei gilt es,

Priorisierungen und eine Selektion von differenzierten Anforderungen vorzunehmen, um eine gemeinsame Übereinstimmung der zu spezifizierenden Anforderungen zu erzielen.

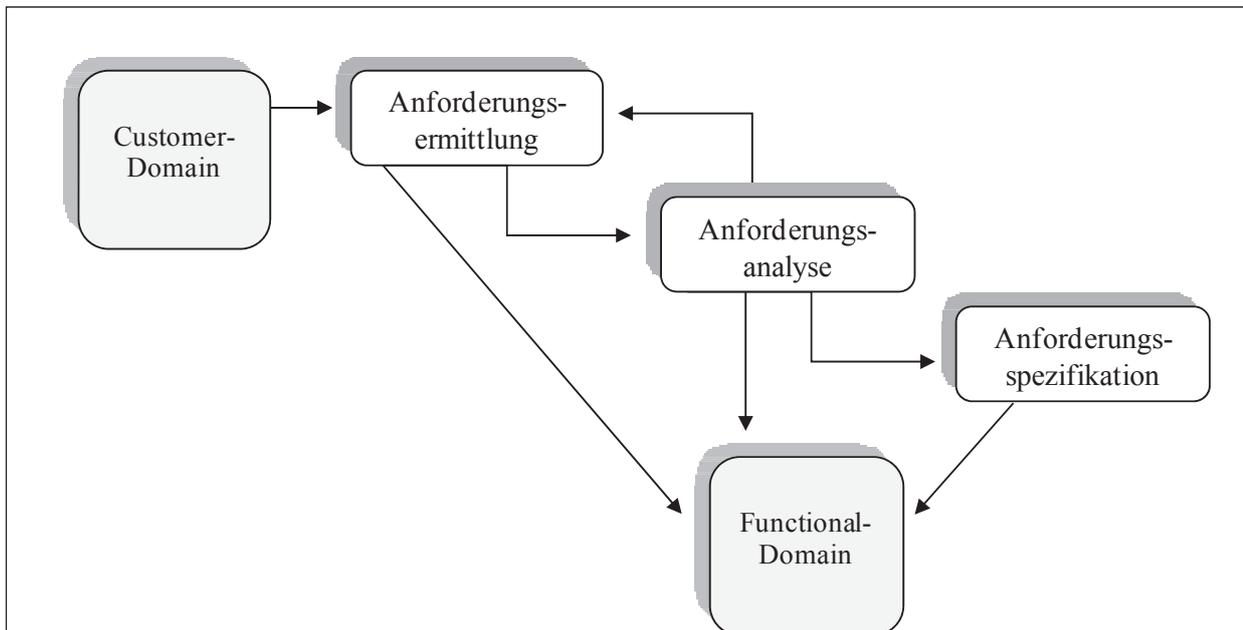


Abb. 2.4: Übersicht der Prozessschritte des AM in Anlehnung an Jiao und Chen (Jiao & Chen, 2006, S. 174)

Die Anforderungsspezifikation hat die Aufgabe, die ermittelten Anforderungen strukturiert mit allen notwendigen Informationen zu erfassen (Pohl, Böckle, & van der Linden, 2005, S. 197). Ziel ist es, ein Pflichtenheft zu erstellen, das die Grundlage für die spätere Phase der Entwicklung oder für Änderungen am Produkt bildet (Alexander & Stevens, 2002) (Kovitz, 1998). Idealerweise werden bei der Dokumentation der Anforderungen verschiedene Präsentationsformen gewählt, um sich an die verschiedenen Stakeholder in jeweiliger geeigneter Form zu wenden (Pohl, 1994). Somit wirken sich alle drei Prozessschritte auf eine funktionale Ebene (engl: functional domain) aus, indem die zuvor vagen Bedingungen in konkrete, fachlich einheitlich verständliche, konsistente, dokumentierte Anforderungen umgewandelt werden. Neben dem Einfluss auf die funktionale Ebene werden ebenfalls nicht funktionale Bereiche beeinflusst (siehe Qualitätsanforderungen und Randbedingungen, Abschnitt 2.3.2).

Wie aus Abbildung 2.4 hervorgeht, handelt es sich bei dem Prozess um keinen linearen Vorgang, sondern um eine verschachtelte Wiederholung der einzelnen Prozessschritte (Wieggers, 2005). Dies erfolgt, da die einzelnen Schritte nicht unabhängig voneinander zu betrachten sind und Änderungen in einem Schritt zu einer gegenseitigen Beeinflussung führen.

Wie bereits in Abschnitt 2.2 erwähnt, zählen die Anforderungvalidierung und Management zu den erweiterten Aktivitäten des AM-Prozesses. Die Validierung beruht auf der Überprüfung der Eindeutigkeit, Verständlichkeit, Vollständigkeit der vorhandenen Anforderungen und sollte durch eine Verifikation, die eine korrekte Erfassung, Analyse und Dokumentation der Anforderungen gewährleistet, unter-

stützt werden (Sommerville & Sawyer, 1997). Dieser Prozessschritt der Validierung und Verifikation soll die Probleme in den Anforderungsdokumenten erkennen, bevor es als Grundlage für die Systementwicklung genutzt wird (Kotonya & Sommerville, 1998, S. 33). Das Management hingegen ermöglicht eine Koordination zwischen den Prozessschritten der Ermittlung, der Analyse, der Spezifikation und der Validierung. Es gewährleistet eine aktuelle und jederzeit verfügbare Anforderungsdokumentation und erzwingt die Einhaltung des zuvor definierten Prozesses (Pohl, Böckle, & van der Linden, 2005, S. 197f).

Es sei an dieser Stelle darauf verwiesen, dass in dieser Arbeit nur die drei Hauptaktivitäten des AM- bzw. RE-Prozesses im Vordergrund stehen und diese die Ausgangsbasis für die nachfolgenden Kapitel darstellen.

## **2.5 Definitiorische Grundlagen**

Da die vorliegende Arbeit eine Bewertung der Methoden des AMs vornimmt, erfolgt zunächst in diesem Abschnitt eine definitiorische Bestimmung des Begriffs Methode sowie die Abgrenzung zum Begriff der Methodik (Abschnitt 2.5.1). Abschnitt 2.5.2 bildet die Grundlage für die Evaluierung hinsichtlich einer definitiorischen Beschreibung der Key Performance Indicators sowie der Key Performance Analyse, die zur Bewertung herangezogen wird.

### **2.5.1 Begriffsabgrenzung Methodik – Methode**

Bei einer Methode handelt es sich um ein planmäßiges, auf einem Regelsystem beruhendes Vorgehen, das der Erreichung von vordefinierten Zielen und der Unterstützung der Denk- und Arbeitsweise der jeweiligen Benutzer dienen soll (Ebert, 2009, S. 36f). Methoden liefern Handlungsvorschriften, die ein Ziel auf Basis von gegebenen Bedingungen durch eine festgelegte Schrittfolge erreichen und die anwendungsneutral sein sollten (Chroust, 1992, S. 50).

Der Prozess des AMs mit den einzelnen Prozessschritten der Ermittlung, der Analyse und der Spezifikation kann als Methodik aufgefasst werden, die durch einen untergeordneten Methodeneinsatz unterstützt werden. Die Methodik gilt als eine Kombination von unterschiedlichen, sich ergänzenden Methoden zur Erreichung eines übergeordneten Zieles (Lindemann, 2007, S. 57). Im AM soll durch die Methodik die Entwicklung der spezifizierten Anforderungsdokumentation durch den Einsatz der spezifischen Methoden im jeweiligen Prozessschritt generiert werden.

### **2.5.2 Key Performance Indicators und Key Performance Analyse**

Unter den *Key Performance Indicators* (KPIs) werden Schlüsselkennzahlen verstanden, die den Erfüllungsgrad wichtiger Zielsetzungen symbolisieren sollen. Fortuin definiert die Performance Indicators

(PI) als Kennzahlen, die die Effektivität und oder die Effizienz eines (Teil-) Prozesses oder System hinsichtlich einer Norm oder eines Ziels widerspiegeln (Fortuin, 1988, S. 2). Bei den KPIs handelt es sich um eine Teilmenge alle PIs, die die elementar kritischen Erfolgsfaktoren innerhalb einer Organisation repräsentieren.

Kennzahlen, insbesondere Schlüsselkennzahlen, dienen der Abbildung von quantitativ erfassbaren Sachverhalten in konzentrierter Form (Reichmann & Lachnit, 1976, S. 706), die sich durch einen Informationscharakter, eine Quantifizierbarkeit und eine spezifische Informationsform auszeichnen (Kütz, 2011, S. 39). Unter einem Informationscharakter wird die Beurteilung über Zusammenhänge und Sachverstände verstanden. Die Quantifizierbarkeit verdeutlicht das metrisches Skalenniveau sowie die somit messbare Fähigkeit einer Kennzahl. Die Informationsform beruht auf einer Komprimierung komplexer Sachverhalte, die einen schnellen und umfassenden Überblick ermöglicht. Aufgrund der Betrachtung eines relativ kleinen Ausschnittes einer komplexen Realität stellt eine einzelne Kennzahl nur ein sehr grobes Abbild der Realität dar (Kütz, 2011, S. 5). Eine Fokussierung auf mehrere Kennzahlen ermöglicht somit eine Detaillierung und Präzisierung des Abbildes.

Die Key Performance Analyse analysiert einen Vorgang, eine Methode oder einen Prozess mittels von zuvor definierten KPIs. In dieser Arbeit erfolgt eine Analyse der AM-Methoden. Die Key Performance Analyse bewertet die Methoden hinsichtlich ausgewählter, relevanter Kennzahlen, die für den Erfolg, den Erfüllungsgrad und die Einsatztauglichkeit der Methoden von elementarer Bedeutung sind. Für jede Key Performance Analyse muss zunächst eine hinreichende Definition der für die Bewertung entsprechenden KPIs erfolgen. Im Anschluss werden dann diese KPIs als Bewertungskriterium herangezogen.

## 2.6 Zusammenfassung

Der Prozess des AMs bzw. des RE nimmt als Ausgangsbasis von Entwicklungsprozessen einen elementaren Faktor ein, weshalb eine vollständige und hinreichende Ausführung dieses Prozesses gefordert werden muss. Dazu zählen eine Einbindung aller Anforderungsquellen und die adäquate Ausführung der einzelnen Prozessschritte der Anforderungsermittlung, der Anforderungsanalyse und der Anforderungsspezifikation, sowie die Nebenaktivitäten der Anforderungvalidierung und des Managements. Grundlagen hinsichtlich einer Klärung der Begriffe Methodik – Methode, sowie KPIs und Key Performance Analyse beenden das Kapitel der Grundlagen und liefern die Grundlagenbasis für die weitere Arbeit.

### 3 Stand der Technik

Dieses Kapitel dient der Erläuterung und Einordnung der gängigsten und bedeutendsten Methoden des AM und gibt somit den aktuellen Stand der Technik wieder. Zunächst erfolgt in Abschnitt 3.1 ein Überblick über die Klassifizierung der Methoden in den Prozessschritten der Anforderungsermittlung, Anforderungsanalyse und Anforderungsspezifikation. Anschließend werden im jeweiligen Prozessschritt ausgewählte Methoden beschrieben und eine Begründung für die in der vorliegenden Arbeit ausgewählte Einordnung vorgenommen (Abschnitt 3.2 - 3.4). Eine Zusammenfassung erfolgt abschließend in Abschnitt 3.5.

#### 3.1 Überblick der Methodeneinteilung

Abbildung 3.1 zeigt eine Einteilung der Methoden des AM nach den Prozessschritten Erfassung, Analyse und Spezifikation. Sie liefert eine Übersicht über die vorgenommene Klassifizierung und baut auf der Einordnung, Auflistung und Beschreibung der Methoden von Pohl und Rupp (Pohl & Rupp, 2011), sowie von Rupp und den Sophisten (Rupp & SOPHISTen, 2009) auf.

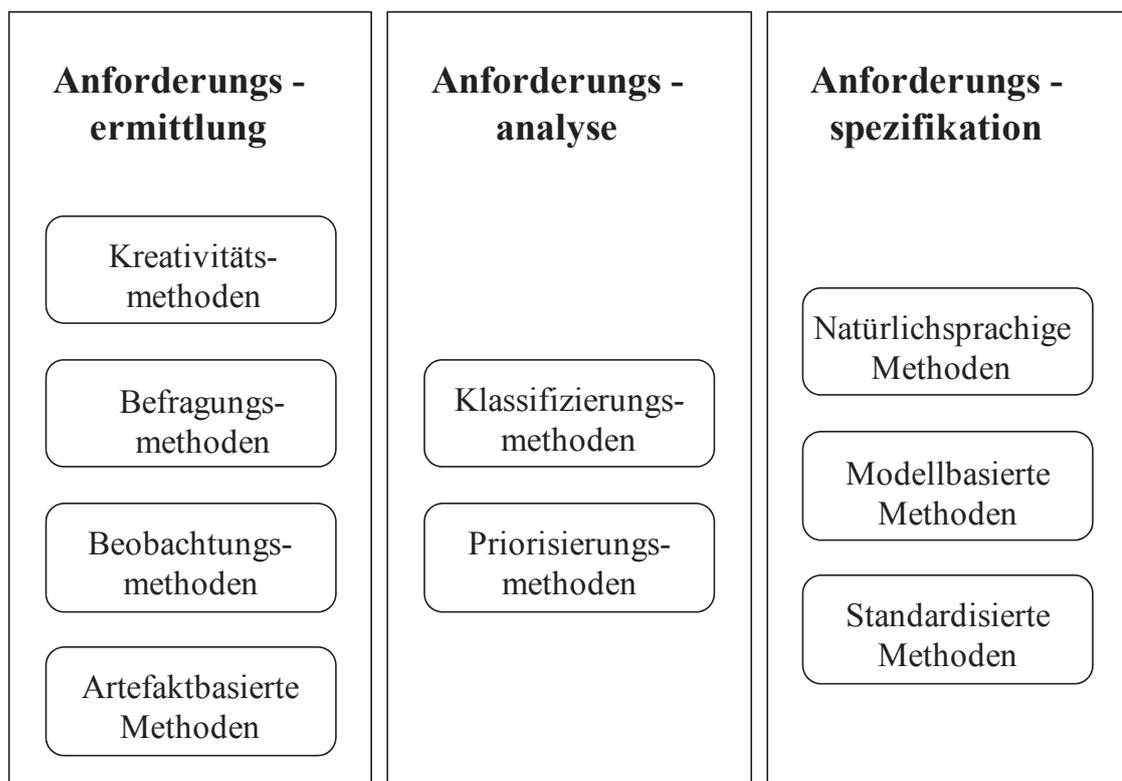


Abb. 3.1: Überblick der Klassifizierung der Methoden im AM-Prozess

Die Anforderungsermittlung wird in Abschnitt 3.2 in Kreativitätsmethoden, Befragungsmethoden, Beobachtungsmethoden und artefaktbasierte Methoden untergliedert. Abschnitt 3.3 behandelt die Methoden der Anforderungsanalyse in den Bereichen der Klassifizierungs- und Priorisierungsmethoden. Die Anforderungsspezifikation unterscheidet schließlich in Abschnitt 3.3 zwischen natürlichsprachigen, modellbasierten und standardisierten Methoden.

### 3.2 Methoden der Anforderungsermittlung

Die nachfolgende Abbildung 3.2 gibt eine Übersicht der Methoden der ersten Hauptaktivität des AM. Zu den Methoden der Anforderungsermittlung zählen Kreativitäts-, Befragungs-, Beobachtungs- und artefaktbasierte Methoden, die in diesem Abschnitt detaillierter beschrieben werden.

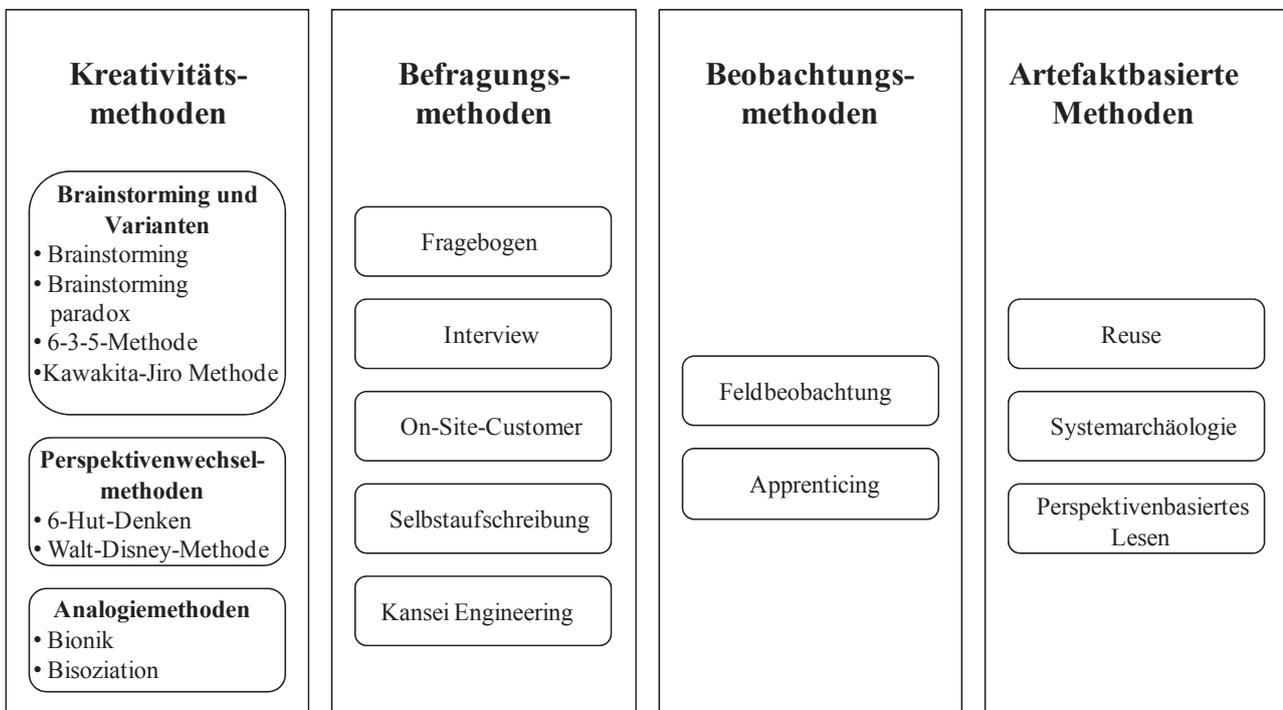


Abb. 3.2: Methoden der Anforderungsermittlung

#### 3.2.1 Kreativitätsmethoden

Der Einsatz von Kreativitätsmethoden dient vor allem der Generierung neuer Ideen und der Entwicklung von Visionen an ein zu entwickelndes, neues System. Es gilt, die Gedanken in verschiedene Richtungen zu lenken, um möglichst eine Vielzahl an differenzierten Ideen zu einer Thematik zu erhalten und das unbewusste Wissen der Beteiligten zu ermitteln (Pohl & Rupp, 2011, S. 86). Die Ideen umfas-

sen im AM mögliche Anforderungen, die an ein System bei der Entwicklung gestellt werden können. Einige ausgewählte Kreativitätsmethoden werden im Folgenden näher erläutert.

### **3.2.1.1. Brainstorming und Varianten**

Zu dem Brainstorming und den Brainstorming-Varianten der Kreativitätsmethoden zählen das Brainstorming, das Brainstorming paradox, die 6-3-5-Methode und die Kawakita-Jiro Methode.

#### **Brainstorming**

*Ziel des Brainstormings, einer der bekanntesten Kreativitätsmethoden, ist eine Generierung möglichst vieler Ideen in kurzer, vorgegebener Zeit in einer Gruppengröße von 5 bis 10 Teilnehmern (Pohl & Rupp, 2011, S. 36).* Schawel und Billing teilen diese Methode in die folgenden drei Schritte ein: Problemdefinition, Ideengenerierung und Nachbereitung (Schawel & Billing, 2009). Die Problemdefinition gibt Auskunft über eine präzise Fragestellung, um einen gemeinsamen Ausgangspunkt für die Ideengenerierung zu bilden. Anschließend erfolgt die Phase der Ideensammlung, indem die Teilnehmer ihre Ideen frei und ohne jegliche vorgegebene Form zum Ausdruck bringen können, die zeitgleich von einem Moderator notiert werden. Um den Ideenfluss nicht zu gefährden oder zu blockieren, sind keinerlei Bewertungen und keine Kommentare zu vorgebrachten Ideen gestattet. Im letzten Schritt werden die Ideen nachbereitet, indem diese noch einmal durch die zuvor vom Moderator notierten Anforderungen wiederholt und Ergänzungen inhaltlicher Natur vollzogen werden.

Die Besonderheit der Brainstorming-Methode liegt in der Kombination der unterschiedlichen Denkansätze der Teilnehmer. Durch eine gemeinsame Zusammenarbeit können neue Blickrichtungen ins Auge gefasst werden und neue Ideen entstehen. Zu beachten ist, dass die Methode möglichst kurz und intensiv durchgeführt werden sollte.

#### **Brainstorming paradox**

*Beim Brainstorming paradox, einer Variante des Brainstormings, steht ebenso wie beim Brainstorming das Ziel der Ideensammlung im Vordergrund.* Allerdings werden bei dieser Variante nur nicht erwünschte Ideen gesammelt (Kellner, 2002, S. 85). Es geht somit um Ansatzpunkte und -ideen zur Verhinderung gewisser Ergebnisse. Grund für die Entwicklung des Brainstorming paradox ist, dass es häufig einfacher erscheint unerwünschte Ziele zu formulieren, um schließlich anhand dieser Ergebnisse ein Anforderungsprofil zu generieren (Rupp & SOPHISTen, 2009, S. 87).

#### **6-3-5-Methode**

*Als eine weitere Variante des Brainstormings gilt die 6-3-5-Methode, deren Zweck sich in der Ideengenerierung kennzeichnet (Rupp & SOPHISTen, 2009, S. 88).* Sie verdankt ihren Namen der Anzahl der beteiligten Personen und ihrer Vorgehensweise. Bei dieser schriftlichen Methode notieren sechs Teilnehmer unabhängig voneinander jeweils drei Ideen auf einem Blatt zu einer vorgegebenen Thematik in dem vorgegebenen Zeitintervall von meist fünf Minuten (Kellner, 2002, S. 91). Die Blätter werden anschließend reihum weitergegeben und weitere drei Ideen werden darauf notiert. Die Weitergabe der

Blätter mit anschließender Niederschrift der Ideen wird insgesamt fünfmal wiederholt. Somit entstehen innerhalb von 30 Minuten idealerweise 108 Ideen.

#### **Kawakita-Jiro Methode**

*Die Kawakita-Jiro (KJ) Methode diente ursprünglich zur Entwicklung von neuen Ideen und hat sich mittlerweile ebenso als Unterstützung zur Konsensbildung in Unternehmen etabliert (Takeda, Kawa, Koyama, Shiomi, & Ohiwa, 1992).* Die Methode ist in vier Schritte aufgeteilt (Takeda, Kawa, Koyama, Shiomi, & Ohiwa, 1992) (Ohuchi & Kaji, 1992). Zunächst erfolgt im ersten Schritt durch den Einsatz der Brainstorming-Methode eine Dokumentation der individuellen Gedanken und Ideen der Teilnehmer zu einem vordefinierten Thema auf einzelnen Karten. Anschließend werden diese Karten in Gruppen eingeordnet, die durch eine übergeordnete Karte beschrieben werden. Im dritten Schritt erfolgt eine Erstellung einer Übersicht, indem die Beziehungen zwischen den einzelnen Gruppen verdeutlicht werden. Diese können beispielsweise durch Widersprüche, Gleichheiten und Kausalitäten gekennzeichnet sein. Das Ergebnis dieses Beziehungsschaubild zwischen den Gruppen und Karten wird als A-Typ-Diagramm bezeichnet. Im letzten Schritt erfolgt die Verfassung eines Essays, das sog. B-Typ-Schreiben, indem die Erkenntnisse aus dem A-Typ-Diagramm zusammengefasst dokumentiert werden. Somit entsteht eine geordnete und in Beziehung zueinander gebrachte Zusammenfassung über die ermittelten kreativen Ideen.

#### **Einordnung**

Die Brainstorming-Methode und die Brainstorming Varianten werden dem Prozess der Anforderungsermittlung zugeordnet, da bei diesen Methoden die Ermittlung von Ideen und Anforderungen im Vordergrund steht. Durch den Einsatz von vordefinierten Vorgehensweisen wird versucht einen Rahmen für die Kreativität der Teilnehmer zu bilden, um diese bei der Entwicklung von Ideen zu unterstützen. Durch diesen Prozess entstehen noch keineswegs definierte und detaillierte Anforderungen. Jedoch werden hier durchaus die Grundlagen gebildet, um aus den entstehenden Visionen schließlich Anforderungen ableiten zu können. Anzumerken bleibt, dass eine Einordnung der KJ-Methode sowohl in die Anforderungsermittlung, als auch in die Anforderungsanalyse denkbar ist, da sie sowohl zur Ideengenerierung als auch zur Konsensbildung eingesetzt wird. Durch den Einsatz der Brainstorming-Methode wird die Methode in dieser Arbeit jedoch den Ermittlungsmethoden zugeordnet.

#### **3.2.1.2. Perspektivenwechsellmethoden**

Die Methoden des Perspektivenwechsels sind durch die Einnahme von verschiedenen Extrempositionen gekennzeichnet. Dabei sollen die Teilnehmer durch das Hineinversetzen in eine vorgegebene Perspektive einen anderen Blickwinkel erhalten, um neue Ideen entwickeln zu können. Besonders bekannt sind die beiden Varianten 6-Hut-Denken, auch besser bekannt als „Six Thinking Hats“, und die Walt-Disney-Methode.

## 6-Hut-Denken

Die Methode des 6-Hut-Denkens von Edward de Bono ermöglicht die Einnahme verschiedener Blickwinkel und somit einer Betrachtung und idealerweise Lösung eines Problems aus verschiedenen, vorgegebenen Perspektiven. Dabei hat de Bono insgesamt sechs Denkrichtungen gestaltet, die alle durch einen farbigen Hut repräsentiert werden sollen. Abbildung 3.3 zeigt die einzelnen Sichtweisen und die dazugehörigen Farben der Hüte (de Bono, 2000, S. 13f).

| Perspektive                      | Farbe des Hutes |
|----------------------------------|-----------------|
| Neutralität und Objektivität     | weiß            |
| subjektive Einschätzung          | rot             |
| objektive, positive Aspekte      | schwarz         |
| objektive, negative Aspekte      | gelb            |
| Kreativität durch neue Ideen     | grün            |
| Kontrolle über Gebrauch der Hüte | blau            |

Abb. 3.3: Perspektiven und Farben der Methode 6-Hut-Denken in Anlehnung an de Bono (de Bono, 2000, S. 13f)

Zu beachten gilt, dass bei dieser Methode nicht zwanghaft der Gebrauch von Hüten erfolgen muss. Sie dienen lediglich der symbolischen Verdeutlichung. Farbige Blätter können bei dieser Methode auch den Zweck der visuellen Hilfsmittel einnehmen und den Perspektiven somit eine farbige Identifizierung verleihen. Dieser Ansatz kann bei besonders festgefahrenen und einsichtigen Positionen zu einer Neubetrachtung der Aufgabenstellung führen.

## Walt-Disney-Methode

Die Walt-Disney-Methode ermöglicht durch Betrachtung eines Problems aus den drei Perspektiven *Träumer, Realist und Kritiker* (Dilts, 2003) eine Trennung der einzelnen Sichten zur Vermeidung einer gegenseitigen Behinderung von entstehenden Ideen (Rupp & SOPHISTen, 2009, S. 90). Die Teilnehmer nehmen eine der o.g. Positionen ein, anhand derer ein Problem aus drei verschiedenen Blickrichtungen betrachtet wird. Während die Aufgaben des Träumers in der Erarbeitung von Visionen und kreativen Ideen bestehen, sollen die Realisten die Machbarkeit und Umsetzbarkeit überprüfen. Die Kritiker setzen sich mit den Schwachstellen und negativen Aspekten auseinander. Durch die isolierten Diskussionen in den jeweiligen Perspektiven sollen neue Ideen entstehen und konkretisiert werden. Ein Hilfsmittel zur visuellen Verdeutlichung der Perspektiven kann durch einen Raum- oder einen Stuhlwechsel erzielt werden.

### **Einordnung**

Die beiden Methoden des Perspektivenwechsels dienen der Kreierung neuer Ideen, insbesondere neuer Anforderungen an ein System durch die Positionierung in unterschiedliche, vorgegebene Blickrichtungen. Somit ermöglichen die vordefinierten Perspektiven die eigenen Denkweisen und Standpunkte zu verlassen, um neue Ideen und Anforderungen zu erschließen. Anzumerken gilt, dass die Perspektivenwechsellmethoden auch bei der Anforderungsanalyse eingeordnet werden können. Es besteht durch diese Methoden nicht nur die Möglichkeit neue Ideen und Anforderungen zu generieren, sondern ebenfalls die verschiedenen kontroversen Standpunkte der Kollegen nachzuvollziehen und gemeinsame Lösungen zu finden.

#### **3.2.1.3. Analogiemethoden**

Eine weitere Methode zur Entwicklung von kreativen Ideen stellen Analogiemethoden dar. Bei diesen Methoden werden aktuelle Problemstellungen und Sachverhalte auf einen anderen Bereich abstrahiert. Die Teilnehmer diskutieren daraufhin Lösungsmöglichkeiten zur gestellten abstrahierten Aufgabe, ohne dabei die rückwirkenden Auswirkungen auf das Ursprungsproblem zu betrachten. Die entwickelten Lösungsmöglichkeiten werden anschließend auf das Ausgangsproblem zurücktransformiert. Generell besteht die Möglichkeit der verdeckten und offenen Anwendung (Pohl & Rupp, 2011, S. 37f). Bei der verdeckten Anwendung wird das Transformieren der Problemstellung nur dem Moderator überlassen, sodass die Beteiligten der Methode nicht das Ursprungsproblem kennen. Die offene Anwendung integriert alle Stakeholder von Beginn an in alle Phasen der Analogiemethode. Von besonderer Bedeutung sind die beiden Analogiemethoden Bionik und Basisoziation.

#### **Bionik**

*Die Bionik dient der Ermittlung kreativer Ideen durch Abstraktion der aktuellen Problemstellung ausschließlich in den Bereich der Natur (Pohl & Rupp, 2011, S. 37).* Es werden analoge Strukturen explizit in der Natur gesucht, die sich für eine Transformation eignen.

#### **Bisoziation**

*Die Bisoziation beschränkt die Ideengenerierung nicht auf den ausschließlichen Bereich der Natur als Abstraktionsebene (Pohl & Rupp, 2011, S. 37).* Somit können in allen denkbaren Gebieten Analogien aufgestellt werden, die zu einer Lösung des Ursprungsproblems geeignet sind.

### **Einordnung**

Die Analogiemethoden erfordern einen hohen Grad an kreativem Denken, um durch ein abstrahiertes Problem Lösungsmöglichkeiten übertragen zu können. Durch die Betrachtung eines differenzierten Kontextes können neue Ideen für das betrachtete Problem entstehen und somit durch den Einsatz von Kreativität ermittelt werden. Deshalb erfolgt eine Einordnung dieser Methoden in den Prozess der Anforderungsermittlung.

### 3.2.2 Befragungsmethoden

Befragungsmethoden dienen der Ermittlung von Anforderungen durch die explizite Befragung der Stakeholder. Ziel ist es, das bewusste Wissen der Beteiligten durch geeignete Methoden nach außen zu tragen (Pohl & Rupp, 2011, S. 95). Dies kann durch die nachfolgenden Methoden der schriftlichen oder mündlichen Befragungen vollzogen werden.

#### Fragebogen

*Fragenbogen dienen der Einbeziehung einer Vielzahl an Stakeholdern zur Anforderungsermittlung in einem kurzen Zeitaufwand (Rupp & SOPHISTen, 2009, S. 96).* Der Fragebogen zählt zu einer schriftlichen Befragungsform, bei der ein vordefinierter Fragenkatalog einer großen Anzahl an Stakeholdern zur Bearbeitung bereitgestellt werden kann. Dabei können sowohl offene Fragen, die durch eine mögliche, individuelle Beantwortung gekennzeichnet sind, als auch geschlossene Fragen mit verschiedenen Auswahlmöglichkeiten der Antworten enthalten sein (Pohl & Rupp, 2011, S. 36). Während geschlossen gestellte Fragen, wie beispielweise Multiple-Choice-Fragen, besonders für Stakeholder geeignet sind, die ihr Wissen nicht unmittelbar nach außen formulieren können, sind offene Fragen sinnvoller im Hinblick auf eine individuell geforderte Beantwortung der Stakeholder. Der Fragebogen kann in verschiedenen Medien, wie auf Papier oder in digitaler Form, verbreitet werden. Zu beachten ist, dass die relevantesten Fragen zu Beginn formuliert werden sollte, um eine Bearbeitung durch die Stakeholder zu gewährleisten.

#### Interview

*In der Befragungsmethode des Interviews werden die Stakeholder in einer explorativen oder standardisierten Form von einem Moderator zur Ermittlung individueller Meinungsbilder hinsichtlich der benötigten Anforderungen befragt (Pohl, 2007, S. 325).* Das standardisierte Interview ist geprägt durch eine konsequente Einhaltung eines vorbereiteten Fragenkatalogs zu einem bestimmten Sachverhalt, bei dem keinerlei Abweichungen der vordefinierten Fragen gestattet sind. Im Gegensatz dazu besteht beim explorativen Interview die Möglichkeit des Moderators sich an den Verlauf des Gesprächs anzupassen (Oppenheim, 1999). Dies ermöglicht die Ansichten des Interviewten genauer zu hinterfragen und Erläuterungen zu gegebenen Antworten zuzulassen. Von besonderer Bedeutung eines Interviews ist das Verbot von Suggestivfragen. Durch die neutrale Formulierung der Fragen kann eine Beeinflussung der Interviewten verhindert werden. Generell sind sowohl Einzel- als auch Gruppeninterviews gestattet. Anzumerken gilt, dass Gruppeninterviews eine gegenseitige Beeinflussung bei der Beantwortung der Fragen hervorrufen.

#### On-Site-Customer

*Die Methode On-Site-Customer ermöglicht eine intensive, direkte und schnelle Zusammenarbeit zwischen dem Entwicklerteam und den Stakeholdern.* Es handelt sich um eine mündliche Befragungsmethode, bei der sich ein ausgewählter Vertreter der Stakeholder bei dem Entwicklungsteam vor Ort be-

findet (Beck, 1999). Diese Zusammenarbeit ermöglicht durch Fragestellungen eine gemeinsame Ermittlung der erwünschten Anforderungen. Zudem können durch ein sofortiges Feedback Missverständnisse zeitnah aufgeklärt werden.

### Selbstaufschreibung

*Die Methode der Selbstaufschreibung, die sich der schriftlichen Befragungsmethode zuordnen lässt, erlaubt eine selbstständige Auseinandersetzung mit der Thematik und ermöglicht eine Reflexion und ein Überdenken der bisherigen Funktionen des Produktes.* Dabei verfassen Stakeholder eine Beschreibung ihrer Tätigkeit und dokumentieren die von ihnen individuell geforderten Anforderungen, Änderungs- oder Optimierungsvorschläge (Rupp & SOPHISTen, 2009, S. 98). Eine Unterstützung der Stakeholder bei der Dokumentation können Schulungen über Dokumentationsformen oder Dokumentationsschablonen liefern. Es gilt hierbei zu beachten diese Methode nicht bei komplexen Prozessen und Arbeitsbereichen einzusetzen, da sonst die Gefahr einer Überforderung der Stakeholder entstehen und dies wiederum zu Fehlinterpretationen führen kann (Koreimann, 2000).

### Kansei Engineering

*Mitsuo Nagamachi gilt als der Erfinder der Kansei Engineering Methode, einer konsumentenorientierten Technologie für die Entwicklung neuer Produkte (Nagamachi, 2002, S. 289).* „Kansei“ stammt aus dem Japanischen und bezeichnet den psychologisch basierten Eindruck und die Meinung von Konsumenten zu einem neuen Produkt. Die Theorie des Kansei Engineerings liegt in der Implementierung von Meinungen und Impressionen von Konsumenten in die Phase der Produktentwicklung, sodass die Konsumenten die relevanten subjektiven Eindrücke, die zu einem positiven Eindruck führen, im Produkt wiederfinden. Abbildung 3.4 verdeutlicht die einzelnen Phasen des Kansei Engineerings in Anlehnung an Nagamachi (Nagamachi, 2002, S. 290).

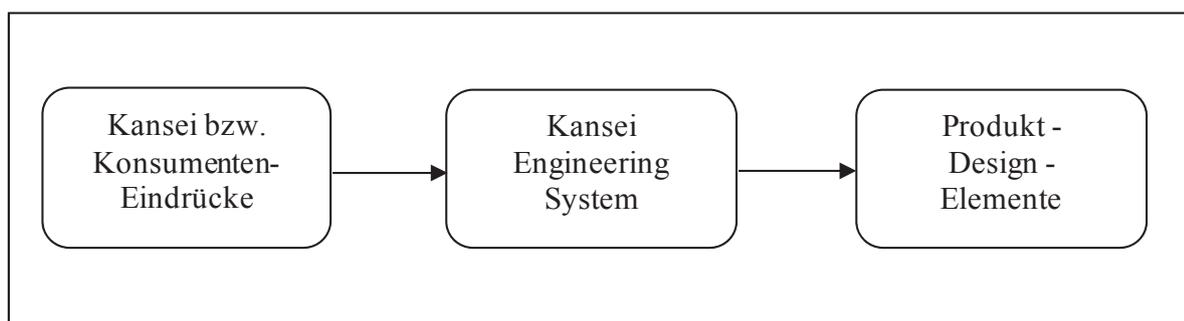


Abb. 3.4: Phasen des Kansei Engineerings in Anlehnung an Nagamachi (Nagamachi, 2002, S. 290)

Zunächst werden die Konsumenten über ihre Eindrücke über das Produkt (Kansei's), beispielweise einer Software oder eines Systems, hinsichtlich einer psychologischen Einschätzung befragt und relevante Kansei's anschließend ausgewählt (Nagamachi, 1995, S. 4). Durch Experimente oder Befragun-

gen wird die Beziehung zwischen den Kansei-Begriffen und den Design-Elementen ermittelt, um diese anschließend im Kansei Engineering System (KES) zu berücksichtigen. Im KES-Prozess werden durch den Einsatz von verschiedenen Methoden, wie Artificial Intelligence, Neural Network Model, Genetic Algorithm und Fuzzy Logic, die Produkt-Design-Elemente bestimmt (Nagamachi, 1995, S. 4). Bei aktuellen gesellschaftlichen Veränderungen oder bei einer Neugewichtung der Konsumentenpräferenzen werden neue Daten hinsichtlich des Kansei's erhoben und diese in den KES-Prozess integriert, um die Produkt-Design-Elemente anzupassen.

### **Einordnung**

Bei den vorgestellten Befragungsmethoden werden die Stakeholder direkt oder indirekt, in schriftlicher oder in mündlicher Form befragt. Durch die gezielte Befragung sollen die benötigten und gewünschten Anforderungen an ein System ermittelt werden. Daher erfolgte die Einordnung dieser Methoden in die Anforderungsermittlung.

### **3.2.3 Beobachtungsmethoden**

Die Beobachtungsmethoden kommen zum Einsatz, falls die Stakeholder keine Zeit finden ihr Wissen nach außen zu transformieren oder nicht die nötigen Fähigkeiten besitzen, um ihre Kenntnisse zu formulieren (Pohl & Rupp, 2011, S. 39). In diesen Fällen wird ein Beobachter, der so genannte Requirements Engineer, hinzugezogen. Durch den Abstand zur Thematik kann der Beobachter Fehler in vorhandenen suboptimalen Prozessen erkennen, Risiken identifizieren, relevante Abläufe dokumentieren und schließlich daraus die benötigten und gewünschten Basisanforderungen ableiten. Als mögliche Dokumentationsformen eignen sich Texte, wie beispielweise Protokolle, Videos und Audios (Kotonya & Sommerville, 1998). Zu den bekanntesten Methoden der Beobachtungsmethoden zählen die Feldbeobachtung und das Apprenticing.

#### **Feldbeobachtung**

*Die Feldbeobachtung dient der direkten Beobachtung und Begleitung der Anwender in ihrer alltäglichen Arbeit (Bray, 2002).* Die Aufgabe des Beobachters besteht in der Dokumentation der Arbeitsschritte und der Hinterfragung unklarer Prozesse. Eine besondere Feinfühligkeit ist Voraussetzung einer Beobachterposition, um keine Vermittlung von Kritik und Kontrolle auf den Stakeholder auszuüben.

#### **Apprenticing**

*Die Apprenticing-Methode impliziert ein Erlernen der Tätigkeiten eines Stakeholders.* Die Methode wird sowohl als eine verfeinerte Feldbeobachtung (Beyer & Holtzblatt, 1995) als auch als eine ethnographische Betrachtung (Kotonya & Sommerville, 1998) bezeichnet. Der Beobachter begleitet nicht nur den Arbeitsalltag der Stakeholder, sondern geht bei diesem direkt in die Lehre. Somit lernt der Beobachter die Technik und Tätigkeit der Stakeholder kennen. Allerdings müssen die Abläufe hinterfragt werden, um mögliche Anforderungen und Verbesserungen aus der aktuellen Funktionsweise abzuleiten.

## **Einordnung**

Bei den beiden vorgestellten Beobachtungsmethoden werden die Anforderungen nicht direkt durch die Stakeholder ermittelt, sondern durch die Beobachter. Aufgrund des Einblickes in den Arbeitsalltag der Stakeholder und durch die Hinterfragung der vorgeführten Abläufe und Prozesse können die Beobachter Anforderungen und Bedürfnisse ableiten und somit auch ermitteln. Die Stakeholder nehmen somit indirekt Einfluss auf den Prozess der Anforderungsermittlung, können jedoch auch durch Kommentare und eigenen Vorschlägen aktiv an dem Prozess mitwirken.

### **3.2.4 Artefaktbasierte Methoden**

Die artefaktbasierten Methoden basieren auf der Analyse von bereits vorhandenen Dokumenten, wie beispielweise bestehenden Systemen oder Altsystemen. Als (Anforderungs-)Artefakte werden in dieser Arbeit bereits dokumentierte Anforderungen bezeichnet. Die gesammelten Erfahrungen und dokumentierten Lösungen der zuvor benutzten Systeme werden bei diesen Methoden wiederverwendet. Hierbei kann das unterbewusste, vorhandene Wissen gewonnen werden – insbesondere die derzeitige Funktionalität des Altsystems (Rupp & SOPHISTen, 2009, S. 99). Zu den artefaktbasierten Methoden gehören die Reuse, die Systemarchäologie und das Perspektivenbasierte Lesen.

#### **Reuse**

*Die Methode des Reuse (zu dt.: Wiederverwendung) ermöglicht die Wiederverwendung von zuvor erarbeiteten, bereits dokumentierten Anforderungen.* Da einmal ermittelte und eingesetzte Anforderungen meist auf Datenträgern und Datenbanken gespeichert werden, besteht die Möglichkeit diese erneut abzurufen und bei Bedarf einzusetzen (Pohl & Rupp, 2011, S. 39). Um einen Reuse einzusetzen, benötigt es einer Untersuchung bereits vorhandener Artefakte, die bereits bei Projekten aufgestellt wurden – insbesondere des Anforderungsdokumentes (siehe Abschnitt 3.4). Bei ähnlichen Prozessen können durchaus Anforderungen übertragen oder übernommen werden. Somit soll das „Not-Invented-Here-Syndrom“ verhindert werden, bei dem nicht überprüft wird ob die Problematik zuvor gelöst wurde (Rupp & SOPHISTen, 2009, S. 101).

#### **Systemarchäologie**

*Bei der Systemarchäologie werden Informationen und mögliche Anforderungen an ein neues System aus der Dokumentation oder Implementierung eines funktionsfähigen Alt- oder Konkurrenzsystems gewonnen (Pohl & Rupp, 2011, S. 38).* Durch die Analyse von bestehenden Codes kann eine vollständige Umsetzung von Funktionalitäten von einem Alt- in ein Neusystem gewährleistet werden (Pohl & Rupp, 2011, S. 38). Eine gängige Vorgehensweise stellen die Extraktionsmethoden dar, mit deren Hilfe eine strukturierte Extraktion von Anforderungen aus der Benutzerdokumentation, insbesondere des Benutzerhandbuchs, abgeleitet werden können (John & Dörr, 2003). Diese Methode kommt insbeson-

dere dann zum Tragen, wenn explizites Wissen, beispielsweise durch den Weggang von Mitarbeitern, verloren gegangen ist.

### **Perspektivenbasiertes Lesen**

*Bei der Methode des Perspektivenbasierten Lesens erfolgt eine genauere Betrachtung eines Dokumentes aus einer zuvor festgelegten Perspektive.* Das Dokument kann beispielsweise aus dem Blickwinkel eines Nutzers oder eines Testers gelesen werden (Regnell, Runeson, & Thelin, 2000). Ziel ist es, nicht relevante Informationen auszublenden und eine Fokussierung auf die vordefinierten Faktoren zu erreichen. Bevor diese Methode durchgeführt werden kann, muss die Perspektive, die Selektion der zu untersuchenden Dokumente und die Stakeholder, die diese Methode durchführen sollen, bestimmt werden.

### **Einordnung**

Durch die Betrachtung und Analyse von bereits eingesetzten, vorhandenen Dokumenten können sich wiederholende Prozesse entdeckt und entsprechende Anforderungen an das neue Projekt abgeleitet werden. Somit werden Anforderungen gewonnen, weshalb eine Einteilung in die Anforderungsermittlung erfolgt ist.

## **3.3 Methoden der Anforderungsanalyse**

Im zweiten Prozessschritt des AM, der Anforderungsanalyse, erfolgt eine eingehende Analyse der bisher ermittelten Anforderungen. Es gilt dabei, die differenzierten Anforderungen durch eine Bewertung und Einordnung zu selektieren, zu priorisieren, zu konsolidieren oder auch zu konkretisieren (Seidel, 2005).

Abbildung 3.5 liefert einen Überblick über die Klassifizierungs- und Priorisierungsmethoden der Anforderungsanalyse, die in Abschnitt 3.3.1 und 3.3.2 vorgestellt werden. In dieser Phase des AM bzw. RE gilt es die entstandenen Konflikte, aufgrund der Integration einer Vielzahl an Stakeholdern aus unterschiedlichen Bereichen mit unterschiedlichen Interessenschwerpunkten und Standpunkten, zu identifizieren, aufzulösen und zu einem Konsens zu bringen. Auftretende Konflikte können Benennungs-, Sach-, Interessens- oder auch Wertekonflikte sein (Rupp & SOPHISTen, 2009, S. 486f).

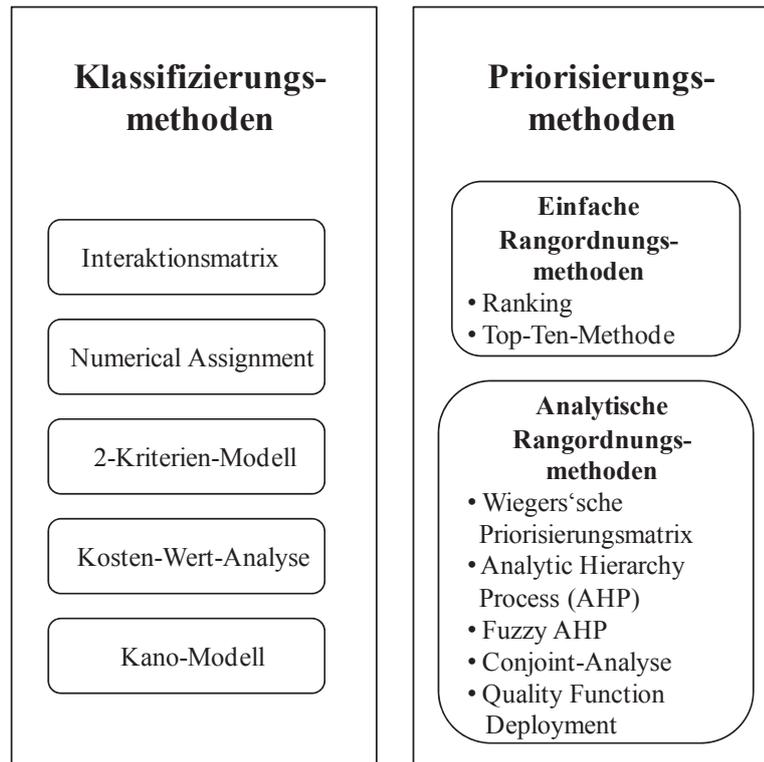


Abb. 3.5: Methoden der Anforderungsanalyse

### 3.3.1 Klassifizierungsmethoden

Die Klassifizierungsmethoden dienen, wie der Name bereits verdeutlicht, der Klassifizierung von Anforderungen. Ziel ist eine Gruppierung bzw. Einordnung der Anforderungen zur Ableitung von Handlungsalternativen zu erstellen, die eine einheitliche und systematische Vorgehensweise für alle Anforderungen einer Klasse implizieren. Eine Vorgehensweise kann beispielsweise in einer bevorzugten geplanten Realisierung oder Nichtrealisierung der Anforderungen einer Klasse erfolgen. Die Klassifizierung kann auf einem oder mehreren Kriterien beruhen, die zuvor von den Stakeholdern bestimmt werden. Beispielhafte Kriterien sind Wichtigkeit, Kosten, Zeitdauer, Schaden<sup>3</sup> und Volatilität<sup>4</sup>(Pohl, 2007, S. 528f). Die im folgenden Abschnitt vorgestellten Methoden der Interaktionsmatrix, des Numerical Assignments (Gruppierung), des 2-Kriterien-Modells, der Kosten-Wert-Analyse und des Kano-Modells zählen in dieser Arbeit zu den Klassifizierungsmethoden.

<sup>3</sup> Unter Schaden wird in diesem Zusammenhang der entstehende Nachteil durch Nichtimplementierung verstanden.

<sup>4</sup> Volatilität steht für die Wahrscheinlichkeit einer Änderung der Anforderungen im Verlauf der Entwicklung.

### Interaktionsmatrix

Die Interaktionsmatrix dient der Aufdeckung von Konflikten zwischen den ermittelten Anforderungen durch einen paarweisen Vergleich der Anforderungen innerhalb einer Matrix (Kotonya & Sommerville, 1998, S. 78ff). Der paarweise Vergleich impliziert einen objektiven Vergleich von zwei Anforderungen zur Aufdeckung eines möglichen Konfliktes zwischen den Anforderungen. Tabelle 3.1 verdeutlicht eine mögliche Matrix des paarweisen Vergleichs von insgesamt drei Anforderungen.

|               | Anforderung 1 | Anforderung 2 | Anforderung 3 |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Anforderung 1 | 0             | 1             | 1000          |
| Anforderung 2 | 1             | 0             | 1             |
| Anforderung 3 | 1000          | 1             | 0             |

Tab. 3.1: Beispielhafte Interaktionsmatrix in Anlehnung an Kotonya und Sommerville (Kotonya & Sommerville, 1998, S. 80)

Bei Nichtvorhandensein eines Konfliktes erfolgt ein Eintrag der Ziffer 0 in die Matrix. Die Zahl 1 steht für die Existenz eines Konfliktes zwischen den Anforderungen und die Zahl 1000 für eine Überlappung zwischen den Anforderungen. Somit ermöglicht die Summierung der Spalten oder Zeilen der Anforderungen eine Aussagefähigkeit, ob die Anforderungen in einem Konflikt miteinander stehen oder nicht. Detailliertere Informationen im Hinblick auf die Auswertung der Interaktionsmatrix können Kotonya und Sommerville entnommen werden (Kotonya & Sommerville, 1998, S. 78ff). Die Interaktionsmatrix kann die Anforderung hinsichtlich ihres Konfliktpotentials mit anderen Anforderungen klassifizieren, um somit die betroffenen Anforderungen durch weitere Klassifizierungsmethoden oder durch verschiedene Priorisierungsmethoden näher zu betrachten (siehe Abschnitt 3.3.2).

### Numerical Assignment (Gruppierung)

Die Methode des Numerical Assignments basiert auf einer Gruppierung der Anforderungen in unterschiedliche Prioritätsklassen zur Ableitung einer einheitlicher Vorgehensweise der jeweiligen Gruppen (Aurum & Wohlin, 2005). Die Anzahl der Gruppen, in die die Anforderungen untergliedert werden können, kann variieren. Jedoch werden für gewöhnlich drei Prioritätsklassen ausgewählt (Sommerville & Sawyer, 1997). Die Einordnung erfolgt durch die Stakeholder nach *einem* Kriterium, meist nach dem Kriterium der Wichtigkeit der Realisierung der Anforderungen für das zu entwickelnde System (Pohl,

2007, S. 531). Die drei Prioritätsklassen sind hierbei „mandatory“, „optional“ und „nice-to-have“.<sup>5</sup> Für eine zuverlässige Klassifizierung der Anforderungen ist eine vorherige Definition der Bedeutung der einzelnen Gruppen notwendig, um ein identisches gemeinsames Verständnis zu gewährleisten.

### Zwei-Kriterien-Modell

Das Zwei-Kriterien-Modell, auch als 2-Kriterien-Klassifikation bezeichnet, dient ebenfalls der Ableitung identischer Handlungsalternativen, indem die Anforderungen nun anhand von zwei Kriterien klassifiziert werden. Es erfolgt eine Untergliederung der Kriterien in Klassen zur Einordnung der Anforderungen im Hinblick auf ihre Merkmalsausprägungen innerhalb einer Matrix. Tabelle 3.2 zeigt eine beispielhafte Matrix anhand einer Klassifizierung der Anforderungen nach den Kriterien Dringlichkeit und Risiko (Pohl, 2007, S. 535).

| Dringlichkeit/Risiko | kein Risiko | geringes Risiko | mittleres Risiko | hohes Risiko |
|----------------------|-------------|-----------------|------------------|--------------|
| sehr zeitkritisch    | A           | B               | C                | D            |
| zeitkritisch         | E           | F               | G                | H            |
| kaum zeitkritisch    | I           | J               | K                | L            |
| zeitunkritisch       | M           | N               | O                | P            |

Tab. 3.2: Aufbau einer Zwei-Kriterien-Matrix in Anlehnung an Pohl (Pohl, 2007, S. 535)

Hierbei wurden die Kriterien jeweils in vier Klassen untergliedert, jedoch ist die Anzahl der Klassen frei wählbar. Nach Klassifikation aller Anforderungen werden für die jeweiligen Gruppen (A-P) identische Handlungsalternativen abgeleitet.

### Kosten-Wert-Analyse

Die Kosten-Wert-Analyse beruht auf einer Klassifizierung durch den Einsatz eines paarweisen Vergleiches zur Ableitung identischer Handlungsalternativen. Im ersten Schritt erfolgt eine Ermittlung der relativen Kosten und der entsprechenden relativen Werte jeder Anforderung durch einen paarweisen Vergleich. Nach Karlsson et al. werden die Kosten als geschätzte Kosten definiert, die zusätzlich erforderlich sind, um die Anforderung separat umzusetzen, während die Werte den Beitrag der Anforderungen zur Kundenzufriedenheit mit dem Gesamtsystem nach einer erfolgreicher Umsetzung beinhalten (Karlsson, Olsson, & Ryan, 1997, S. 53). Die anschließende Abtragung der relativen Kosten (Abszisse)

<sup>5</sup> „Mandatory“ impliziert Anforderung, die es umzusetzen gilt, „optional“ signalisiert eine mögliche Umsetzung und „nice-to-have“ repräsentiert Anforderungen, die zusätzlich umgesetzt werden können.

und des relativen Wertes (Ordinate) der jeweiligen Anforderung in einem Koordinatensystem ermöglicht die Einteilung der Anforderungen in eine von drei Prioritätsklassen (siehe Abbildung 3.6).

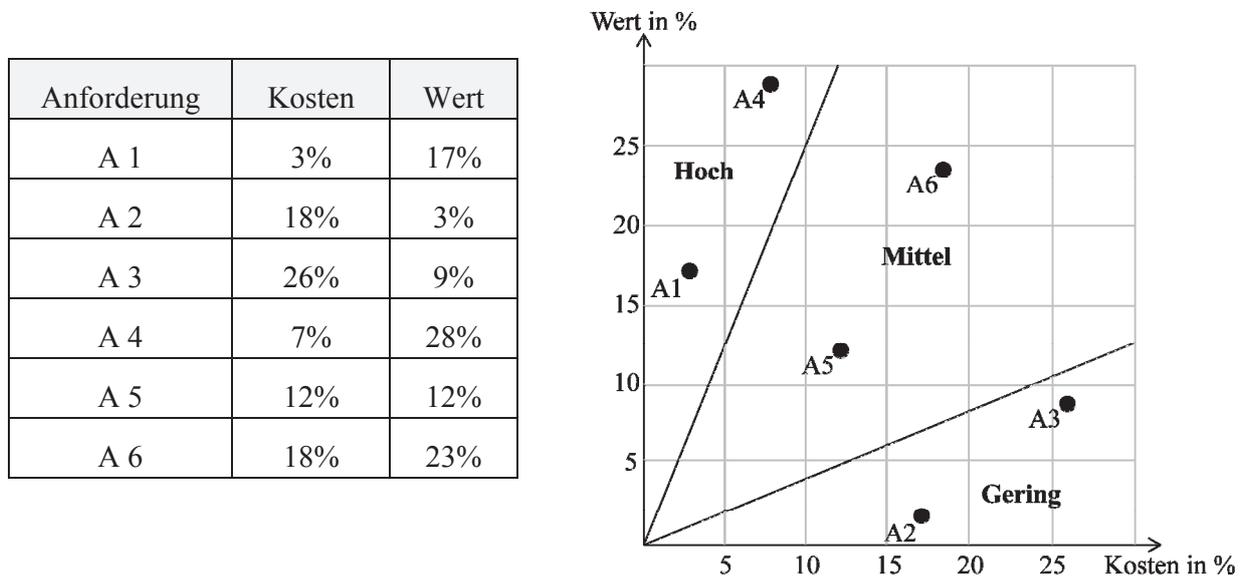


Abb. 3.6: Kosten-Wert-Analyse in einer Annäherung an Pohl (Pohl, 2007, S. 541)

Abbildung 3.6 veranschaulicht die Einteilung in die Klassen „hoher Kosten-Wert-Faktor“, „mittlerer Kosten-Wert-Faktor“ und „niedriger Kosten-Wert-Faktor“, wobei es sich in den Klassen um das Verhältnis des Wertes zu den Kosten der Anforderungen handelt. Durch die Klassifizierung können anschließend Handlungsalternativen abgeleitet werden, die beispielsweise eine Umsetzung der Anforderungen beinhalten. Aufgrund der Klassifizierung anhand von zwei Kriterien kann die Kosten-Wert-Analyse einer speziellen Ausprägung der Zwei-Kriterium-Klassifikation zugeordnet werden. Aus Übersichtsgründen ist diese Methode in der vorliegenden Arbeit jedoch separat aufgeführt.

### Kano-Modell

Das Kano-Modell diente ursprünglich der Klassifizierung von Produktmerkmalen bzgl. ihrer Marktwirkung (Kano, Tsuji, Seraku, & Takahashi, 1984), kann übertragen auf das RE jedoch auch zur Priorisierung von Anforderungen genutzt werden. Hierbei werden die ermittelten Anforderungen in die drei folgenden Kategorien des Kano-Modells klassifiziert: Basisfaktoren, Leistungsfaktoren und Begeisterungsfaktoren. Unter den Basisfaktoren werden unbewusste Merkmale (bezogen auf das RE: Anforderungen) verstanden, die als selbstverständlich vorausgesetzt und umgesetzt werden müssen. Die Leistungsfaktoren werden explizit verlangt und somit auch bewusst geäußert. Begeisterungsfaktoren sind nicht bekannt, werden aber bei einer Umsetzung dieser unterbewussten Anforderungen positiv bewertet. Eine Klassifizierung erfolgt durch die Auswertung eines Fragebogens in funktionaler und

dysfunktionaler Form mit jeweils fünf Antwortmöglichkeiten, die die Reaktionen und Meinungen bei vorhandener oder nicht vorhandener Funktion widerspiegelt. Abbildung 3.7 verdeutlicht den Zusammenhang zwischen dem Erfüllungsgrad der einzelnen Faktoren (Abszisse) und der damit zusammenhängenden Kundenzufriedenheit (Ordinate) in Anlehnung an Pohl (Pohl, 2007, S. 534).

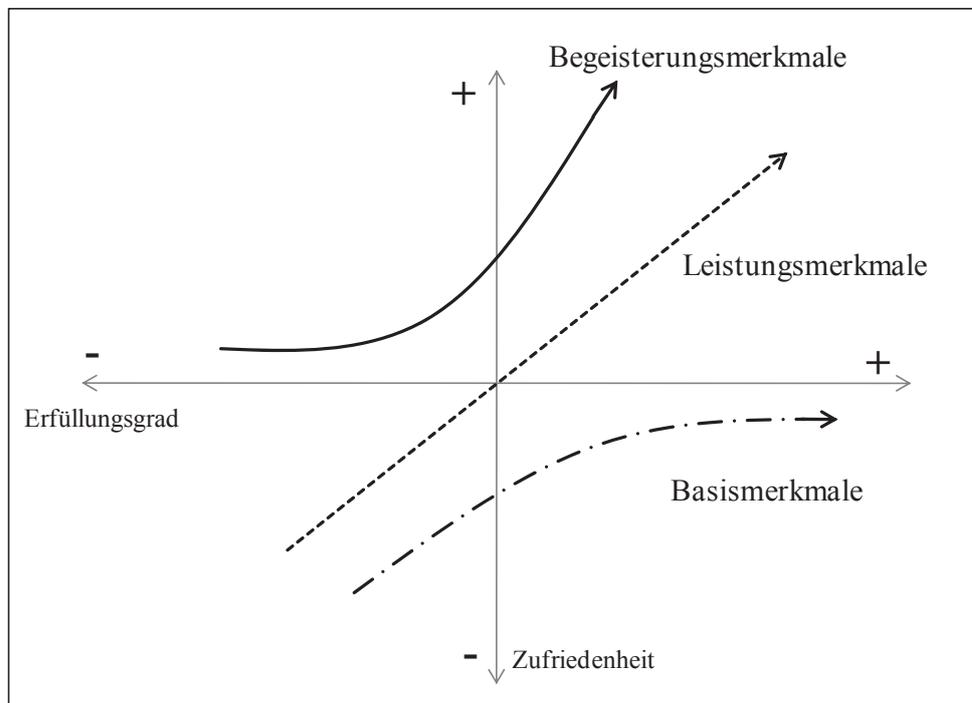


Abb. 3.7: Kano-Modell in Anlehnung an Pohl (Pohl, 2007, S. 534)

Während ein Nichtvorhandensein eines Basisfaktors die Kundenzufriedenheit erheblich reduziert, führt eine Integration der Leistungsfaktoren nicht zu einem erheblichen Anstieg der Kundenzufriedenheit. Lediglich die Umsetzung der Begeisterungsfaktoren kann eine proportionale Erhöhung der Kundenzufriedenheit erzielen. Anzumerken gilt, dass durch die Entwicklung und dauerhafte Umsetzung von Merkmalen der Begeisterungsfaktoren über die Zeit Leistungsfaktoren entstehen und diese wiederum zu Basisfaktoren transformiert werden.

### Einordnung

Bei den Klassifizierungsmethoden erfolgt eine Einordnung der Anforderungen hinsichtlich einer bestimmten Anzahl und Art an Kriterien. Tabelle 3.3 gibt eine Übersicht über die vorgestellten Methoden. Durch die Klassifizierung kann somit auch eine Priorisierung erfolgen, da eine bestimmte Einordnung der Anforderungen eine spätere Berücksichtigung oder Nicht-Betrachtung implementieren kann. Es besteht ebenfalls die Möglichkeit, das Kano-Modell der Anforderungsermittlung zuzuordnen, da die Kenntnis über die Bedeutung der ermittelten Anforderungen bereits während der Erfassung schon Hinweise auf unumgängliche Anforderungen vermitteln kann. In dieser Arbeit ist das Modell jedoch der

Analyse zugeordnet, da durch die Klassifizierung der Anforderungen in eine der drei Kategorien analysiert werden kann, ob bestimmte Anforderungen unumgänglich sind (Basisfaktoren), vorhanden sein sollten (Leistungsfaktoren) oder diese nur eine zusätzliche Funktion beinhalten (Begeisterungsfaktoren).

| Methoden                           | Anzahl der Kriterien | Kriterien                |
|------------------------------------|----------------------|--------------------------|
| Interaktionsmatrix                 | 1                    | Konflikt                 |
| Numerical Assignment (Gruppierung) | 1                    | individuell              |
| 2-Kriterien-Modell                 | 2                    | individuell, individuell |
| Kosten-Wert-Analyse                | 2                    | Kosten, Wert             |
| Kano-Modell                        | 1                    | Marktwert                |

Tab. 3.3: Klassifizierungsmethoden hinsichtlich Anzahl und Art der Kriterien

### 3.3.2 Priorisierungsmethoden

Aufgrund von Zeit- und Ressourcenbegrenzungen eines Projektes muss eine Priorisierung der gesammelten Anforderungen erfolgen, um eine ausreichende Berücksichtigung von relevanten und bedeutenden Faktoren und Funktionalitäten zu gewährleisten ohne eine Überbewertung eines Bereiches zu vollziehen.

Die Vorbereitung aller Priorisierungsmethoden zeichnet sich durch eine Festlegung der beteiligten Stakeholder, der benötigten Artefakte und der Bestimmung der geeigneten Priorisierungskriterien aus (Pohl, 2007, S. 526). Ziel ist es, eine Reihenfolge und Auswahl der umzusetzenden Anforderungen für die spätere Implementierung zu bilden.

Die vorliegende Arbeit klassifiziert die Priorisierungsmethoden in einfache und analytische Rangordnungsmethoden (Abschnitt 3.3.2.1 und 3.3.2.2).

#### 3.3.2.1. Einfache Rangordnungsmethoden

Die einfachen Rangordnungsmethoden repräsentieren Verfahren zur Ermittlung einer simplen Rangordnung ohne Generierung einer relativen Gewichtung oder Beziehung zwischen den einzelnen Elementen. Zu diesen Methoden zählt das Ranking und die Top-Ten Methode.

#### Ranking

*Beim Ranking handelt es sich um eine ad-hoc Erstellung einer Rangfolge der ermittelten Anforderungen bezüglich eines Kriteriums (Pohl, 2007, S. 531).* Dies beruht auf einer ordinalen Skala, bei der die

wichtigste Anforderung den ersten Rang und die am wenigsten wichtige Anforderung den Rang  $n$  bei  $n$  Anforderungen zugeordnet wird.<sup>6</sup>

### Top-Ten-Methode

Die Stakeholder wählen bei der Top-Ten-Methode aus einer Menge von Anforderungen  $n$  wichtige Anforderungen anhand eines zuvor definierten Kriteriums aus, die anschließend in eine Rangfolge gebracht werden (Pohl & Rupp, 2011, S. 133).<sup>7</sup>

### Einordnung

Das Ranking und die Top-Ten-Methode generieren eine simple Rangfolgenbildung durch die eine numerische Priorisierung der einzelnen Anforderungen gewährleistet wird.

#### 3.3.2.2. Analytische Rangordnungsmethoden

Die analytische Rangordnungsmethoden erfordern einen großen Aufwand und ein besonders analytisch geprägtes Vorgehen. Hierzu zählen die Wiegers'sche Priorisierungsmatrix, der Analytic Hierarchy Process (AHP), der Fuzzy Analytic Hierarchy Process, die Conjoint-Analyse und das Quality Function Deployment (QFD).

#### Wiegers'sche Priorisierungsmatrix

Die Wiegers'sche Priorisierungsmatrix dient der Priorisierung von sog. Features bzw. Funktionen, zu denen Anforderungen zählen, in Form von einer Matrix (Wiegers, 2005, S. 236ff). Tabelle 3.4 verdeutlicht durch ein Beispiel die Vorgehensweise und den Aufbau der Priorisierungsmatrix in Annäherung an Wiegers (Wiegers, 2005, S. 237), sowie Pohl und Rupp (Pohl & Rupp, 2011, S. 135).

| rel. Gewicht          | 2            | 1             |                 |        | 1           |          | 0,5         |          |           |
|-----------------------|--------------|---------------|-----------------|--------|-------------|----------|-------------|----------|-----------|
| Features/<br>Funktion | rel. Vorteil | rel. Nachteil | Gesamt-<br>wert | Wert % | rel. Kosten | Kosten % | rel. Risiko | Risiko % | Priorität |
| A 1                   | 2            | 8             | 12              | 19,4   | 2           | 10,5     | 1           | 4,8      | 1,50      |
| A 2                   | 9            | 8             | 26              | 41,9   | 5           | 26,3     | 4           | 19,0     | 1,17      |
| A 3                   | 3            | 4             | 10              | 16,1   | 3           | 15,8     | 7           | 33,3     | 0,50      |
| A 4                   | 6            | 2             | 14              | 22,6   | 9           | 47,4     | 9           | 42,9     | 0,33      |
| Gesamt                | 20           | 22            | 62              | 100    | 19          | 100      | 21          | 100      |           |

Tab. 3.4: Exemplarische Wiegers'sche Priorisierungsmatrix in Anlehnung an Wiegers, (Wiegers, 2005, S. 237) sowie Pohl und Rupp (Pohl & Rupp, 2011, S. 135)

<sup>6</sup>  $n \in \mathbb{N}$  –  $n$  ist Element der natürlichen Zahlen.

<sup>7</sup>  $n \in \mathbb{N}$  –  $n$  ist Element der natürlichen Zahlen.

Die Priorisierung beruht auf der Bewertung nach den Kriterien des relativen Vor- und Nachteils, der relativen Kosten und des relativen Risikos der Anforderungen, die zu Beginn nach ihrer Wichtigkeit gewichtet werden müssen. Die aus acht Schritten bestehende Methode listet im ersten Schritt die zu priorisierenden Anforderungen auf (Wieggers, 2005, S. 238f). Im Anschluss erfolgt eine Einschätzung des relativen Vorteils (Schritt 2) und des relativen Nachteils (Schritt 3) der Anforderungen auf einer Skala von 1 bis 9.<sup>8</sup> Der Gesamtwert der gewichteten Vor- und Nachteile wird im 4. Schritt wie folgt berechnet

$$\text{Gesamtwert}_{Ai} = \text{relativer Vorteil}(Ai) \times \text{relatives GewichtVorteil}(Ai) + \\ \text{relativer Nachteil}(Ai) \times \text{relatives GewichtNachteil}(Ai).$$

In Schritt 5 erfolgt die Berechnung des Prozentsatzes des Gesamtwertes der Anforderungen  $A_i$

$$\text{Wert \% } Ai = \frac{\text{Gesamtwert}_{Ai}}{\sum_{i=1}^n Ai}.$$

Die Ermittlung der relativen Kosten und des relativen Risikos sowie die Berechnung der prozentualen Kosten und des prozentualen Risikos erfolgt in Schritt 6 und 7. Die Berechnung der einzelnen Prioritäten der Anforderungen  $A_i$  nach der Formel

$$\text{Priorität } Ai = \frac{\text{Wert \% } (Ai)}{(\text{Kosten \% } (Ai) \times \text{Kostengewichtung}) + (\text{Risiko \% } (Ai) \times \text{Risikogewichtung})}$$

bilden die Basis zur Sortierung der Matrix in absteigender Reihenfolge der Prioritäten.

### **Analytic Hierarchy Process**

Der *Analytic Hierarchy Process (AHP)* zählt zu der *multikriteriellen Entscheidungsfindung*, bei der eine rationale intuitionsunabhängige Entscheidung hinsichtlich einer Priorisierung der Anforderungen getroffen werden sollte (Saaty, 1990, S. 9). Der Prozess besteht nach Saaty generell aus drei Schritten. Im ersten Schritt erfolgt eine Aufspaltung und Strukturierung des Problems durch die Bildung einer Hierarchie, in der auf der ersten Ebene das zu erreichende Ziel formuliert wird. Die darauf folgende Hierarchiestufe der zweiten Ebene ist durch die Angabe von möglichen Unterzielen bzw. Zielkriterien gekennzeichnet, die beispielsweise in der dritten oder nachfolgenden Ebene mehrere Alternativen, in Form von möglichen Anforderungen, beinhalten. Abbildung 3.8 gibt einen Überblick über eine mögliche hierarchische Strukturierung.<sup>9</sup>

<sup>8</sup> Legende relativer Vorteil: 1: kein Nutzen erkennbar, 9: besondere Bedeutung

Legende relativer Nachteil: 1: keine Bestürzung bei Nichtvorhandensein, 9: erheblicher Nachteil erkennbar

<sup>9</sup> Eine differenzierte hierarchische Anordnung mit mehreren Zielkriterien und Unterzielkriterien auf mehreren Ebenen ist ebenfalls möglich.

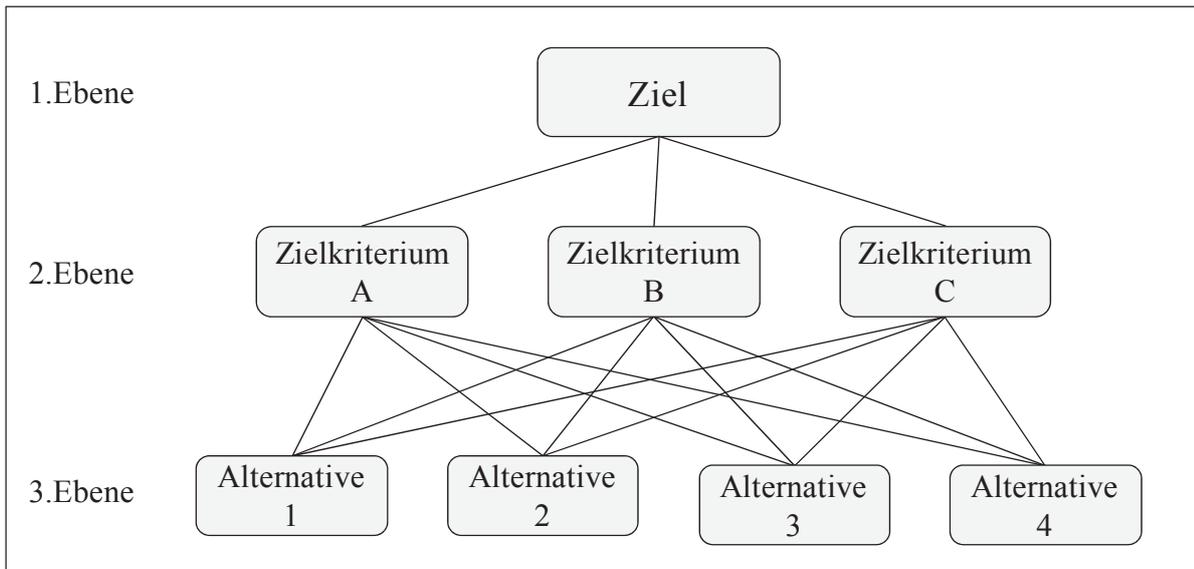


Abb. 3.8: Erster Prozessschritt des AHP - Bildung einer Hierarchie in Anlehnung an Saaty (Saaty, 1990, S. 14)

Im zweiten Schritt erfolgen ein Vergleich und eine Bewertung der strukturierten Elemente (Kriterien, Alternativen) durch den Einsatz der Technik des paarweisen Vergleichs. Bezogen auf das obige abgebildete Beispiel bedeutet dies zunächst ein Vergleich der Zielkriterien auf Ebene 2. Es werden jeweils immer zwei Kriterien miteinander verglichen und in Bezug auf die Wichtigkeit dieser Zielkriterien zur Erreichung des Zieles auf Ebene 1 gewichtet. Abbildung 3.9 verdeutlicht dieses Vorgehen und beinhaltet eine von Saaty definierte Skala zur Bewertung (Saaty, 1990, S. 15).<sup>10</sup>

| Ziel        | Kriterium 1 | Kriterium 2 | Kriterium 3 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Kriterium 1 | 1           | 3           | 7           |
| Kriterium 2 | 1/3         | 1           | 4           |
| Kriterium 3 | 1/7         | 1/4         | 1           |

**Skala**  
 1: gleich wichtig  
 3: etwas wichtiger  
 5: wesentlich wichtiger  
 7: viel wichtiger  
 9: sehr viel wichtiger  
 2,4,6,8: Zwischenwerte

Abb. 3.9: Zweiter Prozessschritt des AHP – beispielhafter paarweiser Vergleich (Saaty, 1990, S. 15)

<sup>10</sup> Bei einem Vergleich von Kriterium 1 mit Kriterium 2 erfolgt beispielsweise eine Gewichtung von 3, da Kriterium 1 in diesem Beispiel etwas wichtiger als Kriterium 2 bewertet wird. Die Diagonale der Matrix stellt den Vergleich desselben Kriteriums dar, weshalb immer eine Gewichtung von 1 (gleich wichtig) erfolgt.

Anschließend erfolgt ein paarweiser Vergleich auf der dritten Ebene, indem die Alternativen (Ebene 3) nun in Bezug zu den einzelnen Kriterien (Ebene 2) verglichen und bewertet werden. Die erstellten Matrizen bilden die Basis für die Berechnung von Prioritätenvektoren der Kriterien (bezogen auf das Ziel) und der Alternativen (bezogen auf die Kriterien) durch die Eigenwertmethode. Die Vorgehensweise zur Berechnung kann Saaty entnommen werden (Saaty, 1990, S. 12-14). Im letzten Schritt wird die Berechnung des Gesamtprioritätenvektors zur Bildung einer Rangfolge der Alternativen hinsichtlich der Erreichung des Gesamtzieles vorgenommen.

### **Fuzzy Analytic Hierarchy Process**

*Der Fuzzy Analytic Hierarchy Process (Fuzzy AHP) baut auf dem oben erwähnten AHP auf, dessen Zweck in einer Priorisierung differenzierter Alternativen und somit einer Entscheidungsfindung besteht (Laarhoven & Pedrycz, 1983, S. 229).* Im Unterschied zum AHP wird durch einen Fuzzy Ansatz die Unsicherheit bezüglich des menschlichen Urteilsvermögens hinsichtlich einer exakten Bewertung durch einen numerischen Wert in die Methode miteinbezogen (Buscher, Wels, & Franke, 2010, S. 32f). Als Fuzzy Ansatz wird eine Vorgehensweise bezeichnet, die versucht die Unschärfe (engl.: fuzzy) hinsichtlich der nicht vollständig definierten Grenzen zwischen den Bewertungsstufen durch eine trianguläre Zugehörigkeitsfunktion zu berücksichtigen (Laarhoven & Pedrycz, 1983, S. 229).

### **Conjoint-Analyse**

*Die Conjoint-Analyse besteht aus insgesamt vier Phasen mit dem Ziel der Ermittlung von Präferenzen der Stakeholder bezüglich differenzierter Merkmale, Ausprägungen und Merkmalskombinationen einer Software (TCW, 2008).* Bezogen auf eine Software können unter Merkmalen beispielweise die Entwicklungskosten einer Software verstanden werden, deren Merkmalsausprägungen sich in unterschiedlichen Preisen kennzeichnen. Im ersten Schritt der Conjoint-Analyse erfolgt eine Auswahl von Produktmerkmalen mit differenzierten Merkmalsausprägungen durch die Stakeholder (Schulte, 2006, S. 64). Übertragen auf das RE bzw. AM beinhaltet der erste Schritt eine Aufstellung von möglichen Funktionen und Randbedingungen, abgeleitet aus den ermittelten Anforderungen, mit unterschiedlicher Ausprägung hinsichtlich einer möglichen Realisierung (Burger, Ovtcharova, & Brenner, 2012, S. 19). Anschließend werden in der zweiten Phase mehrere Produktkonzepte durch die Auswahl von Ausprägungen aufgestellt. Die Stakeholder beurteilen im dritten Schritt alle aufgestellten Konzepte in ihrer Gesamtheit mit allen Merkmalsausprägungen in Form von Befragungen und Umfragen. In dieser Phase wird eine Reihenfolge bezüglich der präferierten Anforderungen gebildet. Im letzten Schritt erfolgt eine Berechnung der Teilnutzwerte durch statistische Verfahren aus dem bewerteten Gesamtnutzen der jeweiligen Produktkonzepte. Diese Teilnutzenwerte geben die Präferenz der einzelnen Ausprägungen hinsichtlich der übergeordneten Produktmerkmale wieder. Ursprünglich kam die Conjoint-Analyse vor allem in der Konsumgüterbranche zum Einsatz, jedoch findet vermehrt eine Transformation dieser Methode in den Bereich des Software Engineerings statt (TCW, 2008).

## Quality Function Deployment

Das *Quality Function Deployment (QFD)* stellt eine Methode zur Unterstützung der Transformation der Kundenanforderungen in technische Produktmerkmale dar. Die Methode besteht aus den vier aufeinander aufbauenden Phasen der Produktplanung, der Konzeptplanung, der Prozessplanung und der Fertigungsplanung, die als sog. Houses of Quality (HoQ) einen kaskadenförmigen Aufbau beinhalten (siehe Abbildung 3.10).

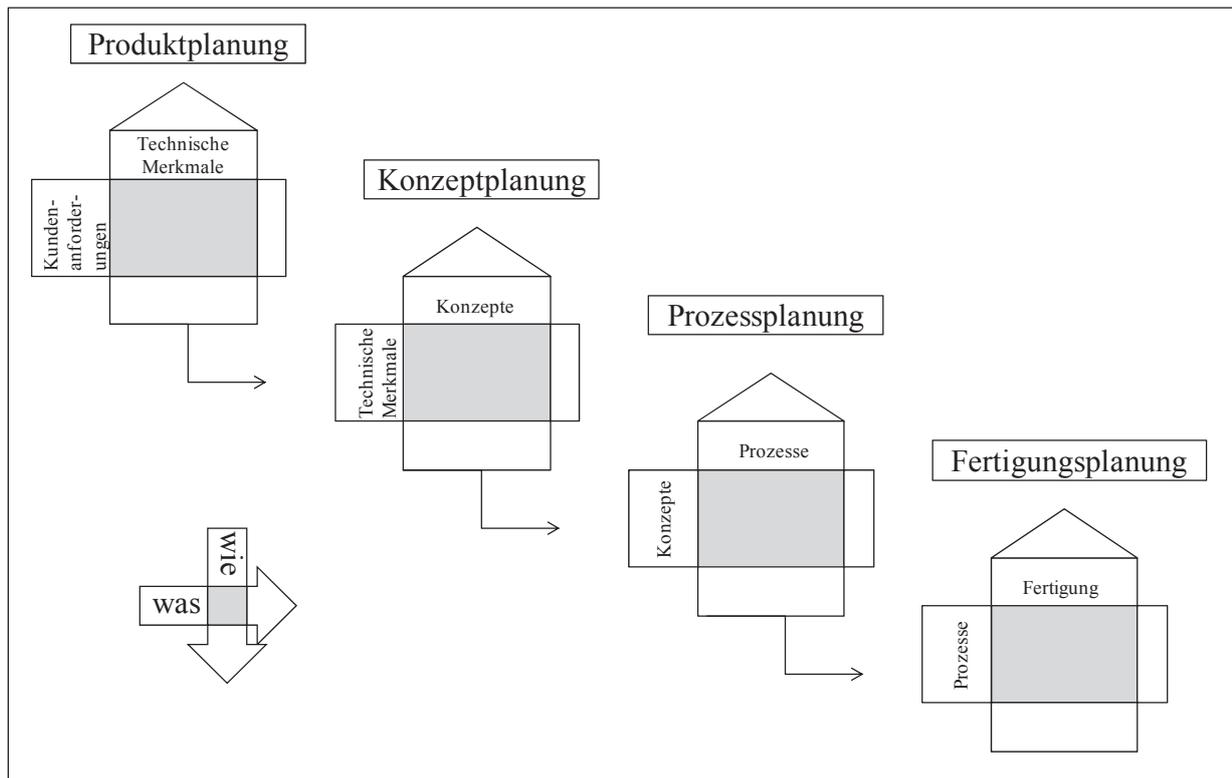


Abb. 3.10: Phasen des Quality Function Deployments in Anlehnung an Temponi et al. (Temponi, Yen, & Tiao, 1999, S. 342; Temponi, Yen, & Tiao, 1999)

Im ersten Schritt, der Produktionsplanung, erfolgt eine Transformation der Kundenanforderungen in technische Merkmale. Während die Konzeptplanung der Umwandlung der technischen Merkmale in Konzeptmerkmalen zur Entwicklung dient, leitet die Prozessplanung Betriebsabläufe aus den Konzepten ab. Im letzten Schritt erfolgt in der Fertigungsplanung eine Umwandlung der Abläufe in spezifische Arbeitsvorgänge. Die Ergebnisse aus den jeweiligen Phasen bilden die Ausgangslage für den nächsten Schritt mit Fokussierung auf die Fragestellung was (Horizontale) wie (Vertikale) umgesetzt werden kann. Ein HoQ beinhaltet eine Ermittlung der Kundenprioritäten, sowie eine Konkurrenzbewertung und Bewertung der eigenen technischen Fähigkeiten. Die Darstellung und explizite Vorgehensweise zur Erstellung eines House of Quality wird in Anhang D.1 detaillierter beschrieben.

Ziele des QFDs sind die Einbindung der Anforderungen in die Entwicklung durch eine Identifizierung der Merkmale, die zur Erfüllung der funktionalen Anforderung dienen, sowie die Ableitung von Schwerpunkten in der Entwicklung durch eine Bildung einer Rangfolge (Mayer-Bachmann, 2007, S. 22) (Lindemann, 2007, S. 296).

#### **Einordnung**

Die Methoden Wiegers'sche Priorisierungsmatrix, AHP, Fuzzy AHP, Conjoint-Analyse und QFD gewichten die ermittelten Anforderungen und setzte diese in eine Beziehung zueinander. Dies kann beispielsweise durch einen paarweisen Vergleich generiert werden. Es erfolgt keine Bildung einer simplen Rangordnungsfolge, sondern eine analytische Betrachtung der Anforderungen, die zu einer gezielten Priorisierung führen.

Anzumerken gilt, dass eine Einordnung der QFD Methode ebenfalls in die Spezifikationsmethoden möglich wäre, da durch die Aufstellung der HoQs ein zentrales Planungs- und Kommunikationsdokument erstellt wird. Da jedoch ebenfalls eine Priorisierung der Anforderungen erfolgt, wird das QFD der Anforderungsanalyse, insbesondere der analytischen Rangordnungsmethoden, zugeordnet.

### **3.4 Methoden der Anforderungsspezifikation**

Ziel der Anforderungsspezifikation ist die Erstellung eines spezifizierten Anforderungsdokuments. Dabei handelt es sich um ein Dokument mit spezifizierten Anforderungen, die den Spezifikationskriterien gerecht werden sollen (Pohl & Rupp, 2011, S. 43). Die Methoden der Anforderungsspezifikation werden, wie in Abbildung 3.11 ersichtlich, in natürlichsprachige, modellbasierte und standardisierte Methoden untergliedert. Die Anforderungsspezifikation ermöglicht durch ihre Dokumentation eine Grundlagenbasis für die im Anschluss folgende Validierung der Anforderungen.

Eine Spezifikation sollte Informationen hinsichtlich funktionaler Aspekte (Daten, Funktionen, Verhalten, Fehler) und Leistungsaspekte (Datenmengen, Verarbeitungs- und Reaktionsgeschwindigkeiten, Qualitätsaspekte, Randbedingungen) beinhalten.

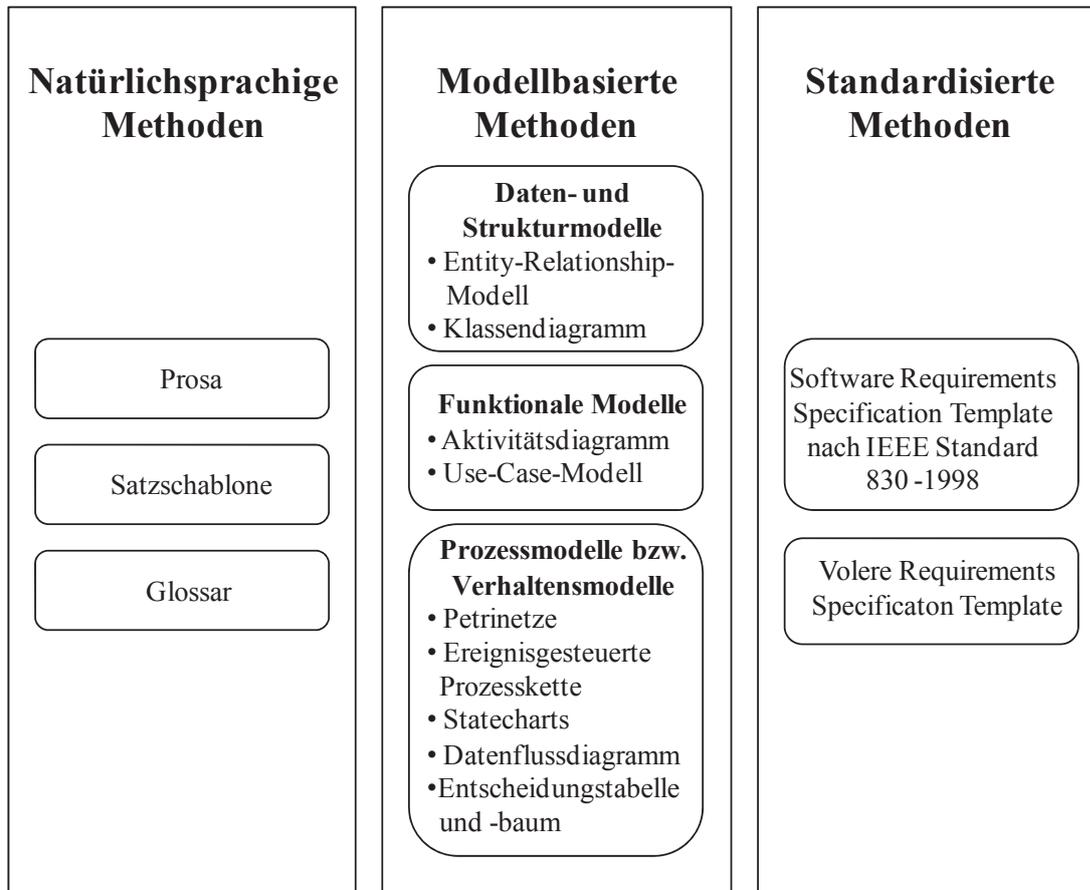


Abb. 3.11: Methoden der Anforderungsspezifikation

### 3.4.1 Natürlichsprachige Methoden

Die natürlichsprachigen Methoden der Anforderungsspezifikation kennzeichnen sich in einer spezifizierten Dokumentation der Anforderungen durch den Einsatz der natürlichen Sprache ohne den Gebrauch von Notationen. Zu den natürlichsprachigen Methoden, die einen informellen Charakter besitzen, zählen Prosa, die Satzschablone und das Glossar.

#### Prosa

*Prosa ermöglicht eine Dokumentation von Anforderungen durch den Gebrauch der natürlichen, den Stakeholdern bekannte, Sprache ohne spezielle Vorgaben im Hinblick auf die Strukturierung oder Reihenfolge der zu dokumentierenden Anforderungen einzuhalten.* Das „Regelwerk“ der Sophisten unterstützt die Überprüfung und Verbesserung der Prosaanforderungen. Detaillierte Informationen zu dem „Regelwerk“ können Rupp et al. (Rupp & SOPHISTen, 2009, S. 115ff) entnommen werden.

### Satzschablone (Templates)

Die Methode der Satzschablone (engl.: *Requirements templates*) dient als Bauplan von Anforderungen durch die Bildung einer syntaktischen Struktur (Pohl & Rupp, 2011, S. 63). Abbildung 3.12 stellt eine vollständige Satzschablone dar, die nach Pohl und Rupp in fünf Schritten erstellt wird (Pohl & Rupp, 2011, S. 63ff).

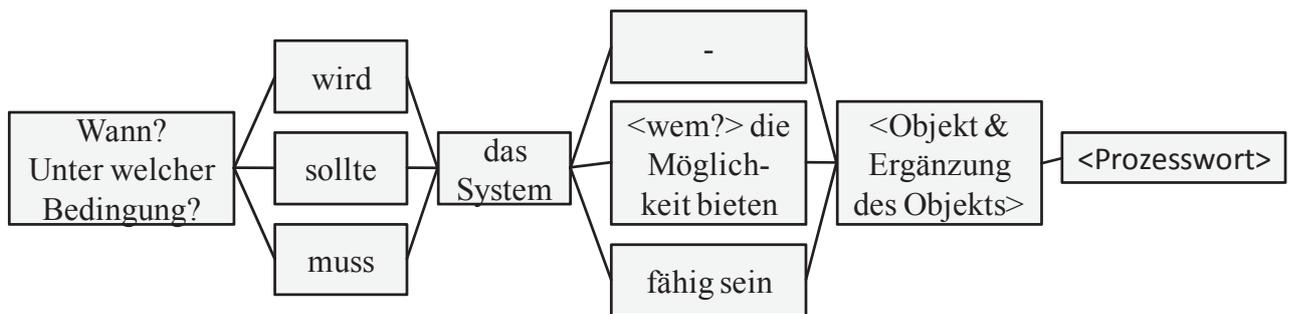


Abb. 3.12: Aufbau einer Satzschablone in Anlehnung an Pohl und Rupp (Pohl & Rupp, 2011, S. 66)

Ausgangsbasis ist das zu erstellende System (das System).<sup>11</sup> Zunächst werden im ersten Schritt die rechtlichen Verbindungen der Anforderungen an das System festgelegt, wie beispielsweise zukünftige (wird), dringend empfohlene (sollte) und rechtlich bindende Anforderungen (muss). Im zweiten Schritt erfolgt die Dokumentation des Prozesses, der die Funktionalität der Anforderungen wiedergeben soll (<Prozesswort>).<sup>12</sup> Die Charakterisierung der Aktivität erfolgt im dritten Schritt durch die Definition, ob es sich bei der Anforderung um eine selbständige Systemaktivität (-), um eine Benutzerinteraktion (<wem> die Möglichkeit bieten) oder um eine Schnittstellenanforderung (fähig sein) handelt. Im vierten Schritt erfolgt die Einfügung der Objekte, die das Prozesswort ergänzen sollen (<Objekt & Ergänzung des Objektes>), beispielsweise in Form einer Ortsangabe. Ergänzungen von zeitlichen und logischen Restriktionen (Wann? Unter welcher Bedingung?) bilden den letzten Schritt.

### Glossar

Der Zweck eines Glossars zeigt sich in einer Erzielung eines einheitlichen Verständnisses mit gleichzeitiger Einführung von Fachbegriffen. Glossare repräsentieren eine Sammlung von Fachbegriffen, deren Bedeutung durch eine Dokumentation spezifiziert wird (Pohl, 2007, S. 244). Zur Erstellung eines Glos-

<sup>11</sup> Die Klammerangaben dienen der Verdeutlichung welcher Teil der Satzschablone in dem jeweiligen Schritt dokumentiert wird.

<sup>12</sup> Die von den spitzen Klammern umrandeten Wörter müssen ersetzt werden. Das Prozesswort entspricht einem Verb.

sars ist eine Festlegung der Glossarstruktur empfehlenswert. Eine exemplarische Struktur eines Glossars kann aus dem Begriff selbst, der Definition des Begriffes, der Auflistung von Synonymen, verwandter Begriffe sowie Beispielen und Gegenbeispielen bestehen (Pohl, 2007, S. 244). Somit können die Funktionalitäten und Randbedingungen, sowie deren einheitliche Definition und Erklärung dokumentiert werden. Nach Erstellung eines Glossars sollte eine Überprüfung der Einhaltung der Struktur für zukünftige Einträge gesichert werden.

#### **Einordnung**

Der Einsatz von Prosa, die Erstellung einer Satzschablone oder eines Glossars ermöglicht eine Dokumentation der Anforderungen durch den Gebrauch der natürlichen Sprache, weshalb eine Einordnung zu den natürlichsprachigen Methoden erfolgt ist. Prosa muss nicht zwingend als eine Methode aufgefasst werden, wird in dieser Arbeit jedoch aufgrund der Methodenunterstützung des „Regelwerks“ eingeführt.

### **3.4.2 Modellbasierte Methoden**

Die modellbasierten Methoden beruhen auf einer Dokumentation der Anforderungen durch die Erstellung eines Modells, das ein abstrahiertes Abbild der vorhandenen Realität oder der zu entwickelnden Realität darstellt (Pohl & Rupp, 2011, S. 70). Das Vorhandensein einer vorgegeben Syntax und Semantik in Kombination mit der Verwendung der natürlichen Sprache ist kennzeichnend für die modellbasierten Methoden. Um die ermittelten, priorisierten und konsistenten Anforderungen in eine wiederverwendbare und strukturierte Dokumentation zu transformieren, ist zuvor bei diesen Methoden eine grundlegende Analyse notwendig. Die Analyse basiert bei den jeweiligen Methoden auf einer Fokussierung der Daten und der Struktur, der Funktionen, des Prozesses bzw. des Verhaltens des zu entwickelnden Systems. Dementsprechend zählen zu den modellbasierten Methoden Daten- und Strukturmodelle, funktionale Modelle und Prozess- bzw. Verhaltensmodelle.

#### **3.4.2.1 Daten- und Strukturmodelle**

Zu den Daten- und Strukturmodellen zählen das Entity-Relationship-Modell und das UML Klassendiagramm, die eine Modellierung hinsichtlich der Struktur und der betroffenen Daten vornehmen.

##### **Entity-Relationship-Modell**

*Das Entity-Relationship-Modell (ER-Modell) beruht auf einer Modellierung der Daten in Form von Entitätstypen und Beziehungstypen zur Dokumentation der Struktur der Anforderungen (Chen, 1976, S. 30). Abbildung 3.13 gibt eine Übersicht über die gängigsten Elemente der ER-Modelle in einer Annäherung an Chen (Chen, 1976, S. 19ff) sowie Pohl und Rupp (Pohl & Rupp, 2011, S. 83).*

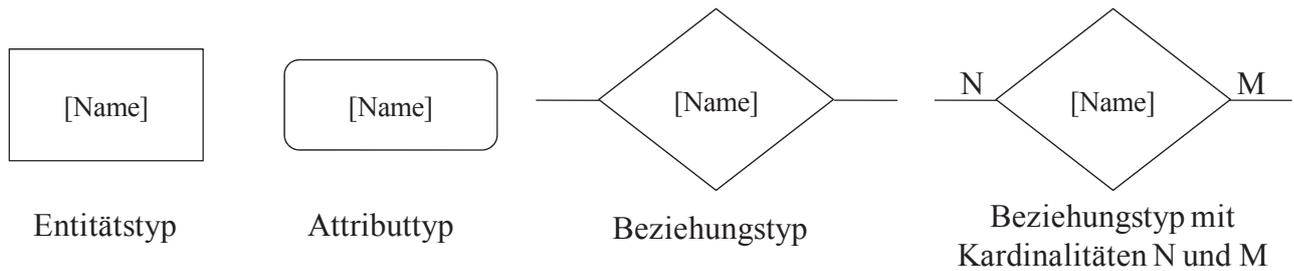


Abb. 3.13: Basiselemente des ER-Modells in Anlehnung an Chen (Chen, 1976, S. 19ff) sowie Pohl und Rupp (Pohl & Rupp, 2011, S. 83)

Die Entitätstypen entsprechen einer Klasse an Entitäten (Objekte) innerhalb eines Betrachtungsgegenstandes, d.h. die Objekte eines Entitätstyps weisen immer die gleichen Eigenschaften auf (Pohl & Rupp, 2011, S. 83). Die Beziehungstypen beinhalten äquivalente Beziehungseigenschaften durch die die Entitäten verknüpft und beschrieben werden. Die Kardinalitäten ergänzen die Beziehungstypen durch die Notation (N, M), wobei N Entitätstypen eine Beziehungsinstanz mit M Entitätstypen eingehen können. Die Attributtypen besitzen Eigenschaften, die den Entitätstypen ergänzend zugeordnet werden können. Somit ermöglicht ein ER-Modell die strukturierte Darstellung der umzusetzenden Anforderungen durch ein visuelles Modell mit Beziehungsstrukturen zwischen den einzelnen Klassen. Die Vorgehensweise zur Erstellung eines ER-Modells beginnt in einer Zusammenfassung der Objekte zu Entitätstypen und einer Sammlung mit anschließender Zuordnung relevanter Attribute zu den Objekttypen bzw. Entitätstypen. Die Ermittlung der Beziehung zwischen Entitätstypen wird durch die Beziehungstypen dargestellt, die durch eine genaue Beziehungsdefinition in Form von zahlenbasierten Kardinalitäten ergänzt werden können.

### UML Klassendiagramm

*Klassendiagramme, zugehörig zu den Diagrammtypen der UML, übermittelt die statische Struktur eines Systems mit dem Ziel der Darstellung von Informationen und Aktionen zu Objekten, die die Realität des darzustellenden Bereiches in ein Modell transformieren (Pohl, 2007, S. 201). Zusammenhängende Begriffe werden zunächst durch die Bildung von Klassen eingeordnet und in Form von Objekten klassifiziert. Den Klassen untergeordnete Attribute beschreiben die Klassen genauer und ordnen diesen somit entsprechende Eigenschaften zu. Um die Klassen explizit zu spezifizieren, erfolgt eine Definition an Operationen bzw. Methoden, die die Aktionen der einzelnen Klassen verdeutlichen. Die Beziehungskonstellationen zwischen den einzelnen Klassen, die zuvor in einer objektorientierten Analyse ermittelt werden müssen, werden durch Assoziationen wiedergegeben. Mögliche spezifische Beziehungskonstellationen zwischen den Klassen sind eine Generalisierung, eine Komposition oder eine Aggregation.*

Abbildung 3.14 kennzeichnet die Notation eines Klassendiagramms und die dazugehörigen Beziehungskonstellationen (Booch, Rumbaugh, & Jacobson, 2006, S. 92ff, 180f).

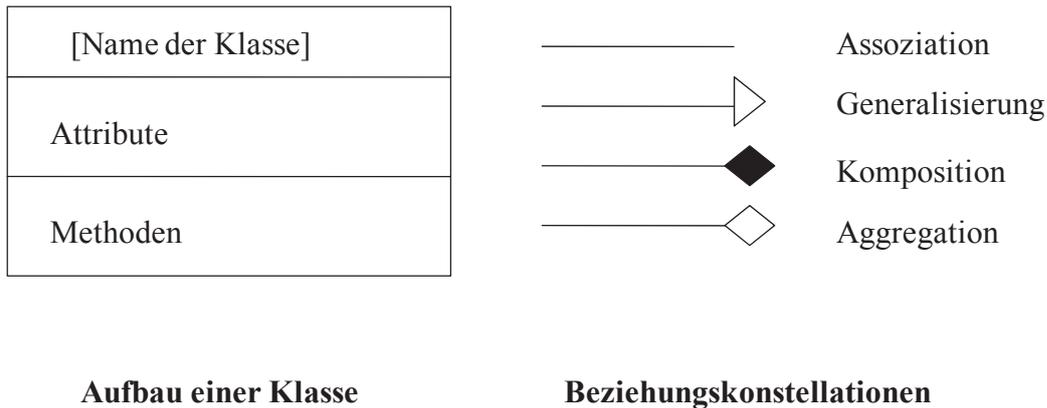


Abb. 3.14: Basiselemente von UML Klassendiagrammen in Anlehnung an Booch et al. (Booch, Rumbaugh, & Jacobson, 2006, S. S.92ff)

Eine Generalisierung beinhaltet eine Vererbung der Eigenschaften und Methoden einer übergeordneten Klasse auf eine untergeordnete Klasse. Während eine Komposition eine zwingende Beziehung bei Existenz zwischen über- und untergeordneter Klassen angibt, vermittelt eine Aggregation die Fähigkeit die untergeordnete Klasse als einen möglichen Bestandteil der übergeordneten Klasse darzustellen.

### Einordnung

Das Entity-Relationship-Modell und das Klassendiagramm fokussieren die Struktur und die vorhanden Daten eines Systems, weshalb die vorliegende Einordnung erfolgt ist. Klassendiagramme zählen zur Unified Modeling Language (UML), einer grafischen Modellierungssprache mit einer Vielzahl an differenzierten Diagrammen (Klassendiagramme, Objektdiagramme, Sequenzdiagramme, Anwendungsfalldiagramme – Use-Case-Modelle, Zustandsdiagramme, Aktivitätsdiagramme etc. (Booch, Rumbaugh, & Jacobson, 2006, S. 51). Somit ist auch eine Einordnung der Klassendiagramme zu den objektorientierten Modellen möglich.

### 3.4.2.2. Funktionale Modelle

Funktionale Modelle basieren auf einer Modellierung von Aktivitäten des geplanten Systems zur Spezifizierung der Anforderungen. Zu den funktionalen Modellen zählen das UML Aktivitätsdiagramm und das UML Use-Case-Modell.

### UML Aktivitätsdiagramm

*Zur Darstellung von Prozessen und Abläufe insbesondere bei Verzweigungen und parallelen Abläufen kommt das Aktivitätsdiagramm zum Einsatz.* Es dient der Modellierung von Alternativen, Eventualitäten und Entscheidungen. Abbildung 3.15 beinhaltet die Basiselemente eines Aktivitätsdiagramms (Booch, Rumbaugh, & Jacobson, 2006, S. 315).

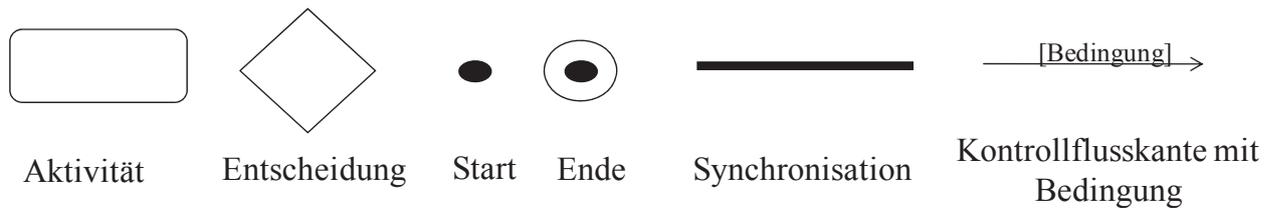


Abb. 3.15: Basiselemente von UML Aktivitätsdiagrammen in Anlehnung an Booch et al. (Booch, Rumbaugh, & Jacobson, 2006, S. 315)

Die Erstellung eines Diagramms beruht auf einer Dokumentation der sequentiellen Aktivitäten, die einen Einzelschritt im Ablauf unter einem gewissen Zeitaufwand repräsentieren (Rupp & SOPHISTEN, 2009, S. 218). Die Methode ermöglicht durch Entscheidungsknoten den Ablauf und die Reihenfolge des Diagramms nach jeweiligen Bedingungen festzulegen. Weitere Basiselemente sind die Start- und Endknoten, sowie eine Synchronisations-Bar zur Ermöglichung eines parallelen Ablaufs von Aktivitäten. Die Kontrollflusskanten erläutern die Bedingung an den Entscheidungsknoten zur Auswahl der alternativen Aktivitäten. Die Aktivitätsdiagramme kommen beispielsweise auch zum Einsatz zur ergänzenden Dokumentation der Ablauflogik eines Use-Case-Modells (Pohl & Rupp, 2011, S. 46).

### UML Use-Case-Modell

Das Use-Case-Modell ist ein Bestandteil der UML, das die Aktivitäten und Interaktionen zwischen einem Benutzer (engl.: Actor) eines Systems und einem System beschreibt. Das Use-Case-Modell beinhaltet einen Actor und einen Use-Case, der funktionale Anforderungen an ein System stellt. Die Use-Case Relationen verdeutlichen die Beziehung zwischen den beiden Elementen in Form von „include“ und „extend“ Pfeilen.<sup>13</sup> Abbildung 3.16 skizziert die Basiselemente eines Use-Case-Modells.

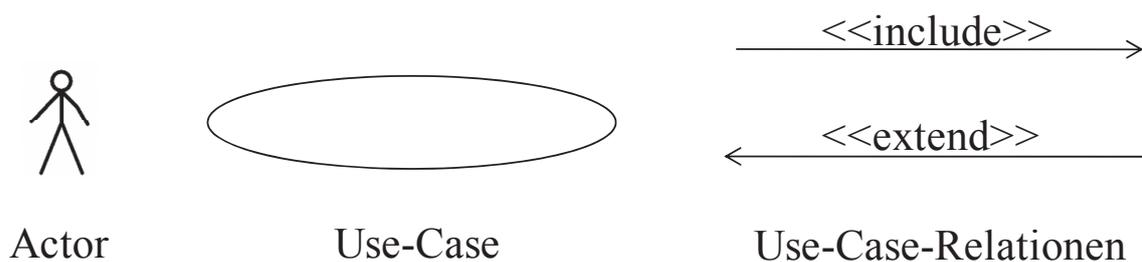


Abb. 3.16: Basiselemente eines UML Use-Case-Modells in Anlehnung an OMG (OMG, 2011, S. 611ff)

<sup>13</sup> „Include“ impliziert eine Einbindung an Aktivitäten und „exclude“ eine Erweiterung der Aktivitäten.

Da durch diese Methode lediglich die funktionalen Anforderungen modellbasiert dokumentiert werden, empfiehlt sich der Gebrauch einer ergänzenden Referenzschablone<sup>14</sup> zur Spezifikation der Anforderungen, insbesondere der nichtfunktionalen Anforderungen. Dieses Template enthält Attribute zur ergänzenden Beschreibung, Managementattribute (Autor, Quelle, Verantwortlicher, Prioritäten) und Attribute zur Identifikation des Use-Cases. In Anhang D.2 ist eine Schablone zu Spezifikation angefügt.

#### **Einordnung**

Aktivitätsdiagramme und Use-Case-Modelle modellieren Aktivitäten, die zu dieser Einordnung geführt hat. Anzumerken gilt, dass beide Modellierungsmethoden ebenfalls Diagramme der UML darstellen und somit auch zu den objektorientierten Modellen zählen.

#### **3.4.2.3. Prozessmodelle bzw. Verhaltensmodelle**

Prozessmodelle, die auch als Verhaltensmodelle bezeichnet werden, dienen der Modellierung des dynamischen Verhaltens des zu entwickelnden Systems und bilden somit die Anforderungen an das System hinsichtlich des Verhaltens in einem Modell ab. Zu den Prozessmodellen zählen Petrinetze, Ereignisgesteuerte Prozessketten, UML Zustandsdiagramme, Datenflussmodelle sowie Entscheidungstabellen und Entscheidungsbäume.

#### **Petrinetze**

*Petrinetze stellen den Ablaufmechanismus und somit das Verhalten bei gegebenen Zuständen in Form eines Modells graphisch dar (Bray, 2002, S. 283ff).* Ein Prozess wird durch die Netzelemente der Stellen und Transitionen modelliert (Peterson, 1977, S. 224f). Stellen bezeichnen Objekte oder eine passive Komponente, die für Bedingungen, Medien oder auch Datenspeicher stehen können. Transitionen stellen eine aktive Komponente in Form von Aktionen, Handlungen oder Aktivitäten dar. Das Element Verbindung befindet sich immer zwischen Stellen und Transitionen und repräsentiert Vor- und Nachbedingungen der Aktivitäten. Die Marken geben den Zustand der Transitionen wieder, so können beispielsweise Speicher durch Marken den Füllungsgrad definieren oder die Gültigkeit einer Bedingung symbolisieren. Abbildung 3.17 stellt einen exemplarischen Prozess dar, der auf der Definition der Basiselemente von Peterson beruht (Peterson, 1977, S. 234f).

---

<sup>14</sup> Die Schablone beinhaltet ähnlich wie die Satzschablone (siehe Abschnitt 3.4.1) einen vorgegebenen Aufbau. Sie dient als Vorlage und wird durch den Einsatz von Prosa ausgefüllt.

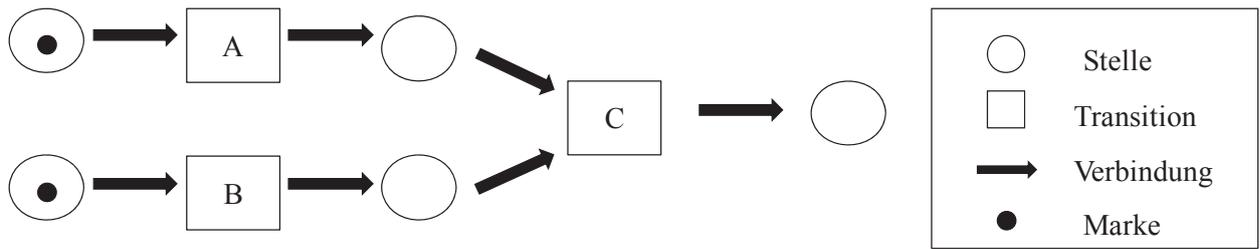


Abb. 3.17: Exemplarisches Petrinetz mit Legende in Anlehnung an Peterson (Peterson, 1977, S. 234f)

Petrinetze ermöglichen somit eine Fokussierung auf den Prozess des zu entwickelnden Systems ohne genauere Betrachtung der Daten oder der beteiligten Personen.

### Ereignisgesteuerte Prozesskette

Die Methode der Ereignisgesteuerten Prozesskette (EPK) dient der Darstellung von Geschäftsprozessen (Nüttgens & Rump, 2002, S. 64). EPKs basieren auf der Petrinetz-Theorie und können als eine Variante dieser mit einer Erweiterung um logische Verknüpfungsoperatoren angesehen werden. Bei der prozessorientierten EPK handelt es sich um einen gerichteten Graphen mit den Basiselementen Ereignis, Funktion, Kontrollfluss und Boolesche Konnektoren bzw. Verknüpfungsoperatoren (siehe Abbildung 3.18) (Nüttgens & Rump, 2002, S. 66).

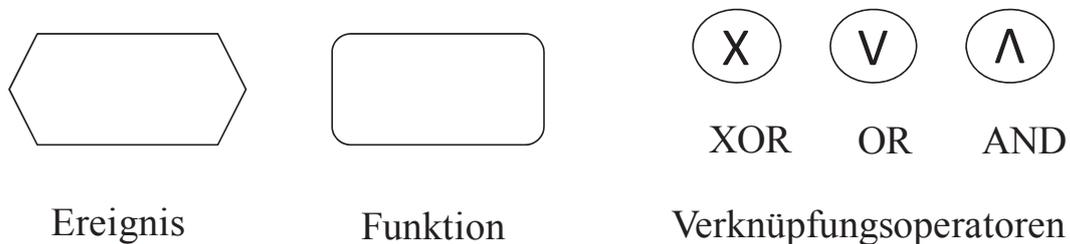


Abb. 3.18: Basiselemente einer Ereignisgesteuerten Prozesskette in Anlehnung an Nüttgens et al. (Nüttgens & Rump, 2002, S. 66)

Ereignisse stellen passive Komponenten dar, die zur Auslösung von Aktivitäten führen und einen eingetretenen Zustand repräsentieren. Funktionen dienen als aktive Komponente bei der Durchführung von Aktivitäten. Das Folgeelement eines Ereignisses ist immer durch ein Funktionselement innerhalb des EPK und umgekehrt geprägt. Die Verknüpfung zwischen diesen beiden Elementen wird durch gestrichelte Pfeile symbolisiert, die durch bedingungsstellende Verknüpfungsoperatoren ergänzt werden können. Anzumerken gilt die Beachtung der Konvention eines Gebrauches von Ereignissen beim Start und Ende einer EPK.

## UML Zustandsdiagramme

Der Zweck der Zustandsdiagramme (Statecharts) besteht in einer Darstellung der begrenzten Zustände und der Verdeutlichung, welche Auslöser zu einer Überführung der Zustände führen. Zustandsdiagramme entsprechen einem Zustandsübergangsdiagramm, das auf einem Automatenkonzept aufbaut (Pohl, 2007, S. 196). Die Funktionalitäten der Statecharts ergänzen die Zustandsautomaten um eine mögliche Hierarchisierung der Zustände, den möglichen Einsatz von Bedingungen sowie Nebenläufigkeiten (Pohl & Rupp, 2011, S. 95). Ein Zustand bezeichnet ein Zeitintervall eines bestimmten Verhaltens des Systems. Statecharts werden aufgrund der Aufweisung und der Wechsel festgelegter Zustände als finite Statusträger bezeichnet (Wiegers, 2005, S. 188f). Sie ermöglichen Aussagen hinsichtlich des Verhaltens in expliziten Zuständen. Die von Harel eingeführte Notation ist in Abbildung 3.19 ersichtlich (Harel, 1987, S. 234ff)(Pohl & Rupp, 2011, S. 95).

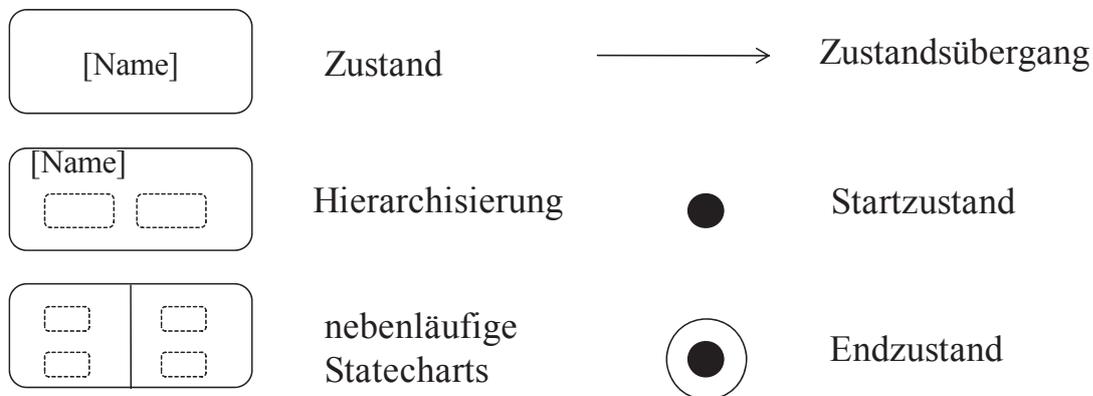


Abb. 3.19: Basiselemente eines Statecharts in Anlehnung an Harel (Harel, 1987, S. 234ff) sowie Pohl und Rupp (Pohl & Rupp, 2011, S. 95)

Anzumerken gilt, dass Statecharts und Aktivitätsdiagramme eine auffällige ähnliche Notation aufgrund der Zugehörigkeit dieser beiden Methoden zur UML aufweisen. Der Unterschied besteht in einer differenzierten Fokussierung der Diagramme. Während Statecharts die Zustände eines Systems betrachten, fokussieren Aktivitätsdiagramme die Aktivitäten des Systems.

## Datenflussdiagramm

Ein Datenflussdiagramm bildet den Prozess des zu entwickelnden Systems hinsichtlich seines Datenflusses graphisch ab (Bray, 2002, S. 291). Sie dienen der Umwandlung von Eingabedaten aus der Systemumgebung in Ausgabedaten der Systemumgebung. Zur Erstellung des Datenflussdiagramms ist eine vorherige Identifikation der benötigten Daten durch eine Analyse notwendig. Das Modell besteht aus den vier Basiselementen Terminator, Prozess, Datenspeicher und Datenfluss (siehe Abbildung 3.20) (DeMarco, 1979, S. 51).

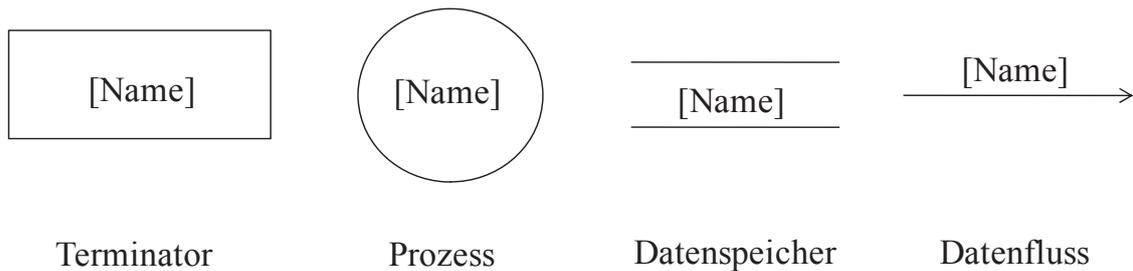


Abb. 3.20: Basiselemente eines Datenflussdiagrammes in Anlehnung an DeMarco (DeMarco, 1979, S. 51)

Zunächst erfolgt eine Erstellung der Terminatoren, die Objekte wie beispielsweise Abteilungen, Personen oder Organisationen beschreiben. Die Kreise symbolisieren Prozesse im Hinblick auf unterschiedliche Funktionen des Systems. Die Datenspeicher stellen die Daten sowohl lesend als auch schreibend zur Verfügung und werden in Richtung des Datenflusses weitergeleitet. Für die Modellierung abstrakter Datenflüsse besteht die Möglichkeit einen Hauptprozess durch ein neues Datenflussdiagramm einer darunter liegenden Ebene zu beschreiben (Hull, Jackson, & Dick, 2005, S. 44f). Bei Gebrauch der Methode ist eine textuelle Beschreibung jedes Prozesses, Datenspeichers und Datenflusses notwendig. Für gewöhnlich erfolgt in einem Daten-Lexikon eine Definition der einzelnen Datenspeicher und Datenflüsse (Hull, Jackson, & Dick, 2005, S. 44ff).

### Entscheidungstabellen und Entscheidungsbäume

*Die Methode der Entscheidungstabellen und der Entscheidungsbäume ermöglichen eine Abbildung der zu erzielenden Verhaltensweise des Systems und eine Ableitung von Aktionen bei spezifischen Aktionen.* Sie liefert Informationen über die Reaktion des Systems bei Kombinationen differenzierter Bedingungen (Wiegers, 2005, S. 197). Zur Erstellung einer Entscheidungstabelle erfolgt eine Auflistung aller bei einem System geltenden Bedingungen und eine Auflistung der ausführenden Aktionen in den Zeilen der Tabelle (Davis, 1990, S. 223ff). Die Betrachtung der einzelnen Kombinationen der Bedingungen werden in Form von Regeln dargelegt, die ein Erreichen oder Nichterreichen der Bedingungen kennzeichnen und von denen ausgehend differenzierte Aktionen abgeleitet werden. Tabelle 3.5 stellt eine mögliche Entscheidungstabelle mit drei Bedingungen dar. Die Spalten symbolisieren die Regeln, die durch eine Kombination der Bedingungen definiert sind. Die Erfüllung einer Bedingung ist mit einem „J“ und eine Nichterfüllung mit einem „N“ gekennzeichnet. Regel 1 definiert in der unten stehenden Tabelle eine Erfüllung aller drei Bedingungen, die zu einer Auslösung der Aktion 1 führen. Somit ermöglicht die Entscheidungstabelle eine Repräsentation des gewünschten Verhaltens aufgrund der ermittelten Anforderungen des zu entwickelnden Systems.

|             | Regel 1 | Regel 2 | Regel 3 | Regel 4 | Regel 5 | Regel 6 | Regel 7 | Regel 8 |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Bedingung 1 | J       | J       | J       | N       | J       | N       | N       | N       |
| Bedingung 2 | J       | J       | N       | J       | N       | J       | N       | N       |
| Bedingung 3 | J       | N       | J       | J       | N       | N       | J       | N       |
|             |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Aktion 1    | X       | X       |         |         | X       | X       |         |         |
| Aktion 2    |         | X       | X       |         |         |         | X       |         |
| Aktion 3    |         |         |         | X       |         | X       |         |         |
| Aktion 4    |         |         | X       |         | X       |         |         |         |

Tab. 3.5: Exemplarische Entscheidungstabelle in Anlehnung an Davis (Davis, 1990, S. 226)

Ein Entscheidungsbaum enthält die identischen Informationen wie eine Entscheidungstabelle, beinhaltet aber eine graphische Visualisierung. Die Bedingungen können durch Fragestellungen ersetzt werden, die wie in Abbildung 3.21 mit ja oder nein beantwortet werden können.<sup>15</sup>

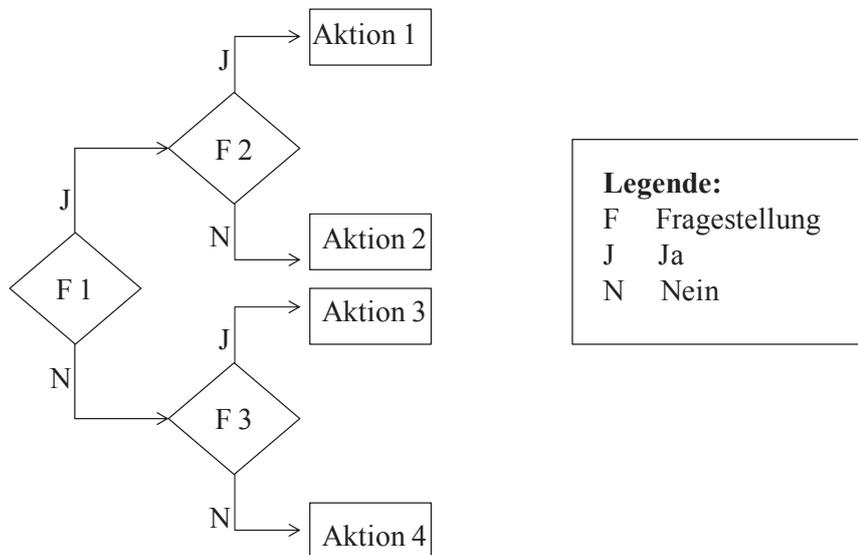


Abb. 3.21: Exemplarischer Entscheidungsbaum in Anlehnung an Davis (Davis, 1990, S. 228)

Anzumerken gilt, dass eine Auflistung der Bedingungen oder Fragestellungen nicht nur durch zwei Werte beantwortet werden kann, sondern ein Gebrauch mehrerer Werte möglich ist.

<sup>15</sup> Der Entscheidungsbaum enthält hier nur zwei Bedingungen im Vergleich zur Entscheidungstabelle.

## **Einordnung**

Petrinetze, EPKs, Statecharts, Datenflussdiagramme sowie Entscheidungstabellen und -bäume fokussieren das Verhalten oder den Prozess des zu entwickelnden Systems. Die Prozessmodellierung wird bei den Entscheidungstabellen und -bäumen durch Entscheidungsknoten und bei EPKs durch Verknüpfungsoperatoren ersichtlich. Während Statecharts und Petrinetze das Verhalten bei vordefinierten Zuständen verdeutlichen, symbolisieren Datenflussdiagramme den Prozess hinsichtlich des Datenflusses.

### **3.4.3 Standardisierte Methoden**

Standardisierte Methoden kennzeichnen sich durch ihre vordefinierte, standardisierte Gliederung zur Vorgabe einer Grobstruktur für die zu dokumentierenden Anforderungen (Pohl & Rupp, 2011, S. 47). Zu den standardisierten Methoden zählen die Software Requirements Specification nach dem IEEE Standard 830-1998 und das Volere Requirements Specification Template.

#### **Software Requirements Specification nach IEEE Standard 830-1998**

*Der vom IEEE entwickelte Standard 830-1998 Recommended Practice for Software Requirements Specifications (SRS) beinhaltet eine Vorlage zur Erstellung eines Spezifikationsdokumentes (IEEE, 1998). In Anhang D.3 befindet sich die Vorlage einer SRS in Annäherung an IEEE (IEEE, 1998) und Wiegers (Wiegers, 2005, S. 159). Die SRS empfiehlt eine standardisierte Gliederung des Anforderungsdokumentes in drei Hauptbereiche (Pohl & Rupp, 2011, S. 48). Das erste Hauptkapitel (Kapitel 1) dient zur Einführung in das Projekt und beinhaltet allgemeine Informationen wie beispielsweise Zweck und Projektrahmen. Die Gesamtbeschreibung (Kapitel 2) dient zur Vermittlung von allgemeinen Informationen im Hinblick auf Funktionen, Betriebsumgebungen und Voraussetzungen und stellt den zweiten Hauptbereich dar. Im letzten Hauptbereich werden die funktionalen Anforderungen an das System (Kapitel 3), an die externen Schnittstellen (Kapitel 4) gestellt, sowie nicht funktionale (Kapitel 5) und andere Anforderungen (Kapitel 6) aufgelistet. Generell existiert die Notwendigkeit einer Modifizierung der Vorlage an das individuelle Projekt. Nach Erstellung der individuellen Spezifikation sollte ein Inhaltsverzeichnis und eine Überarbeitungshistorie, die Aufschluss über die Eckdaten der Änderungen gibt (Datum, Person, durchgeführte Änderungen, Grund der Änderung), in das Dokument eingefügt werden.*

#### **Volere Requirements Specification Template**

*Das Volere Requirements Specification Template (Volere Template) von Robertson und Robertson (Robertson & Robertson, 2010) bietet eine wohldefinierte Struktur und Leitfäden zur Erstellung und Dokumentation von Anforderungen. Das Template beinhaltet eine Vorlage, die den zu erstellenden Inhalt in fünf Bereichen untergliedert. Anhang D.4 listet die einzelnen Inhalte des Templates auf. Es besteht aus den fünf Anforderungstypen Projekt-Treiber, Randbedingungen des Projektes, funktionale, nicht-funktionale Anforderungen und Projektgegebenheiten (Robertson & Robertson, 2010, S. 2ff). Die Pro-*

jekt-Treiber stellen durch den Zweck des Projektes und die unterschiedlichen Interessen der Stakeholder die Treiber des Projektes dar. Die Randbedingungen liefern Einschränkungen des Projektes beispielsweise im Hinblick auf Budget und Zeit. Die funktionalen Anforderungen beinhalten den grundlegenden und wesentlichen Gegenstand des Produktes durch eine Beschreibung der durchzuführenden Tätigkeiten und umzusetzenden Aktionen. Eigenschaften, die die Funktionalität des neuen Systems beinhalten sollen, werden durch die nichtfunktionalen Anforderungen dokumentiert. Die Projektgegebenheiten liefern im Anschluss die Bedingungen unter denen das Projekt durchgeführt werden soll.

Abbildung 3.22 stellt eine sog. „Atomic Requirements Shell“ dar, eine Vorgehensweise zur Dokumentation der einzelnen Anforderung. Sie wird ebenfalls als „Snow Card“ bezeichnet (Robertson & Robertson, 2010, S. 5).



Abb. 3.22: Aufbau des Atomic Requirements Shell in Anlehnung an Robertson und Robertson (Robertson & Robertson, 2010, S. 5)

### Einordnung

Die SRS und das Volere Template gelten als verbreitete spezifizierte Dokumentenstrukturen und besitzen durch ihre vorgegebene Struktur einen standardisierten Charakter. Die standardisierten Methoden empfehlen innerhalb der Vorlage einen Einsatz von natürlichsprachigen und modellbasierten Methoden zur vollständigen Erstellung eines spezifizierten Anforderungsdokumentes. Da bei den standardisierten

Methoden jedoch die Fokussierung auf eine Vermittlung einer standardisierten Struktur und eines standardisierten Aufbaus liegt, werden diese separat aufgeführt.

### **3.5 Zusammenfassung**

In Kapitel 3 wurden Methoden der Prozessschritte der Anforderungsermittlung, -analyse und -spezifikation des AM vorgestellt und in ein Klassifikationsschema eingeordnet. Somit wurde eine Grundlage für nachfolgende Bewertung der o.g. Methoden geschaffen. Anzumerken gilt, dass in dieser Arbeit keine Gewährleistung der Vollständigkeit aller existierenden Methoden des AM geleistet werden kann. Es werden lediglich die gängigsten Methoden nach Meinung der Autoren ausgewählt und keine Kombinationen der aufgelisteten Methoden betrachtet.



## 4 Definition von Key Performance Indicators für das Anforderungsmanagement

Dieses Kapitel dient der Identifikation und Beschreibung ausgewählter Indikatoren als Grundlagenbasis für eine anschließende Bewertung der zuvor erläuterten Methoden des Anforderungsmanagements (AM). Abbildung 4.1 gibt eine Übersicht der im Rahmen der vorliegenden Arbeit ermittelten KPIs, die in generelle und phasenspezifische KPIs unterteilt werden können. Zunächst erfolgt eine Auflistung der Indikatoren, die für alle Phasen des AMs eine bedeutende Rolle einnehmen (Abschnitt 4.1). Anschließend werden Indikatoren für explizite Phasen beschrieben (Abschnitt 4.2). Abschnitt 4.3 beendet dieses Kapitel mit einer Zusammenfassung.

| 4.1 Generelle KPIs  | 4.2 Phasenspezifische KPIs  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Personeller Aufwand</li><li>• Materieller Aufwand</li><li>• Zeitaufwendungen</li><li>• Formalisierungsgrad</li><li>• Erforderlicher Qualifikationsgrad</li><li>• Häufigkeit des Methodeneinsatzes</li><li>• Detaillierungsgrad</li><li>• Grad der Eindeutigkeit</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>4.2.1 Zusätzliche KPIs in der Anforderungsermittlung<ul style="list-style-type: none"><li>• Zeitpunkt der Akquise</li><li>• Perspektivengrad</li><li>• Identifizierungsgrad individueller Meinungsbilder</li></ul></li><li>4.2.2 Zusätzliche KPIs in der Anforderungsanalyse<ul style="list-style-type: none"><li>• Priorisierungsgrad</li><li>• Fehleranfälligkeitsgrad</li></ul></li><li>4.2.3 Zusätzliche KPIs in der Anforderungsspezifikation<ul style="list-style-type: none"><li>• Grad der Nachvollziehbarkeit und Verfolgbarkeit</li><li>• Flexibilitätsgrad</li></ul></li></ul> |

Abb. 4.1: Übersicht der Key Performance Indicators im Anforderungsmanagement

### 4.1 Generelle Key Performance Indicators des Anforderungsmanagements

In diesem Abschnitt werden die Indikatoren aufgelistet und beschrieben, die eine Differenzierung der in Kapitel 3 beschriebenen Methoden ermöglicht. Durch diese Kennzahlen soll eine Gewichtung hinsichtlich des sinnvollen Einsatzes der jeweiligen Methoden in allen drei Phasen des AM generiert werden. Zu den KPIs zählen der personelle Aufwand, der materielle Aufwand, Zeitaufwendungen, der Formalisierungsgrad, der erforderliche Qualifikationsgrad, die Häufigkeit des Methodeneinsatzes, der Detaillierungsgrad und der Grad der Eindeutigkeit. Eine Übersicht über Konventionen der Bewertungsnotation befindet sich in Anhang D.5.

##### **Personeller Aufwand**

Der personelle Aufwand spiegelt die benötigte Anzahl an Personen zur Durchführung der Methoden wider. Darunter fallen Stakeholder, der eventuelle Einsatz eines (externen) Moderators und fachkundiges (externes) Personal, beispielsweise in Form eines Requirements Engineers. Zeitliche Aufwendungen werden bei dieser Kennzahl nicht berücksichtigt, sondern lediglich die Anzahl an benötigtem Personal.

##### **Materieller Aufwand**

Die Kennzahl des materiellen Aufwands beinhaltet die benötigten, materiellen Aufwendungen zur Nutzung und Durchführung der Methode. Beispielsweise können zu dem materiellen Aufwand benötigte Räume, Computer, Software, Hardware oder auch Büroutensilien wie Papier zählen.

##### **Zeitaufwendungen**

Unter Zeitaufwendungen wird die benötigte Zeit einer Person zur Durchführung einer Methode oder zur Erstellung eines Modells bezeichnet. Um eine Aussagefähigkeit über die zeitlichen Aufwendungen pro Person treffen zu können, wird unter dieser Kennzahl lediglich der durchschnittliche Zeitaufwand pro Person definiert. Eine Fokussierung der gesamten Zeitaufwendungen aller beteiligten Personen kann durch die gemeinsame Betrachtung der Kennzahlen *Zeitaufwendungen* und *personeller Aufwand* generiert werden.

##### **Formalisierungsgrad**

Der Formalisierungsgrad spiegelt die formellen, einzuhaltenden Vorgaben bei Ausführung einer Methode wider. Die Vorgaben implizieren beispielsweise eine lockere oder strenge Form hinsichtlich des Aufbaus oder der Struktur, die bei einer Methode erstellt werden soll oder Vorgaben hinsichtlich der Durchführung und Notation. Ein hoher Formalisierungsgrad schränkt sowohl den Grad des Freiraumes für Abweichungen als auch ein individuell geprägtes Vorgehen ein.

##### **Erforderlicher Qualifikationsgrad**

Der erforderliche Qualifikationsgrad kennzeichnet die benötigten Fähigkeiten und Vorkenntnisse der beteiligten Personen hinsichtlich bekannter Verfahren, Vorgehensweisen und Notationen. Ein hoher Qualifikationsgrad gibt die benötigte Expertise an und ist geprägt von einem außerordentliches Abstraktionsvermögen. Bei einem geringen Qualifikationsgrad andererseits reichen einfache Vorkenntnisse zur Anwendung der Methode aus.

##### **Häufigkeit des Methodeneinsatzes**

Die Häufigkeit des Methodeneinsatzes bezeichnet die Anzahl an Durchführungen der Methode in einem fest vorgegebenen Zeitraum. Die Kennzahl impliziert, ob die Anwendung der Methoden einmalig, zu fest definierten Zeitpunkten oder kontinuierlich erfolgen kann.

### **Detaillierungsgrad**

Der Detaillierungsgrad gibt Aufschluss über die Berücksichtigung von Einzelheiten oder Beziehungsverhältnisse zwischen Elementen. Ein hoher Detaillierungsgrad ermöglicht eine Betrachtung auf mehreren Ebenen und erweitert eine grobe Beschreibung um Feinheiten.

### **Grad der Eindeutigkeit**

Der Grad der Eindeutigkeit impliziert eine Gewährleistung eines einheitlichen Verständnisses der *Ergebnisse* der jeweiligen Methoden. Bei einer geringen Eindeutigkeit der Methoden existieren Mehrdeutigkeiten, die einen individuellen Interpretationsfreiraum liefern.

## **4.2 Phasenspezifische Key Performance Indicators des Anforderungsmanagements**

Die einzelnen Phasen des AM besitzen durch ihre charakteristischen Hauptaktivitäten zusätzliche Indikatoren, die nur in der jeweiligen Phase von elementarer Bedeutung sind. Die zusätzlichen Indikatoren der Anforderungsermittlung, -analyse und -spezifikation werden in den folgenden Abschnitten 4.2.1-4.2.3 beschrieben.

### **4.2.1 Zusätzliche Key Performance Indicators in der Anforderungsermittlung**

Zu den zusätzlichen Indikatoren der Anforderungsermittlung zählen der Zeitpunkt der Akquise, der Perspektivengrad und der Identifizierungsgrad individueller Meinungsbilder.

#### **Zeitpunkt der Akquise**

Der Zeitpunkt der Akquise bezeichnet den Zeitrahmen der Ausführung der jeweiligen Methoden. Dieser Indikator gibt Auskunft, ob die Methoden lediglich in der Produktentwicklung oder sowohl in der Produktentwicklung als auch in einer nachgelagerten Phase zum Einsatz kommen.

#### **Perspektivengrad**

Der Perspektivengrad gibt den Grad an der Berücksichtigung unterschiedlicher Perspektiven an. Die Fokussierung auf eine Vielzahl an differenzierten Extrempositionen wird als ein hoher Perspektivengrad bezeichnet.

#### **Identifizierungsgrad individueller Meinungsbilder**

Der Indikator des Identifizierungsgrades individueller Meinungsbilder beinhaltet eine individuelle Ermittlung von Anforderungen mit den jeweiligen spezifischen Meinungen. Ein geringer Identifizierungsgrad individueller Meinungsbilder ist durch eine gruppengeprägte Ermittlung und Beeinflussung gekennzeichnet.

## 4.2.2 Spezifische Key Performance Indicators in der Anforderungsanalyse

Der Priorisierungsgrad und der Fehleranfälligkeitsgrad bezeichnen die spezifischen Indikatoren in der Anforderungsanalyse.

### **Priorisierungsgrad**

Der Priorisierungsgrad gibt an, ob eine Vergabe von Prioritäten anhand von zuvor definierten Kriterien erfolgt ist und somit eine Identifizierung und Berücksichtigung von elementaren und bedeutenden Methoden gewährleistet werden kann. Bei einer Untergliederung der Methoden in differenzierte Klassen oder Gruppen wird ein mittlerer Priorisierungsgrad verstanden, da hierbei nur grobe, für die gesamte Gruppe geltende Prioritäten vergeben werden. Erfolgt eine Reihenfolgenbildung aller Methoden, existiert ein hoher Priorisierungsgrad aufgrund der explizit festgelegten Rangordnung jeder Methode.

### **Fehleranfälligkeitsgrad**

Der Grad der Fehleranfälligkeit gibt bei den Methoden der Anforderungsanalyse einen Aufschluss darüber, ob eine fehlerhafte Aufbereitung, Interpretation oder Auswertung bei der *Durchführung* der Methode auftreten kann. Ein erhöhter Fehleranfälligkeitsgrad zeichnet sich durch eine erhöhte Gefahr einer falschen Einordnung und Bewertung aus, die anschließend zu einer Nichtbetrachtung der Anforderungen führen kann.

## 4.2.3 Spezifische Key Performance Indicators in der Anforderungsspezifikation

Zu den zusätzlichen Indikatoren der Anforderungsspezifikation zählen der Grad der Nachvollziehbarkeit und Verfolgbarkeit sowie der Flexibilitätsgrad.

### **Grad der Nachvollziehbarkeit und Verfolgbarkeit**

Der Grad der Nachvollziehbarkeit und Verfolgbarkeit gibt an ob, es für alle Stakeholder unabhängig von deren spezifizierten Kenntnissen und Fähigkeiten möglich ist, die dokumentierten Anforderungen vollständig und selbständig zu verstehen, nachzuvollziehen und zu verfolgen. Ein hoher Grad an Nachvollziehbarkeit und Verfolgbarkeit wird meist durch die Einhaltung einer gewissen Übersichtlichkeit und Einführung einer Definition hinsichtlich der gewählten Notation bei der Dokumentation gewährleistet.

### **Flexibilitätsgrad**

Der Indikator des Flexibilitätsgrades gibt die Möglichkeit einer eventuellen Erweiterung, Reduzierung oder Veränderung jeglicher Art der Methoden an. Bei einem hohen Flexibilitätsgrad können Änderungen ohne einen besonders großen Aufwand vorgenommen werden. Falls eine Umgestaltung der Modelle einen sehr zeitaufwendigen und komplexen Prozess nach sich zieht, ist ein geringer Flexibilitätsgrad der Methoden vorhanden.

### **4.3 Zusammenfassung**

In Kapitel 4 erfolgte eine Auflistung und prägnante Beschreibung der ausgewählten Schlüsselfaktoren (KPIs), die im Hinblick auf die zuvor aufgelisteten Methoden des AM von zentraler Bedeutung sind. Dabei wurde unterschieden zwischen Indikatoren, die für alle Phasen relevant sind und phasenspezifischen Indikatoren.



## **5 Key Performance Analyse – Evaluierung der Methoden des Anforderungsmanagements**

Kapitel 5 beinhaltet eine Evaluierung der in dieser Arbeit vorgestellten Methoden aus Kapitel 3 mittels einer Key Performance Analyse. Die bereits in Kapitel 4 identifizierten KPIs bilden die Grundlage für eine Evaluierung. In Abschnitt 5.1 wird die Vorgehensweise der Evaluierung beschrieben, während in Abschnitt 5.2. die Methodenevaluierung der einzelnen AM-Phasen erfolgt. Abschließend findet in Abschnitt 5.3 eine Beurteilung der evaluierten Cluster sowie eine mögliche Vorgehensweise zur projektspezifischen Methodenauswahl statt. Abschnitt 5.4 schließt dieses Kapitel mit einer Zusammenfassung ab.

### **5.1 Vorgehensweise der Evaluierung – Clusterbildung**

Die Evaluierung der Methoden erfolgt anhand einer Key Performance Analyse, d.h. durch eine Bewertung der aufgelisteten Methoden hinsichtlich der vorgestellten KPIs. In dieser Arbeit werden 44 Methoden in den drei Phasen des RE beschrieben. Aufgrund dieser Vielzahl an benötigten Bewertungsschritten wird eine Clusterbildung der Methoden zur anschließenden Evaluation herangezogen. Bei einem Cluster handelt es sich um eine Gruppierung von Methoden mit ähnlichen Eigenschaften. Diese Clusterbildung ermöglicht eine Zusammenfassung von Methoden mit anschließender Bewertung der jeweiligen Gruppen. Dies generiert eine Reduzierung der Anzahl an Bewertungen und dient einer besseren Übersichtlichkeit über die Vielzahl an Methoden.

Anzumerken gilt, dass jede beschriebene Methode ihre speziellen und individuellen Vorgehensweisen und Eigenschaften besitzt. Dennoch konnten in den Methoden einige Parallelen hinsichtlich Zweck und spezifischen Eigenschaften der Methoden festgestellt werden.

Die gewählte Einordnung der Methoden in dieser Arbeit gibt bereits einen Aufschluss über das Vorhandensein von ähnlichen Strukturen der differenzierten Methoden durch die Möglichkeit einer gemeinsamen Klassifizierung und Einordnung.

Abbildung 5.1, 5.2 und 5.3 verdeutlichen die gewählte Clusterbildung der Methoden aus den Phasen des REs, der Anforderungsermittlung, der Anforderungsanalyse und der Anforderungsspezifikation.

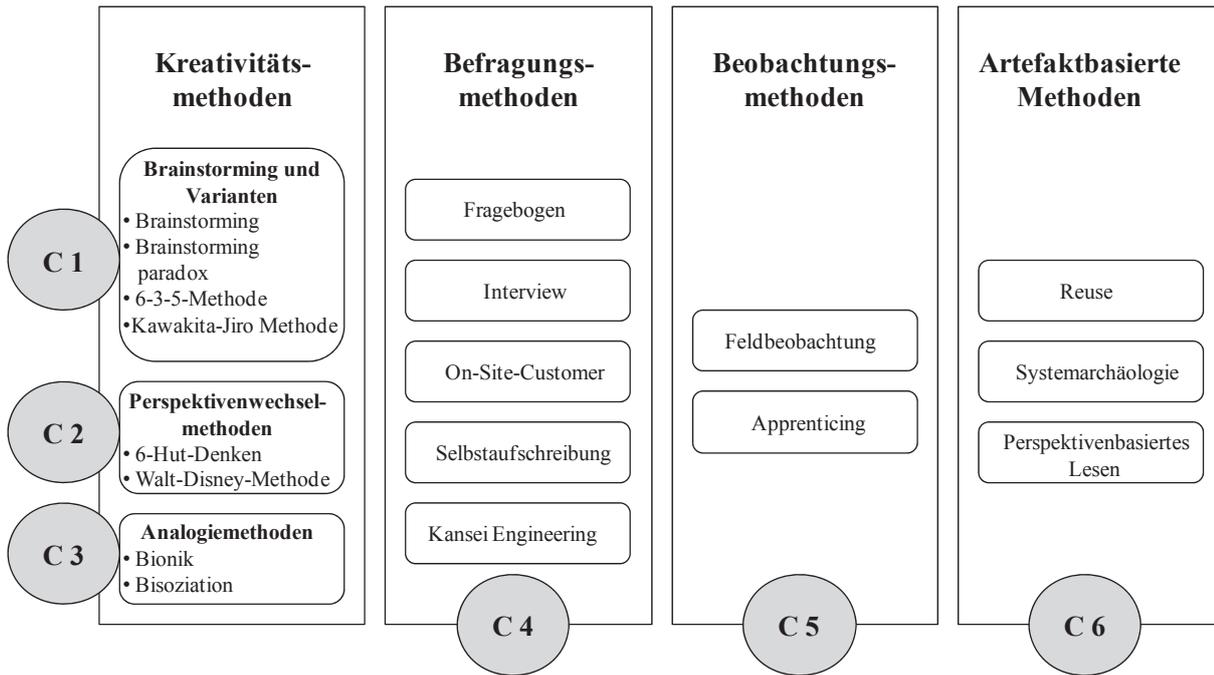


Abb. 5.1: Clusterbildung der Methoden der Anforderungsermittlung

Bei den Methoden der *Anforderungsermittlung* werden sechs Cluster (C) gebildet. Die Kreativitätsmethoden werden nach ihren eingeordneten Kategorien in drei Cluster gruppiert. Die Methoden des Methodenblocks „Brainstorming und Varianten“ beruhen alle auf der Methode des Brainstormings mit spezifischen Abwandlungen. Hierbei steht die Fokussierung auf eine gemeinsame Ideengenerierung ohne Kommentierung und Bewertung der gesammelten Ideen im Vordergrund. Somit besitzen die Methoden des Clusters 1 eine ähnliche Vorgehensweise, die zu einer Ableitung von ähnlichen Eigenschaften, beispielsweise im Hinblick auf materielle, personelle und zeitliche Aufwendungen, führen.

Cluster 2 besteht aus den Methoden des Perspektivenwechsels mit Fokussierung der Methoden auf einer Betrachtung von unterschiedlichen Blickrichtungen. Die beiden Methoden nehmen jeweils bestimmte definierte Perspektiven ein um eine Ausdehnung des Problems zu betrachten. Diese gemeinsame Vorgehensweise lässt gemeinsame Merkmale und Eigenschaften erkennen, die eine gemeinsame Bewertung ermöglichen.

Die Analogiemethoden werden Cluster 3 aufgrund der identischen Abstraktion des Ursprungproblems auf spezielle Bereiche zugeordnet. Die Methoden differenzieren nur hinsichtlich der Definition des möglichen Abstraktionsbereichs und besitzen hinsichtlich der ausgewählten KPIs identische Eigenschaften.

Cluster 4 beinhaltet alle Befragungsmethoden der Anforderungsermittlung. Bei allen Methoden erfolgt eine direkte oder indirekte Befragung in schriftlicher oder mündlicher Form. Zwar differenzieren die Methoden hinsichtlich der Vorgehensweise, jedoch kann die Art und Weise der Anforderungser-

mittlung in Form einer Befragung Aufschluss über gemeinsame, spezifische Kennzeichen, wie beispielsweise personeller oder materieller Aufwand, liefern.

Bei den Beobachtungsmethoden erfolgt eine Ermittlung der Anforderungen durch die Einnahme einer Beobachterperspektive oder durch ein Erlernen der Tätigkeiten mit anschließender Ableitung der benötigten Anforderungen. Der indirekte Einfluss der Stakeholder und die Beobachterperspektive eines Requirements Engineers sind bei beiden Methoden prägend für die Eigenschaften des fünften Clusters.

Im Cluster 6 werden die artefaktbasierten Methoden zusammengefasst, da diese durch den Einsatz und die Analyse von bereits vorhandenen Dokumenten eine gemeinsame Basis zur Bewertung besitzen.

Die Methoden der *Anforderungsanalyse* werden in drei Cluster untergliedert (siehe Abbildung 5.2).

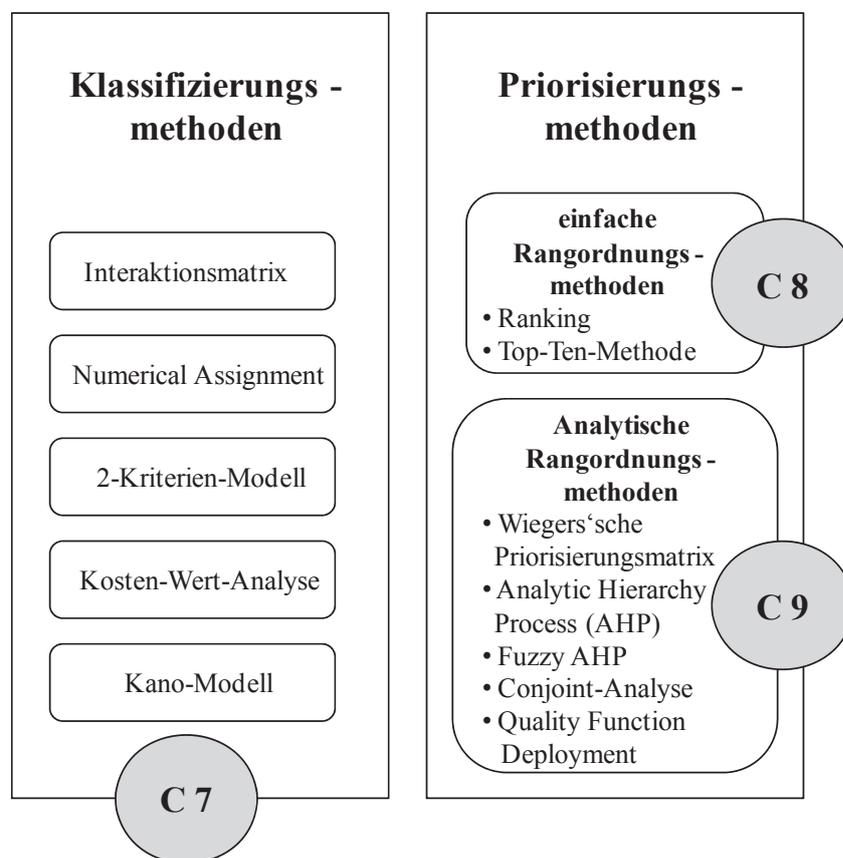


Abb. 5.2: Clusterbildung der Methoden der Anforderungsanalyse

Das Cluster 7 beinhaltet alle Klassifizierungsmethoden. Diese Clusterbildung wird aufgrund der ähnlichen Vorgehensweise einer Klassifizierung der Methoden ausgewählt. Alle Methoden klassifizieren nach unterschiedlicher Art und Anzahl an Kriterien zur Ableitung identischer Handlungsalternativen der einzelnen Klassen.

Cluster 8 fasst die einfachen Rangordnungsmethoden der Priorisierungsmethoden zusammen. Die Methoden des Clusters weisen alle keine analytische Vorgehensweise auf und nehmen eine schnelle Rangordnung vor. Somit sind alle Methoden von wenigen Vorgaben geprägt, die sich auf die ausgewählten KPIs auswirken.

Die analytischen Rangordnungsmethoden zählen ebenfalls zu den Priorisierungsmethoden und bilden gemeinsam das neunte Cluster aufgrund des gemeinsamen analytisch geprägten Vorgehens zur Bildung einer Rangfolge der ermittelten Anforderungen. Das Cluster ist geprägt von aufwendigen Methoden und vereint somit gemeinsame Eigenschaften zur gemeinsamen Bewertung.

Die Methoden der *Anforderungsspezifikation* bilden zusammen drei Cluster (siehe Abbildung 5.3).

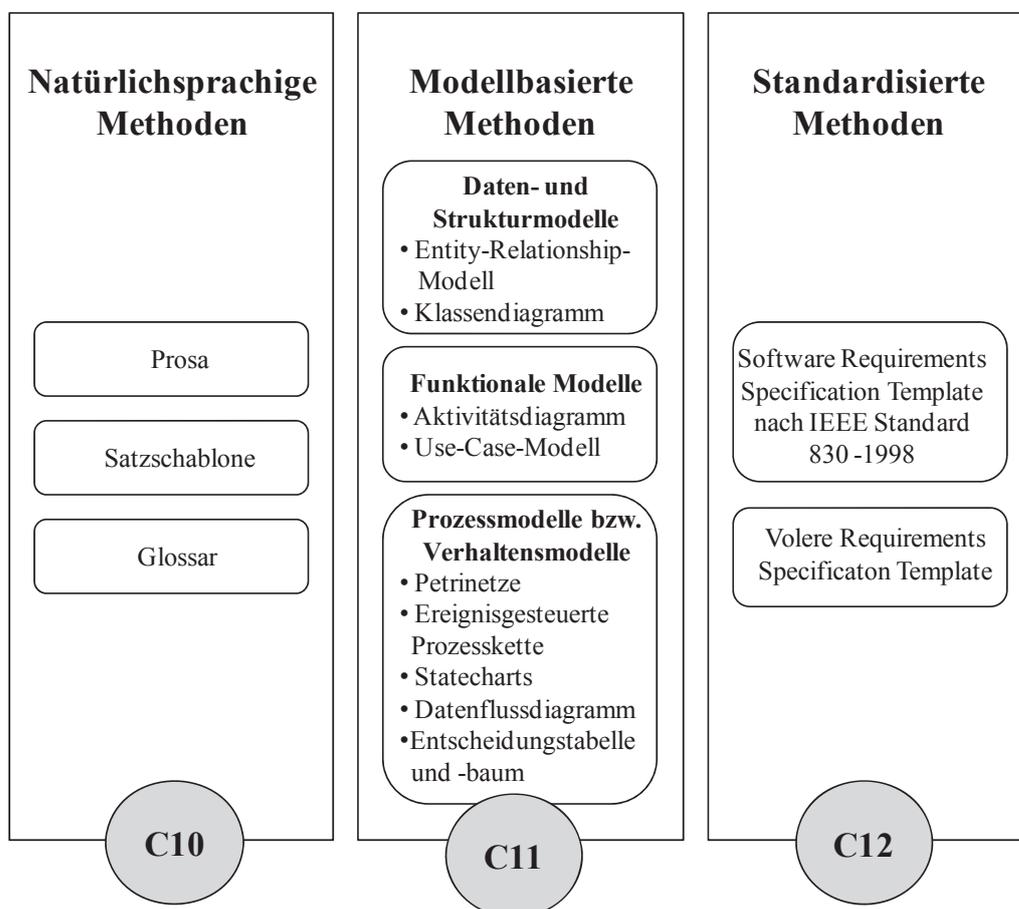


Abb. 5.3: Clusterbildung der Methoden der Anforderungsspezifikation

Cluster 10 besteht aus den natürlichsprachigen Methoden. Die Methoden beruhen alle auf dem Einsatz der natürlichen Sprache zur Dokumentation der Anforderungen. Die gemeinsame grundlegende Basis der Methoden besteht somit im Gebrauch von Prosa, aus dem sich eine Vielzahl an gemeinsamen Eigenschaften ableiten lassen.

Cluster 11 bilden die gesamten modellbasierten Methoden, d.h. die Daten- und Strukturmodelle, die funktionalen Modelle und die Prozess- bzw. Verhaltensmodelle. Hierbei handelt es sich um ein relativ großes Cluster. Zwar besitzen die einzelnen Methoden eine Vielzahl an eigenen, die Methode prägenden Eigenschaften, dennoch können Gemeinsamkeiten, beispielsweise hinsichtlich des Aufwandes, festgestellt werden. Eine Clusterbildung dieser Vielzahl an Methoden ist auch nur möglich, da in der folgenden Evaluierung keine detaillierte Bewertung, sondern nur eine Bewertung hinsichtlich einer dreistufigen Bewertungsnotation (siehe Anhang D.5) vorgenommen wird. Dennoch muss betont werden, dass durch dieses breite Cluster vermehrt Ausnahmen auftreten können.

Cluster 12 fasst die beiden standardisierten Methoden SRS und Volere Template zusammen. Somit vereint das Cluster Methoden mit einer vorgegebenen, standardisierten Vorlage zur Erstellung einer kompletten Übersicht und Auflistung aller Anforderungen des Projektes. Aus dieser gemeinsamen Existenz einer projektübergreifenden Vorlage leiten sich kennzeichnende Merkmale der Methoden mit identischen Eigenschaften hinsichtlich der Indikatoren ab.

Zusammenfassend führt die Clusterbildung der Methoden des RE in dieser Arbeit zu insgesamt zwölf Clustern. Somit wird eine Voraussetzung für eine anschließende übersichtliche und prägnante Evaluierung geschaffen. Anhand dieser Cluster wird eine Minimierung der Bewertungen auf etwa ein Viertel der vorherigen Bewertungen erzielt, was eine vereinfachte, parallele Bewertung innerhalb der Cluster ermöglicht.

## 5.2 Evaluierung – Key Performance Analyse

Die Key Performance Analyse bewertet die im vorherigen Abschnitt gebildeten zwölf Cluster getrennt in den jeweiligen Prozessschritten des RE anhand der erläuterten KPIs aus Kapitel 4. Es erfolgt eine getrennte Bewertung der einzelnen Phasen (Abschnitt 5.2.1-5.2.3), da ein Vergleich der Methoden innerhalb einer Phase die Unterschiede zwischen möglichen auszuwählenden Methoden verdeutlicht.

Um eine wissenschaftliche Bewertung zu gewährleisten, werden nicht nur explizit die gebildeten Cluster betrachtet und hinsichtlich der KPIs bewertet, sondern ebenfalls alle 44 Methoden getrennt voneinander fokussiert, um eventuelle abweichende Bewertungen einzelner Methoden hinsichtlich der übergeordneten Clusterbewertung zu erkennen. Eine Bewertung und Übersicht aller Methoden befindet sich im Anhang D.6 bis D.8. Es erwies sich als übersichtlicher in diesem Abschnitt nur eine Betrachtung der Cluster zu vollziehen und lediglich Abweichungen durch eine graphische Visualisierung kenntlich zu machen. Die Bewertung erfolgt wie bereits oben erwähnt durch eine dreistufige Bewertungsnotation, d.h. die KPIs werden hinsichtlich einer geringen (-), mittleren (o) und hohen Ausprägung (+) bewertet (siehe Anhang D.5).

### 5.2.1 Evaluierung der Methoden der Anforderungsermittlung

Die Methoden der Anforderungsermittlung besitzen einen geringen bis hohen *Personalaufwand*. Die Methoden des Brainstormings und dessen Varianten (C1) und die Perspektivenwechsellmethoden (C2) benötigen zur Durchführung nur eine geringe Anzahl an Personen, da hierbei ausgewählte, kompetente Stakeholder die Methode durchführen können und relevante, kreative Anforderungen auch in einem kleinen Personenkreis ermittelt werden können. Einen erhöhten und somit mittleren personellen Aufwand besitzen die Analogiemethoden (C3) und die artefaktbasierten Methoden (C6) aufgrund der Relevanz einer umfassenden Einbindung einer Vielzahl an Stakeholdern aus unterschiedlichen Bereichen und somit einer Einbindung eines differenzierten Fachwissen hinsichtlich unterschiedlicher Gesichtspunkte. Bei den Analogiemethoden ermöglicht ein vermehrter Einsatz an Stakeholder eine Erhöhung an Kenntnissen zur anschließenden Auffindung von Analogien. Die artefaktbasierten Methoden benötigen genügend Experten aus differenzierten Bereichen, um die bereits vorhandenen Dokumente aus verschiedenen Blickwinkeln analysieren zu können. Die Befragungsmethoden (C4) und die Beobachtungsmethoden (C5) besitzen hingegen einen hohen personellen Aufwand. Bei den Befragungsmethoden sollte zur Abbildung eines sehr umfassenden Meinungsbildes eine Befragung und Einbindung einer sehr hohen Anzahl an Stakeholder aus unterschiedlichen Bereichen erfolgen. Die Beobachtungsmethoden benötigen eine Vielzahl an Personen aufgrund der benötigten Beobachtung von mehreren Mitarbeitern aus differenzierten Bereichen, um einen umfassenden Input zu erhalten. Diese und die nachfolgenden Bewertungen können Tabelle 5.1 entnommen werden.

| KPI/ Cluster   | C 1 | C 2 | C 3 | C 4 | C 5 | C 6 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>Personeller Aufwand</b>                               | -   | -   | o   | +   | +   | o   |
| <b>Materieller Aufwand</b>                               | -   | -   | o   | -   | -   | +   |
| <b>Zeitaufwendungen</b>                                  | -   | -   | +   | o   | o   | +   |
| <b>Formalisierungsgrad</b>                               | -   | -   | -   | o   | -   | -   |
| <b>Erforderlicher Qualifikationsgrad</b>                 | -   | -   | +   | -   | -   | +   |
| <b>Häufigkeit des Methodeneinsatzes</b>                  | +   | o   | -   | o   | -   | -   |
| <b>Detaillierungsgrad</b>                                | -   | -   | o   | +   | +   | +   |
| <b>Grad der Eindeutigkeit</b>                            | o   | o   | -   | o   | o   | -   |
| <b>Zeitpunkt der Akquise</b>                             | +   | +   | -   | +   | -   | -   |
| <b>Perspektivengrad</b>                                  | -   | +   | -   | -   | -   | -   |
| <b>Identifizierungsgrad individueller Meinungsbilder</b> | +   | o   | -   | +   | o   | -   |

Tab. 5.1: Evaluierung der Methodencluster in der Anforderungsermittlung

Die *materiellen Aufwendungen* der Cluster 1, 2, 4 und 5 sind relativ gering, da häufig nur ein Raum, Papier, Stifte und weitere bereits vorhandene Büroutensilien benötigt werden. Einen mittleren Aufwand lässt sich bei Cluster 3 aufgrund der Notwendigkeit einer Vielzahl an Dokumenten zur Auffindung äquivalenter Strukturen in differenzierten Bereichen erkennen. Ein erhöhter Bedarf an Materialien wird bei Cluster 6 in Form von Räumen, Computern und spezieller Software zum Abgleich zwischen Artefakten und benötigten Anforderungen aus der aktuellen Problemstellung benötigt. Besonders die benötigte spezifische Software zum Abgleich der Programme kann einen erhöhten materiellen Aufwand darstellen.

Die *Zeitaufwendungen* der Cluster 1 und 2 sind relativ gering. Bei Cluster 5 sind grundsätzlich ebenfalls geringe zeitliche Aufwendungen in der Anforderungsermittlung zu erwarten, da bei diesen Beobachtungsmethoden die Stakeholder in ihrem Alltag lediglich begleitet werden und keine zusätzlichen Termine stattfinden. Jedoch entstehen für die Beobachter sehr hohe zeitliche Aufwendungen, woraus sich insgesamt mittlere Zeitaufwendungen für alle Beteiligten ergeben. Cluster 4 benötigt zur Durchführung der Befragungsmethoden teilweise geringe Zeitaufwendungen, jedoch fallen zur Erstellung und Auswertung der ermittelten Anforderungen zusätzliche Zeitbelastungen an. Cluster 3 und 6 benötigen einen großen Zeitaufwand zur Durchführung der Methoden aufgrund der erhöhten Komplexität der Methoden. Diese ergibt sich bei den Analogiemethoden bei der Suche nach ähnlichen Strukturen und bei Überprüfung der Anwendbarkeit auf die aktuelle Situation. Bei den artefaktbasierten Methoden erfolgen hohe Zeitaufwendungen aufgrund der komplexen und aufwendigen Analyse alter, teilweise unbekannter Dokumente.

Die Cluster 1-3, sowie 5 und 6 besitzen geringe Vorgaben hinsichtlich einer *einzuhaltenden Form* oder detaillierte allgegenwärtige Regeln. Lediglich die grobe Vorgehensweise und der allgemeingültige, generelle Ablauf sind vorgegeben. Die Befragungsmethoden (C4) hingegen weisen einen mittleren Formalisierungsgrad aufgrund der Vorgabe einer spezifischen Form der Methoden auf, wie beispielsweise der Vorgabe der strikten Form des Fragebogens bei geschlossenen Fragen oder eine konsequente Einhaltung der vordefinierten Fragen im standardisierten Interview.

Der *Qualifikationsgrad* der Cluster 1, 2, 4 und 5 ist gering, da die Ermittlung von Ideen der Stakeholder im Vordergrund steht und keine besondere oder unbekanntes Formalitäten und präzisen Vorgaben einzuhalten sind. Lediglich die Cluster 3 und 6 besitzen zur Durchführung eine erhöhte Qualifikation und eine hohe benötigte Expertise aufgrund der Schwierigkeiten einer Transformation der Probleme und Lösungen in andere Bereiche (C3) sowie aufgrund der Schwierigkeit der Nutzung von unbekanntes Softwareprogrammen und Dokumenten (C6).

Die *Häufigkeit des Methodeneinsatzes* der Methoden findet bei den Clustern 3, 5 und 6 meist nur einmalig statt aufgrund des relativ hohen Aufwands zur Durchführung der Methoden. So besitzen die Cluster 3 und 6 sehr hohe Zeitaufwendungen und einen nicht zu unterschätzenden materiellen und personellen Aufwand. Die Beobachtungsmethoden, zugehörig zu Cluster 5, finden in der Regel auch nur einmalig statt aufgrund des hohen Aufwandes für die meist externen Beobachter. Cluster 2 und 4 finden

meist zu fest definierten Zeitpunkten statt, um durch Befragungen oder Perspektivenbetrachtungen neue benötigte Eindrücke innerhalb der Entwicklung zu generieren oder nach Fertigstellung des Projektes Verbesserungsanforderungen zu akquirieren. Lediglich Cluster 1 wird kontinuierlich eingesetzt, um bei Problemen gemeinsam im Team neue, eventuell gemeinsam entstehende Denkansätze und mögliche Lösungen auszuarbeiten. Diesen kontinuierlichen Einsatz ermöglicht vor allem der geringe personelle, zeitliche und materielle Aufwand.

Die Cluster 1 und 2 besitzen einen geringen *Detaillierungsgrad*, da bei diesen kreativen Methoden hauptsächlich neue Ideen generiert werden sollen (C1) oder bestimmte Perspektiven eine Ausgangsbasis für noch nicht berücksichtigte Anforderungen bilden (C2). Somit werden hauptsächlich neue Ideen und mögliche Lösungsansätze gebildet meist ohne eine besondere detaillierte Tiefe zu erreichen. Cluster 3 hingegen überträgt die Probleme auf mögliche Analogien. Da je nach gefundenen Analogien die Anforderungen schon sehr detailliert sein können oder nur grobe Anforderungen abgeleitet werden, werden die Methoden des Clusters 3 mit einem mittleren Detaillierungsgrad bewertet. Den Clustern 4, 5 und 6 wird ein hoher Detaillierungsgrad zugeordnet, da hierbei durch Befragungen (C4), getätigte Beobachtungen und direkte Hinterfragungen (C5) sowie durch eine Überprüfung und Analyse bereits schon ausgearbeitete Anforderungen (C6) detaillierte Informationen gesammelt werden können.

Die Cluster 1, 2, 4 und 5 weisen einen mittleren *Gad der Eindeutigkeit* auf. Bei diesen Clustern kann zwar bei der Durchführung meist durch Rückfragen ein einheitliches Verständnis erzielt werden, dennoch impliziert dies nicht unmittelbar eine anschließende eindeutige Ergebnisdokumentation. Somit können Ungenauigkeiten und mehrdeutige auslegbare Notizen entstehen, die eine Bewertung eines mittleren Eindeutigkeitsgrades rechtfertigen. Die Cluster 3 und 6 besitzen ebenfalls keine Vorgaben hinsichtlich einer eindeutigen Dokumentation der Ergebnisse, obwohl bei diesen Methoden eine exakte Dokumentation aufgrund der komplexen, nicht selbsterklärenden Vorgehensweisen der Methoden notwendig wäre. Da dies nicht gewährleistet ist und hierbei eine erhöhte Gefahr der eventuell entstehenden Mehrdeutigkeiten existiert, ist ein geringer Eindeutigkeitsgrad bei Cluster 3 und 6 vorzufinden.

Der *Zeitpunkt der Akquise* liegt meist bei den Clustern 3, 5 und 6 nur innerhalb der Entwicklung aufgrund der Generierung von grundlegenden Anforderungen, die direkt in der Entwicklung umgesetzt werden. Diese Methoden würden in einer späteren Phase in der Regel einen zu großen Aufwand darstellen und vermutlich keine neuen relevanten Anforderungen generieren. Methoden der Cluster 2 und 4 können zusätzlich zu dem Einsatz in der Entwicklung auch in späteren Phasen eingesetzt werden. Nach Umsetzung des Projektes können Verbesserungen durch Perspektivenbetrachtungen (C2) oder durch neue Befragungen (C4) erzielt werden. Cluster 1 der Brainstorming-Methoden kann jederzeit zur Lösung von neuen, aufgetretenen Problemen durch ihre Einfachheit herangezogen werden und wird deshalb auch phasenübergreifend eingesetzt.

Die Methoden des Clusters 2 besitzen einen hohen *Perspektivengrad*, da eine fest definierte Betrachtung von spezifischen Perspektiven vorgesehen ist. Alle anderen Cluster weisen keine vorgegebene

Berücksichtigung differenzierter Perspektiven auf und besitzen deshalb einen geringen Perspektiven-grad.

Der Indikator des *Identifizierungsgrades individueller Meinungsbilder* ist bei den Clustern 3 und 6 gering ausgeprägt infolge einer Suche nach Lösungen in differenzierten Bereichen (C3) bzw. einer Fokussierung auf vorhandene Dokumente (C6). Demzufolge werden nicht explizit eigene Meinungen oder Ideen innerhalb dieser Methoden gebildet. Bei Cluster 2 lässt sich ein mittelmäßig ausgeprägter Identifizierungsgrad erkennen aufgrund der Möglichkeit innerhalb der vorgegebenen Perspektiven die eigene Meinung zu äußern. Allerdings ist durch Vorgabe der Perspektiven die freie Meinungsäußerung eingeschränkt. Bei Methoden des Clusters 5 werden die Stakeholder hauptsächlich beobachtet, um benötigte Anforderungen ableiten zu können, wenn die Stakeholder dazu keine Zeit haben oder nicht die benötigte Qualifikation besitzen. Somit ist es nicht immer gewährleistet die tatsächlichen Meinungsbilder zu identifizieren. Deshalb wird eine Bewertung eines mittleren Identifikationsgrades vorgenommen. Cluster 1 und 3 ermöglichen eine vollständige Identifizierung durch freie Äußerung möglicher Ideen innerhalb einer Gruppe (C1) oder bei Befragungen in schriftlicher oder mündlicher Form hinsichtlich der benötigten Anforderungen (C4).

Zu beachten gilt, dass bei der Evaluierung der Methodencluster der Anforderungsermittlung einige Ausnahmen innerhalb eines Clusters auftreten. Bei Vorhandensein von Unregelmäßigkeiten innerhalb eines Clusters hinsichtlich eines Indikators wurde die Zelle in der Übersichtstabelle grau hinterlegt. Somit ist eine auftretende Abweichung der untergeordneten Methoden im Hinblick auf die Clusterbewertung erkennbar. Die Abweichungen treten meist nur geringfügig auf. Eine leicht erhöhte Abweichung ist lediglich in Cluster 4 bei den Befragungsmethoden aufgetaucht, da diese teilweise in ihren Ausprägungen der Befragung stark variieren. Trotz der Abweichungen lassen sich eine Vielzahl an gemeinsamen, ähnlichen Eigenschaften erkennen, sodass diese Clusterbildung dennoch gerechtfertigt ist. In Anhang D.6 ist eine vollständige Bewertung aller Methoden der Anforderungsermittlung nach allen Indikatoren erfolgt, in der die grau markierten Zellen eine abweichende Bewertung der Methoden zu den zugehörigen Clustern symbolisieren. Auf eine explizite Nennung der jeweiligen Abweichungen wird in dieser Arbeit jedoch verzichtet.

## 5.2.2 Evaluierung der Methoden der Anforderungsanalyse

Tabelle 5.2 stellt die Übersicht der vorgenommenen Evaluierung der Methodencluster der Anforderungsanalyse dar.

| KPI/ Cluster                      | C 7 | C 8 | C 9 |
|-----------------------------------|-----|-----|-----|
| Personeller Aufwand               | -   | -   | o   |
| Materieller Aufwand               | -   | -   | +   |
| Zeitaufwendungen                  | +   | -   | +   |
| Formalisierungsgrad               | -   | -   | o   |
| Erforderlicher Qualifikationsgrad | o   | -   | +   |
| Häufigkeit des Methodeneinsatzes  | -   | -   | -   |
| Detaillierungsgrad                | -   | -   | o/+ |
| Grad der Eindeutigkeit            | o   | +   | +   |
| Priorisierungsgrad                | o   | o   | +   |
| Fehleranfälligkeitsgrad           | o   | +   | o   |

Tab. 5.2: Evaluierung der Methodencluster in der Anforderungsanalyse

Der *personelle Aufwand* der Methodencluster der Anforderungsanalyse wird bei den Klassifizierungsmethoden (C7) und den einfachen Rangordnungsmethoden (C8) als geringfügig bewertet. Eine Klassifizierung kann bereits durch wenige, kompetente Stakeholder erfolgen. Aufgrund der ad-hoc Bewertung der Methoden des Clusters 8 und der einfachen Vorgehensweise kann eine geringe Anzahl an Stakeholder die Methode durchführen. Bei den Methoden der analytischen Rangordnungsmethoden, zugehörig zu Cluster 9, ist eine gemeinsame Analyse der Methoden innerhalb eines Teams bzw. in Form einer Gruppenarbeit sinnvoll. Es sollten mehrere, kompetente Stakeholder aus involvierten Bereichen hinzugezogen werden, um weitreichende Entscheidungen gemeinsam zu treffen und um komplexe, analytische Bewertungen zu vollziehen. Teilweise werden auch Befragungen vollzogen (Conjoint-Analyse) oder relative Vor- und Nachteile, Risiken und Kosten abgeschätzt (Wiegers'sche Priorisierungsmatrix) zu denen mehrere fachspezifische Experten notwendig sind. Somit wird ein mittlerer Personenaufwand zur Durchführung der Methoden benötigt.

Der *materielle Aufwand* der Cluster 7 und 8 ist vergleichsweise gering, da bei den Methoden meist nur der Einsatz von Büromaterialien für die Ausführung der Methoden notwendig ist. Bei Cluster 7 können teilweise Computer zur Unterstützung eingesetzt werden. Dies ist aber nicht zwingend erforderlich. Cluster 9 hingegen benötigt für die analytischen Modelle und Berechnung der Priorisierungen meist eine unterstützende Software und die damit verbundenen Aufwendungen für die Lizenzen und benötigten Computer. Deshalb ist bei Cluster 9 ein hoher materieller Aufwand erkennbar.

*Zeitaufwendungen* des Clusters 7 und 9 sind relativ hoch aufgrund einer Vielzahl an Vergleichen und Klassifizierungen aller Anforderungen (C7) sowie aufgrund von aufwendigen analytischen Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Priorisierung und Bildung einer Rangfolge (C9). Bei steigender Anzahl an Anforderungen müssen vermehrt Vergleiche zwischen den Anforderungen gebildet werden, das zu zusätzlichen zeitlichen Aufwendungen führt. Cluster 8 hingegen besitzt aufgrund einer ad-hoc Erstellung einer Rangordnung nur eine sehr geringe zeitliche Belastung.

Der *Formalisierungsgrad* der Cluster 7 und 8 ist sehr informell, da die Methoden der beiden Cluster eine geringe strikte Vorgehensweise oder vorgeschriebene Notationen besitzen. Teilweise existieren bei diesem Cluster sogar keinerlei Vorgaben der Klassifizierungskriterien. Methoden des Clusters 9 weisen zwar vorgegebene Berechnungsverfahren oder eine vorgegebene Struktur (HoQ) für die zu erstellende Priorisierung auf, besitzen jedoch nicht eine fest einzuhaltende Notation. Somit führt dies für Cluster 9 zu einer Bewertung eines mittleren Formalisierungsgrades.

Cluster 8 wird ein geringer *erforderlicher Qualifikationsgrad* zugeordnet infolge der simplen Vorgehensweise ohne erforderliche Kenntnisnahme spezifischer anspruchsvoller Regeln. Cluster 7 setzt eine Kenntnisnahme der Anforderungen zur erfolgreichen Einordnung voraus, sowie Fähigkeiten einer Bewertung von Konfliktpotentialen und eine Abschätzung von Kosten und Werten. Aus diesen Gründen ist ein mittlerer Qualifikationsgrad zur Ausführung der Methoden notwendig. Ebenso wäre eine Evaluierung eines geringen Qualifikationsgrades mit der Prämisse eines erhöhten personellen und zeitlichen Aufwandes möglich, da eine unzureichende Expertise durch eine Befragung mehrerer kompetenter Stakeholder hinsichtlich Kosten- und Wertabschätzungen ausgeglichen werden kann. Cluster 9 besitzt einen sehr hohen notwendigen Qualifikationsgrad, da diese Cluster von analytischen Vorgehensweisen geprägt sind und spezifische Kenntnisse zur Erstellung der Priorisierungen erforderlich sind, wie beispielsweise die Berechnung von Prioritätenvektoren durch die Eigenwertmethode (AHP) oder Abschätzungen der Nutzenwerte durch geeignete Analysen (Conjoint-Analyse).

Die *Häufigkeit des Methodeneinsatzes* wurde bei allen drei Clustern der Anforderungsanalyse als gering eingeschätzt. Demzufolge kommen die Methoden meist nur einmalig zum Einsatz. Ermittelte Anforderungen werden analysiert und meist direkt einmalig nach der Ermittlung priorisiert oder klassifiziert. Da der Prozess des RE jedoch häufig auch spiralenförmig verläuft und die einzelnen Phasen bis zur vollständigen Anforderungsdefinition und -dokumentation wiederholt werden (Kotonya & Sommerville, 1998, S. 58)<sup>16</sup>, besteht die Möglichkeit einer erneuten Durchführung der einzelnen Methoden. Hier wurde aber die Annahme einer einmaligen, vollständigen Durchführung aller drei Phasen des RE getroffen, sodass die Evaluierung gerechtfertigt ist.

---

<sup>16</sup> Kotonya und Sommerville (Kotonya & Sommerville, 1998, S. 58) bezeichnen den Prozess des RE als eine Spirale, in der die Phasen der Ermittlung, Analyse und Spezifikation der Anforderungen so lange wiederholt werden bis eine Zufriedenstellung der Stakeholder erfolgt ist bzw. bis eine Erreichung des zuvor definierten Meilensteinplanes gewährleistet wurde.

Der *Detaillierungsgrad* des Clusters 7 ist geprägt durch eine Gruppierung in Klassen hinsichtlich eines Konfliktpotentials, Kosten-, Wert-, Markt- oder individuellen Kriteriums. Es erfolgt keine direkte Beachtung der Beziehungen und Verhältnisse zwischen den Anforderungen, sondern lediglich eine Klassifizierung, die von einem geringen Detaillierungsgrad geprägt ist. Cluster 8 weist ebenfalls einen geringen Detaillierungsgrad aufgrund einer simplen Rangfolgenbildung bzw. einer simplen Auswahl von 10 relevantesten Anforderungen auf. Cluster 10 besitzt eine mittelmäßige bis meist hohe ausgeprägte Detailgenauigkeit durch Bildung einer hierarchischen Übersicht zwischen den Anforderungen und der zu erreichenden Zielsetzung sowie einer hierarchischen Betrachtung der Zusammenhänge zwischen den einzelnen Anforderungen hinsichtlich ihrer Wichtigkeit (AHP, Fuzzy AHP). Auch die Betrachtung und Aufstellung von Gesamtkonzepten (Conjoint-Analyse) und die Umsetzung von Anforderungen in konkrete technische Merkmale (QFD) führen zu einer detaillierteren Fokussierung der Anforderungen.

Der Indikator des *Eindeutigkeitsgrades* des Clusters 7 besitzt eine mittlere Ausprägung. Anforderungen werden zwar meist eindeutigen Klassen zugeordnet, dennoch kann keine Gewährleistung einer eindeutigen Dokumentation der entsprechenden Handlungsalternativen der jeweiligen Klassen erfolgen. Cluster 8 bildet eine eindeutige Rangfolge und liefert ein klares Ergebnis, sodass ein hoher Eindeutigkeitsgrad hinsichtlich des Ergebnisses vorzufinden ist. Cluster 9 besitzt ebenfalls einen hohen Grad aufgrund der eindeutigen Vergabe einer Rangordnung der Anforderungen.

Der *Priorisierungsgrad* von Cluster 7 besitzt eine mittlere Ausprägung. Es werden zwar Priorisierungen in Form von Einordnungen in differenzierte Klassen vorgenommen, jedoch erfolgt keine feste Rangordnung innerhalb der Klassen. Cluster 9 hingegen bildet eine feste Rangfolge der jeweiligen Anforderungen und besitzt somit einen hohen Priorisierungsgrad. Cluster 8 besitzt einen mittleren Priorisierungsgrad, da das Ranking zwar eine Rangordnung bildet, die Top-Ten-Methode jedoch nur eine Klasse bildet.

Cluster 7 besitzt einen mittleren *Fehleranfälligkeitsgrad*, da möglicherweise eine falsche Einordnung aufgrund der geringfügig definierten Vorgehensweise und dem Fehlen von definierten Grenzen der einzelnen Klassen erfolgen kann. Somit führen die Methoden eventuell zu einer Nichtberücksichtigung der Anforderung, was eine Fehlerquelle darstellen kann. Cluster 8 bewertet die Methoden ad hoc nach nur einem Kriterium und macht keine Vorgaben hinsichtlich der auszuwählenden Klassen. Demnach besteht eine große Gefahr der falschen Selektion der Anforderungen. Bei den analytischen Methoden des Clusters 9 können die vorzunehmenden Abschätzungen der Kosten, der Vor- und Nachteile, des Risikos (Wiegers'sche Priorisierungsmatrix), der paarweise Vergleiche (AHP, Fuzzy AHP)<sup>17</sup>, sowie Auswertungen der bewerteten Gesamtkonzepte (Conjoint-Analyse) und eine Transformation von

---

<sup>17</sup> Die Methode des Fuzzy AHP begrenzt das Risiko im Vergleich zum AHP durch Einbindung der Unsicherheit des menschlichen Urteilsvermögens in die Bewertung.

Anforderungen in Merkmale durch vier Transformationsschritte (QFD) zu möglichen Fehlbewertungen und -auswertungen kommen. Es besteht nur ein mittleres Risiko einer Fehleranfälligkeit, da die Methoden viele Faktoren berücksichtigen und eventuelle einzelne Fehlbewertungen nicht unmittelbar ins Gewicht fallen.

Zu beachten gilt, dass ebenfalls bei den Methodencluster der Anforderungsanalyse einige Ausnahmen hinsichtlich der einheitlichen Bewertung innerhalb eines Clusters aufgetreten sind. Die Ausnahmen innerhalb eines Clusters sind ebenfalls durch eine graue Markierung gekennzeichnet und in Anhang D.7 aufgelistet. Die Abweichungen der Anforderungsanalyse beträgt insgesamt knapp 14% hinsichtlich der Bewertung der einzelnen Methoden im Vergleich zu der Clusterbewertung.<sup>18</sup> Diese geringfügige Abweichung ist aufgrund der Gruppierung von jeweils 5 Methoden in Cluster 7 und 9 vertretbar und somit lässt sich auch hier eine gemeinsame Basis der Methoden innerhalb der Cluster erkennen.

---

<sup>18</sup> Im Anhang wurden in der Analyse 12 Methoden anhand 10 Indikatoren bewertet und somit 120 Einzelbewertungen vorgenommen. Von diesen weichen 16 Bewertungen von der jeweiligen übergeordneten Clusterbewertung ab.

### 5.2.3 Evaluierung der Methoden der Anforderungsspezifikation

Der *personelle Aufwand* ist bei Cluster 10 relativ gering, da die natürlichsprachigen Methoden meist zur kurzfristigen, groben und zeitnahen Dokumentation von Anforderungen dienen (Prosa), zur schnellen Dokumentation (Satzschablone) oder zur Auflistung von Fachbegriffen der Anforderungen (Glossar) für eine geringe Anzahl an Personen ausreichend ist. Cluster 11 besitzt einen mittleren Personalaufwand aufgrund der aufwendigen Modellierung der Methoden. Dies kann durch ein IT-Team innerhalb der Firma erfolgen oder per Outsourcing an externe Experten delegiert werden. Der Aufwand hängt unter anderem von der Komplexität des zu modellierenden Systems ab. Cluster 12 besitzt einen mittleren bis hohen personellen Aufwand, da mehrere Stakeholder aus differenzierten Bereichen in die Methoden involviert sind und Anforderungen idealerweise aus den jeweiligen Bereichen definiert und dokumentiert werden sollten.

Tabelle 5.3 gibt eine Übersicht über die Evaluierung der Methoden der Anforderungsspezifikation hinsichtlich des personellen Aufwandes und den noch folgenden Indikatoren.

| KPI/ Cluster   | C 10 | C 11 | C 12 |
|--|------|------|------|
| <b>Personeller Aufwand</b>                             | -    | o    | o/+  |
| <b>Materieller Aufwand</b>                             | -    | +    | +    |
| <b>Zeitaufwendungen</b>                                | -    | +    | +    |
| <b>Formalisierungsgrad</b>                             | -    | +    | o    |
| <b>Erforderlicher Qualifikationsgrad</b>               | -    | +    | o    |
| <b>Häufigkeit des Methodeneinsatzes</b>                | o    | o    | o    |
| <b>Detaillierungsgrad</b>                              | -    | o/+  | +    |
| <b>Grad der Eindeutigkeit</b>                          | -    | +    | +    |
| <b>Grad der Nachvollziehbarkeit und Verfolgbarkeit</b> | +    | o    | +    |
| <b>Flexibilitätsgrad</b>                               | +    | o    | +    |

Tab. 5.3: Evaluierung der Methodencluster in der Anforderungsspezifikation

Cluster 10 besitzt einen geringen *materiellen Aufwand*, da die Dokumentation teilweise durch Büroutensilien (Papier und Stift) erfolgen kann (Prosa) oder durch Einsatz eines Computers sowie kostengünstigen Programmen zur Dokumentation (Glossar, Satzschablone). Cluster 11 besitzt einen hohen materiellen Aufwand da spezielle Programme bzw. Software und die dazugehörigen Lizenzen für die Modellierung erforderlich sind und teilweise diese Modellierung auch extern in Verbindung mit hohen Kosten durchgeführt wird. Auch Cluster 12 besitzt hohe materielle Aufwendungen für die benötigte Software und den Kauf an Rechten von Dokumentationstemplates, sowie die notwendig vorzunehmenden Anpassungen.

Die *Zeitaufwendungen* des Clusters 10 sind relativ gering, da durch den Gebrauch der natürlichen Sprache die Anforderungen ohne den Einsatz von vordefinierten Notationen erfolgen können. Werden jedoch eine Vielzahl an Anforderungen durch Methoden des Clusters 10 vollständig dokumentiert, erfordert dies einen mittleren Aufwand. Da jedoch die Methoden meist nicht für eine übergreifende, allumfassende Dokumentation angewendet werden, beläuft sich der zeitliche Aufwand auf einen geringen Grad. Für die Methoden des Clusters 11 sind dagegen hohe Zeitaufwendungen erforderlich, da zuvor eine Daten- und Struktur-, Funktions- oder Prozess- und Verhaltensanalyse notwendig ist, um die Modellierung aufstellen zu können. Zudem stellen die genauen Vorgaben der Notation auch eine Zeitaufwendung bei der Erstellung dar. Das Cluster 12 der standardisierten Methoden besitzt ebenfalls hohe Zeitaufwendungen, da eine detaillierte Aufstellung aller Anforderungen erfolgt und meist auch Anpassungen an der standardisierten, ursprünglichen Vorlage vorgenommen werden müssen.

Der Indikator *Formalisierungsgrad* ist bei Cluster 10 gering ausgeprägt. Die geringen Vorgaben, wie beispielsweise die bekannten Regeln einer Sprache, hinsichtlich einer Semantik oder Syntax prägen den informellen Charakter. Cluster 11 hingegen besitzt einen stark formellen Charakter, da vordefinierte Vorgaben hinsichtlich der Notation vorhanden sind. Wie der Name bereits vermuten lässt, besitzen standardisierte Methoden eine Vorgabe von Standards, die sich in festen Strukturen kennzeichnen. Da dennoch keine ausgeprägte, vorgegebene Syntax und Semantik vorhanden ist, wird Cluster 12 ein mittlerer Formalisierungsgrad zugeordnet.<sup>19</sup>

Cluster 10 weist einen geringen *erforderlichen Qualifikationsgrad* auf, da die Methoden intuitiv durchgeführt werden können und die Beteiligten die notwendigen Vorgehensweisen meist bereits kennen. Cluster 11 hingegen besitzt einen hohen erforderlichen Qualifikationsgrad, da zur Durchführung der Methoden die Notationen, Regeln und Bedeutungen bekannt sein müssen und eine hohe Expertise zur Verwendung der Elemente und ihrer Verbindungen erforderlich ist. Die Methoden des Clusters 12 benötigen eine mittlere Qualifikation, da eine nicht vorhandene Expertise durch Befragungen der entsprechenden Stakeholder ausgeglichen werden können und keine speziellen vorgegeben Notationen vorgegeben sind, sondern lediglich die standardisierte Struktur.

Die *Häufigkeit des Einsatzes der Methoden* erfolgt bei allen Spezifikationsmethoden zu fest definierten Zeitpunkten. Bei Cluster 10 werden meist unpräzise Anforderungen in Form von Prosa oder definierende Begriffe in einem Glossar zu Beginn der Entwicklung notiert oder bei kleinen Änderungen, die nach der Phase der Umsetzung auftreten können, eine Dokumentation vorgenommen. Somit besteht die Möglichkeit geplante Änderungen und Ergänzungen zu notieren, um diese in anderen Modellen später umzusetzen. Glossare werden auch zu fest definierten Zeitpunkten überprüft und ergänzt,

---

<sup>19</sup> Zu beachten gilt, dass bei Bewertung der standardisierten Methoden eine Ausgrenzung der empfohlenen Methoden erfolgt ist. Die standardisierten Methoden empfehlen Methoden zur Durchführung der Ermittlung und Analyse um anschließend die Dokumentation durchzuführen.

um eine Aktualität und Vollständigkeit zu gewährleisten. Die Methoden des Clusters 11 stellen ein konzeptuelles Modell dar, um als Vorbild für ein zu entwickelndes System zu fungieren. In späteren Phasen nach der Umsetzung können die Methoden verbessert werden durch Korrigieren von Programmfehlern und durch das Hinzufügen von benötigten Funktionen, die zuvor noch nicht ermittelt worden sind. Bei Methoden des Clusters 12 erfolgt meist eine einmalige, vollständige Dokumentation der gesamten Anforderungen. Da jedoch umgesetzte Projekte meist nach gewissen Zeiträumen durch vorgenommene Änderungen verbessert werden, erfolgen auch hier zu fest definierten Zeitpunkten Überarbeitungen, die zu einer Bewertung eines kontinuierlichen Methodeneinsatzes führen.

Cluster 10 wird mit einem geringen *Detaillierungsgrad* bewertet. Die geringen Vorgaben dieser Methoden lassen auf keine vorgeschriebene Detaillierung schließen. Somit kann ein gewisser Detaillierungsgrad erreicht werden, dieser ist aber keinesfalls gewährleistet. Die Methoden weisen meist keinen höheren Detaillierungsgrad auf, da dies zu einer erhöhten Unübersichtlichkeit führt und die Methoden nur eine grobe Übersicht liefern sollen. Die Modellierungsmethoden, zugehörig zu Cluster 11, hingegen können detaillierte Anforderungen abbilden, jedoch steht hierbei meist nur eine Sicht des Detaillierungsgrades im Vordergrund. Da jedoch auch meist eine Detaillierung in mehreren Ebenen erfolgen kann, wird den Methoden ein mittlerer bis hoher Detaillierungsgrad zugeordnet. Cluster 12 besitzt ebenfalls einen hohen Detaillierungsgrad, da die gesamte Übersicht aller Anforderungen innerhalb dieser Methoden gebündelt ist und zusätzlich Verweise auf ergänzende Dokumente (beispielsweise in Form von Modellen) aufgeführt werden können.

Der *Eindeutigkeitsgrad* des Clusters 10 ist vergleichsweise gering, da hierbei keine Einhaltungen von Formalitäten vorgeschrieben sind und somit keine Gewährleistung einer eindeutigen Dokumentation angenommen werden kann. Cluster 11 weist hingegen eine hohe Eindeutigkeit auf, durch allgemein definierte Modellierungselemente mit definierten Notationen. Cluster 12 weist ebenfalls eine hohe Eindeutigkeit durch die Verhinderung von Mehrdeutigkeiten anhand der vorgegebenen Struktur auf. Dennoch können hierbei Mehrdeutigkeiten generell nicht ausgeschlossen werden, wobei die Wahrscheinlichkeit gemindert ist.

Der *Grad der Nachvollziehbarkeit und Verfolgbarkeit* des Clusters 10 wird mit einer starken Ausprägung bewertet, da bei diesen Methoden keine unbekanntes Notationen vorhanden sind. Dennoch ist eine kleine Abmilderung zu berücksichtigen hinsichtlich einer möglichen Unübersichtlichkeit bei einer Vielzahl an unstrukturierten Anforderungen bei Prosa. Cluster 11 besitzt eine mittelmäßige Nachvollziehbarkeit und Verfolgbarkeit, da einige Modellierungsmethoden durch ihre unbekanntes Elemente für Stakeholder häufig nicht vollständig verständlich und selbsterklärend sind. Dennoch ermöglichen die graphischen Abbildungen eine gute Übersicht und durch Einführungen in die Notationen der Methoden kann dies zu einer Nachvollziehbarkeit und Verfolgbarkeit führen. Eine Einschränkung gilt hier für die Methoden Use-Case-Modelle und Entscheidungstabellen und -bäume, die durch ihre einfache Notation häufig sofort selbsterklärend sind und einen hohen Grad dieses Kriteriums aufweisen. Durch die exakte

und ausführliche Dokumentation, sowie durch Verweise auf angehängte Dokumente und Erklärungen, besitzt Cluster 12 einen hohen Grad des Kriteriums der Nachvollziehbarkeit und Verfolgbarkeit.

Cluster 10 und 12 sind durch einen hohen *Flexibilitätsgrad* gekennzeichnet, da die Methoden beider Cluster eine gute Erweiterung ermöglichen. Natürlichsprachige Methoden können durch Ergänzungen jederzeit erweitert werden, da keine vorgegebene Struktur vorhanden ist. Standardisierte Methoden ermöglichen Verweise und separate Überarbeitungen durch den Aufbau der Methoden in Form von einer Gliederung in Abschnitten. Die Methoden aus Cluster 11 besitzen durchschnittlich einen mittleren Flexibilitätsgrad. Bei einigen Methoden können zwar Änderungen vereinfacht vorgenommen werden, wie beispielsweise bei ER-Modellen, Klassendiagrammen, Use-Case-Modellen, Statecharts, und Datenflussdiagrammen. Dennoch erschweren komplexe und umfangreiche Modelle bei allen Modellierungsmethoden die Flexibilität. Die Methoden Aktivitätsdiagramme, Petrinetze, EPKs und Entscheidungstabellen und -bäume besitzen einen geringen Flexibilitätsgrad aufgrund der erschwerten Änderung und Ergänzung der Methoden. Teilweise beinhalten die Modelle eine Abbildung eines Prozesses und können somit nicht unmittelbar an jeder Stelle ergänzt werden.

Anzumerken gilt, dass bei der Clusterbildung in der Anforderungsspezifikation ebenfalls wie bei den vorherigen Evaluierungen Abweichungen der einzelnen Methoden hinsichtlich der Clusterbewertung existieren. Aus diesen Gründen befindet sich in Anhang D.8 eine Übersicht über die Evaluierung der einzelnen Methoden der Anforderungsspezifikation. Es werden besonders in Cluster 11 einige Abweichungen festgestellt, die sich aus der Vielzahl an Methoden innerhalb des Clusters begründen lassen. Dennoch werden alle Modellierungsmethoden Cluster 11 zugeordnet aufgrund der sehr differenziert auftretenden Abweichungen. Es können keine Methoden gefunden werden, die in mehreren Kriterien das gleiche Abweichungsverhalten zeigen. Besondere Abweichungen der Modellierungsmethoden treten bei den Entscheidungstabellen und -bäumen sowie bei den Use-Case-Modellen auf.

### **5.3 Beurteilung der evaluierten Cluster und Vorgehensweise einer Methodenauswahl**

Die evaluierten Cluster ermöglichen einen Gesamtüberblick über die Vor- und Nachteile der jeweiligen Methodenblöcke in den einzelnen Phasen des AM bzw. RE - der Anforderungsermittlung, der Anforderungsanalyse und der Anforderungsspezifikation. Somit kann eine schnelle Überprüfung nach Eignung des Clusters hinsichtlich bestimmter Indikatoren, die für das jeweilige spezifische Projekt von elementarer Bedeutung sind, erfolgen. Je nach individuell verfügbarem Personal, Material, Zeit und Qualifikation innerhalb des Projektteams sowie gewünschter Formalisierung, Detaillierung und Eindeutigkeit können in jeder Phase differenzierte Methoden nach den eigenen Präferenzen ausgewählt werden.

Eine mögliche Vorgehensweise zur geeigneten Methodenauswahl für ein spezifisches Projekt besteht in einer Nutzwertanalyse. Sie ermöglicht anhand der vorgenommenen Evaluierung eine Auswahl des entsprechenden Clusters für das spezifische Projekt. Zur Durchführung der Nutzwertanalyse empfiehlt es sich die Notation der Evaluierung in entsprechende Zahlenwerte zu transformieren.<sup>20</sup> Anschließend erfolgt eine für das Projekt spezifische Gewichtung der einzelnen Kriterien hinsichtlich der Bedeutung der Methoden für das Projektziel und den Projekterfolg. Anschließend werden die einzelnen gewichteten KPIs mit den transformierten entsprechenden Zahlenwerten des dazugehörigen Kriteriums multipliziert. Eine Aufsummierung über alle Kriterien ermöglicht eine Aussagefähigkeit über die geeignete Wahl für das spezifische Projekt. Die Methode mit dem höchsten aufsummierten Zahlenwert stellt die geeignete Wahl dar. Bei einer detaillierteren Betrachtung welche Methode sich eignet, kann die zusätzliche Bewertung der einzelnen Methoden im Anhang herangezogen werden.

### 5.4 Zusammenfassung

Kapitel 5 dient der Erläuterung der Vorgehensweise der Evaluierung und der anschließenden Methodevaluierung für die jeweiligen Phasen des RE anhand einer Key Performance Analyse. Die Clusterbildung ermöglichte eine vereinfachte Evaluierung auf Basis der theoretischen Grundlagen durch Reduzierung der Bewertungsschritte. Zudem beendeten eine Beurteilung und eine mögliche geeigneten Methodenauswahl das Kapitel.

---

<sup>20</sup> Eine Transformation sollte je nach Vor- oder Nachteil einer hohen Ausprägung des Indikators erfolgen. Bei Vorteil einer hohen Ausprägung (z.B. Detaillierungsgrad) sollte eine Transformation der Notationen (-, o, +) in aufsteigenden, bei Nachteil einer hohen Ausprägung (z.B. Zeitaufwendungen) in absteigenden Zahlenwerten erfolgen.

## 6 Zusammenfassung, Kritik und Ausblick

Das abschließende Kapitel fasst den vorliegenden Bericht zusammen und gibt einen Überblick über die Bewertungsergebnisse der Methoden des AM bzw. RE (Abschnitt 6.1). Eine kritische Stellungnahme hinsichtlich der Methodenaufzählung und deren Bewertung erfolgt in Abschnitt 6.2. Der Ausblick über mögliche zukünftige Entwicklungen schließt die Arbeit mit Abschnitt 6.3 ab.

### 6.1 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beinhaltet eine Auflistung der gängigsten Methoden des Anforderungsmanagements in den Phasen der Anforderungsermittlung, der Anforderungsanalyse und der Anforderungsspezifikation. Die Auswahl und Beschreibung von relevanten Indikatoren hinsichtlich einer Bewertung der AM-Methoden bildet die Basis für die Evaluierung. Diese Methodenevaluierung erfolgt in den einzelnen Phasen durch zuvor gebildete Cluster nach gemeinsamen Eigenschaften der Methoden. Tabelle 6.1 fasst die Ergebnisse der vorgenommenen Evaluierung zusammen.

| Phase im RE                                       | Anforderungsermittlung |    |    |    |    |    | - analyse |    |     | - spezifikation |     |     |
|---|------------------------|----|----|----|----|----|-----------|----|-----|-----------------|-----|-----|
|   | C1                     | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7        | C8 | C9  | C10             | C11 | C12 |
| KPI/ Cluster                                      |                        |    |    |    |    |    |           |    |     |                 |     |     |
| Personeller Aufwand                               | -                      | -  | o  | +  | +  | o  | -         | -  | o   | -               | o   | o/+ |
| Materieller Aufwand                               | -                      | -  | o  | -  | -  | +  | -         | -  | +   | -               | +   | +   |
| Zeitaufwendungen                                  | -                      | -  | +  | o  | o  | +  | +         | -  | +   | -               | +   | +   |
| Formalisierungsgrad                               | -                      | -  | -  | o  | -  | -  | -         | -  | o   | -               | +   | o   |
| Erforderlicher Qualifikationsgrad                 | -                      | -  | +  | -  | -  | +  | o         | -  | +   | -               | +   | o   |
| Häufigkeit des Methodeneinsatzes                  | +                      | o  | -  | o  | -  | -  | -         | -  | -   | o               | o   | o   |
| Detaillierungsgrad                                | -                      | -  | o  | +  | +  | +  | -         | -  | o/+ | -               | o/+ | +   |
| Grad der Eindeutigkeit                            | o                      | o  | -  | o  | o  | -  | o         | +  | +   | -               | +   | +   |
| Zeitpunkt der Akquise                             | +                      | +  | -  | +  | -  | -  |           |    |     |                 |     |     |
| Perspektivengrad                                  | -                      | +  | -  | -  | -  | -  |           |    |     |                 |     |     |
| Identifizierungsgrad individueller Meinungsbilder | +                      | o  | -  | +  | o  | -  |           |    |     |                 |     |     |
| Priorisierungsgrad                                |                        |    |    |    |    |    | o         | o  | +   |                 |     |     |
| Fehleranfälligkeitsgrad                           |                        |    |    |    |    |    | o         | +  | o   |                 |     |     |
| Grad der Nachvollziehbarkeit und Verfolgbarkeit   |                        |    |    |    |    |    |           |    |     | +               | o   | +   |
| Flexibilitätsgrad                                 |                        |    |    |    |    |    |           |    |     | +               | o   | +   |

Tab. 6.1: Gesamtübersicht der Evaluierung der Methodencluster

Insgesamt werden 458 Einzelbewertungen<sup>21</sup> vorgenommen, die in zwölf Cluster gemeinsam zusätzlich bewertet werden. Dabei ergibt sich eine Abweichung von unter 13%<sup>22</sup> der Clusterbewertung im Vergleich zu den erfolgten Einzelbewertungen im Anhang (D.6- D.8). Diese Abweichung ist für die Vielzahl an bewerteten Methoden vertretbar, zumal zusätzlich eine Einzelbewertung der Methoden erfolgt ist.

Die Übersichtstabelle der Evaluierung aller Cluster macht deutlich, dass es meist für jede Phase differenzierte Methoden mit unterschiedlich ausgeprägten Indikatoren gibt, die individuell für den spezifischen Einsatz des jeweiligen Projektes ausgewählt werden können. Alle Phasen enthalten beispielsweise Methoden mit einem differenzierten Qualifikationsgrad oder mit differenzierten Zeitaufwendungen.

Anzumerken bleibt jedoch, dass die Kompetenz des RE bzw. AM hauptsächlich auf der Kombination der Methoden beruht. Ein hinreichend ausgeführtes RE setzt mehrere Methoden in jeder Phase ein. In der Anforderungsermittlung ermöglicht ein Einsatz von mehreren Methoden eine erhöhte Wahrscheinlichkeit alle relevanten Anforderungen zu ermitteln und verringert die Gefahr wichtige Anforderungen nicht betrachtet zu haben. Die Methodenkombination in der Analyse gewährleistet eine vorgekommene Klassifizierung und Priorisierung und verringert die falsche Bewertung und Gewichtung der relevanten Anforderungen. Ein Einsatz von standardisierten Methoden in der Spezifikation ist besonders empfehlenswert mit Ergänzung um Modellierungs- und natürlichsprachige Methoden. Somit wird eine detaillierte Dokumentation und Spezifikation generiert und Verweise auf zusätzliche Methoden dienen als Erläuterung und Detaillierung der standardisierten Methoden.

## 6.2 Kritik

Bei der Auflistung der elementaren Methoden des AM bzw. RE handelt es sich um eine unvollständige Liste der gesamten Methoden des RE. Es werden zudem lediglich isolierte Methoden betrachtet und keine Kombinationen von Methoden aus mehreren Phasen berücksichtigt.

Eine weitere Eingrenzung stellt die nur theoretische Fokussierung und Bewertung der Methoden dar. Eine Überprüfung der Wirksamkeit in einem industriellen Umfeld der aufgeführten separaten Methoden ist meist jedoch sehr schwer bzw. nicht möglich, da im industriellen Umfeld häufig eine Kombination der Methoden innerhalb des AM zum Einsatz kommt. So sollten beispielsweise Modelle, die nur funktionale Anforderungen dokumentieren, wie etwa einige Modellierungsmethoden, durch standardisierte Methoden ergänzt werden, um Qualitätsanforderungen und Randbedingungen einbeziehen und berücksichtigen zu können.

---

<sup>21</sup> Die Bewertung erfolgt von 18 Methoden aus der Ermittlung hinsichtlich 11 Indikatoren, 12 Methoden aus der Analyse hinsichtlich 10 Indikatoren und 14 Methoden der Spezifikation hinsichtlich 10 Indikatoren.

<sup>22</sup> Es traten 61 Abweichungen von 458 Bewertungen auf.

Zudem kann auch im industriellen Umfeld kein exakter Vergleich der einzelnen Methoden erfolgen, da im Bereich des RE immer Randbedingungen und Faktoren sich auf die Methoden auswirken. Dazu zählen beispielsweise die Anzahl, Zusammensetzung, Erfahrung, Heterogenität und Verfügbarkeit der beteiligten Personen oder das spezifische Projekt mit der entsprechenden Projektdauer und Projektkomplexität. Um die vorgestellten Methoden miteinander industriell vergleichbar machen zu können, müssten gleiche Randbedingungen herrschen. Somit müssten differenzierte Methoden innerhalb einer äquivalenten Umgebung durchgeführt werden. Bei Auswahl der gleichen Beteiligten und der Durchführung der Methoden innerhalb eines äquivalenten Projektrahmens entstehen nach Anwendung der ersten Methoden Lerneffekte, die bei nachfolgenden Methoden mit in die Bewertung einbezogen werden müssen. Dies kann zu Verzerrungen führen und erschwert eine separate Bewertung.

Zudem herrscht bei einer theoretischen Bewertung immer ein bestimmter Anteil an Subjektivität vor, sodass keine vollständige Objektivität gewährleistet werden kann.

### **6.3 Ausblick**

Es bestehen zahlreiche Erweiterungsmöglichkeiten der vorliegenden Arbeit. So kann eine Betrachtung und Bewertung von kombinierten Methoden erfolgen. Da die Methoden meist nur in Kombination eingesetzt werden, würde dies die Aussagefähigkeit über die Vor- und Nachteile und den sinnvollen Einsatz der kombinierten Methoden erhöhen. Aufgrund der Vielzahl an vorhandenen RE-Methoden entsteht eine hohe Anzahl an möglichen Kombinationen. Zudem erhöhen die differenzierten Randbedingungen des jeweiligen, individuellen Projektrahmens die Kombinationsmöglichkeiten. Somit entsteht ein breiter Forschungsbereich, der sich kontinuierlich durch neue Entwicklungen erweitert. Zu den zukünftigen Entwicklungen zählt die zunehmende Größe und Komplexität der Entwicklungsprojekte, die unter anderem der zunehmenden Bündelung von Sach- und Dienstleistungen, aber auch der Komplexität mechatronischer Produkte geschuldet ist (Schubert, Rogalski, & Ovtcharova, 2011, S. 33). Somit muss in Zukunft eine engere und verpflichtende Einbindung des AM stattfinden, da teilweise bisher noch nicht hinreichend die Bedeutung der notwendigen Integration des AM berücksichtigt und erkannt wird.



## A Abbildungsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Abb. 1.1: Übersicht über den Aufbau der vorliegenden Arbeit .....                              | 3  |
| Abb. 2.1: Stufen des Wasserfallmodells in Anlehnung an Royce.....                              | 5  |
| Abb. 2.2: Hauptaktivitäten des AM-Prozesses in Anlehnung an Pohl.....                          | 7  |
| Abb. 2.3: Beispiele für die Klassifizierung der Anforderungsarten in Softwareprojekten .....   | 9  |
| Abb. 2.4: Übersicht der Prozessschritte des AM in Anlehnung an Jiao und Chen .....             | 11 |
| Abb. 3.1: Überblick der Klassifizierung der Methoden im AM-Prozess .....                       | 14 |
| Abb. 3.2: Methoden der Anforderungsermittlung.....   | 15 |
| Abb. 3.3: Perspektiven und Farben der Methode 6-Hut-Denken in Anlehnung an de Bono.....        | 18 |
| Abb. 3.4: Phasen des Kansei Engineerings in Anlehnung an Nagamachi .....                       | 21 |
| Abb. 3.5: Methoden der Anforderungsanalyse .....   | 25 |
| Abb. 3.6: Kosten-Wert-Analyse in einer Annäherung an Pohl.....                                 | 28 |
| Abb. 3.7: Kano-Modell in Anlehnung an Pohl .....   | 29 |
| Abb. 3.8: Erster Prozessschritt des AHP – Bildung einer Hierarchie in Anlehnung an Saaty ..... | 33 |
| Abb. 3.9: Zweiter Prozessschritt des AHP – beispielhafter paarweiser Vergleich.....            | 33 |
| Abb. 3.10: Phasen des Quality Function Deployments in Anlehnung an Temponi et al. ....         | 35 |
| Abb. 3.11: Methoden der Anforderungsspezifikation.....   | 37 |
| Abb. 3.12: Aufbau einer Satzschablone in Anlehnung an Pohl und Rupp.....                       | 38 |
| Abb. 3.13: Basiselemente des ER-Modells in Anlehnung an Chen sowie Pohl und Rupp.....          | 40 |
| Abb. 3.14: Basiselemente von UML Klassendiagrammen in Anlehnung an Booch et al.....            | 41 |
| Abb. 3.15: Basiselemente von UML Aktivitätsdiagrammen in Anlehnung an Booch et al.....         | 42 |
| Abb. 3.16: Basiselemente eines UML Use-Case Modells in Anlehnung an OMG .....                  | 42 |
| Abb. 3.17: Exemplarisches Petrinetz mit Legende in Anlehnung an Peterson .....                 | 44 |
| Abb. 3.18: Basiselemente einer Ereignisgesteuerten Prozesskette in Anlehnung an Nüttgens ..... | 44 |
| Abb. 3.19: Basiselemente eines Statecharts in Anlehnung an Harel sowie Pohl und Rupp .....     | 45 |
| Abb. 3.20: Basiselemente eines Datenflussdiagrammes in Anlehnung an DeMarco .....              | 46 |
| Abb. 3.21: Exemplarischer Entscheidungsbaum in Anlehnung an Davis.....                         | 47 |
| Abb. 3.22: Aufbau des Atomic Requirements Shell in Anlehnung an Robertson und Robertson..      | 49 |
| Abb. 4.1: Übersicht der Key Performance Indicators im Anforderungsmanagement.....              | 51 |
| Abb. 5.1: Clusterbildung der Methoden der Anforderungsermittlung.....                          | 57 |
| Abb. 5.2: Clusterbildung der Methoden der Anforderungsanalyse.....                             | 58 |
| Abb. 5.3: Clusterbildung der Methoden der Anforderungsspezifikation.....                       | 59 |



## **B Tabellenverzeichnis**

|  |    |
|--|----|
| Tab. 3.1: Beispielhafte Interaktionsmatrix in Anlehnung an Kontonya und Sommerville .....                      | 26 |
| Tab. 3.2: Aufbau einer Zwei-Kriterien-Matrix in Anlehnung an Pohl.....   | 27 |
| Tab. 3.3: Klassifizierungsmethoden hinsichtlich Anzahl und Art der Kriterien .....                             | 29 |
| Tab. 3.4: Exemplarische Wiegers'sche Priorisierungsmatrix in Anlehnung an Wiegers sowie<br>Pohl und Rupp ..... | 31 |
| Tab. 3.5: Exemplarische Entscheidungstabelle in Anlehnung an Davis .....                                       | 47 |
| Tab. 5.1: Evaluierung der Methodencluster in der Anforderungsermittlung .....                                  | 61 |
| Tab. 5.2: Evaluierung der Methodencluster in der Anforderungsanalyse .....                                     | 65 |
| Tab. 5.3: Evaluierung der Methodencluster in der Anforderungsspezifikation .....                               | 69 |
| Tab. 6.1: Gesamtübersicht der Evaluierung der Methodencluster .....  | 74 |



## C Literaturverzeichnis

- Alexander, I. F., & Stevens, R. (2002). *Writing Better Requirements*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.
- Aurum, A., & Wohlin, C. (2005). *Engineering and Managing Software Requirements*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Beck, K. (1999). *Extreme Programming Explained: Embrace Change*. Amsterdam: Addison-Wesley Longman.
- Beyer, H. R., & Holtzblatt, K. (Mai 1995). Apprenticing with the customer. *Communications of the ACM*, 38 (5), S. 45-52.
- Boehm, B. W. (1981). *Software Engineering Economics*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Booch, G., Rumbaugh, J., & Jacobson, I. (2006). *Das UML Benutzerhandbuch: Aktuell zur Version 2.0*. München: Addison-Wesley.
- Booch, G., Rumbaugh, J., & Jacobson, I. (2006). *Das UML Benutzerhandbuch: Aktuell zur Version 2.0*. München: Addison-Wesley.
- Bray, I. K. (2002). *An Introduction to Requirements Engineering*. Reading: Addison-Wesley.
- Burger, A., Bittel, V., Awad, R., & Ovtcharova, J. (2011). MECIT International Conference on “Applied Information and Communications Technology”. *Design for Customer – Sustainable Customer Integration into the Development Processes of Product-Service System Providers*. Muscat, Oman.
- Burger, A., Ovtcharova, J., & Brenner, M. (2012). *Vom Produzenten zum Lösungsanbieter - Bestandsaufnahme und Entwicklungsoptionen für Industrieunternehmen*. Mannheim: J&M Management Consulting AG.
- Buscher, U., Wels, A., & Franke, R. (2010). Kritische Analyse der Eignung de Fuzzy-AHP zur Lieferantenauswahl. In R. Bogaschewsky, M. Eßig, R. L. Lasch, & W. Stölzle, *Supply Management Research: Aktuelle Forschungsergebnisse 2010* (S. 27-60). Wiesbaden: Gabler.
- Chen, P. P.-S. (1976). The Entity-Relationship Specification - Toward a Unified View of Date. *ACM Transactions on Database Systems*, 1 (1), S. 9-36.
- Chroust, G. (1992). *Modelle der Software-Entwicklung*. München, Wien: Oldenbourg.
- Davis, A. M. (1990). *Software Requirements: Analysis & Specification*. Englewood-Cliffs: Prentice-Hall.
- de Bono, E. (2000). *Six Thinking Hats*. Great Britain: Penguin Books.

- DeMarco, T. (1979). *Structured Analysis and system specification*. New-York: Prentice-Hall.
- Dilts, R. B. (2003). *Modeling mit NLP. Das Trainingshandbuch zum NLP-Modeling- Prozess*. Paderborn: Junfermann.
- Ebert, C. (2009). *Systematisches Requirements Engineering: Anforderungen ermitteln, spezifizieren, analysieren und verwalten*. Heidelberg: dpunkt.
- Fortuin, L. (1988). Performance Indicators - Why, where and how? *European Journal of Operational Research*, 34, S. 1-9.
- Harel, D. (1987). Statecharts: A visual formalism for complex systems. *Science of Computer Programming*, 8, S. 231-274.
- Hull, E., Jackson, K., & Dick, J. (2005). *Requirements Engineering*. London, Berlin, Heidelberg: Springer.
- IEEE. (1998). IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications. New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- IEEE. (1990). *IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology (IEEE Std 610.12-1990)*. New York: IEEE Computer Society.
- Jiao, J. (., & Chen, C.-H. (2006). Customer Requirement Management in Product Development: A Review of Research Issues. *Concurrent Engineering: Research and Application*, 14 (3), S. 173-185.
- John, I., & Dörr, J. (2003). Extraktion von Produktfamilienanforderungen aus Benutzendokumentation. *IESE-Report Nr. 111.03/D*.
- Kano, N., Tsuji, S., Seraku, N., & Takahashi, F. (1984). Attractive Quality and Must-be Quality. *Quality- The Journal of the Japanese Society for Quality Control*, 14 (2), S. 39-44.
- Karlsson, J., Olsson, S., & Ryan, K. (1997). Improved Practical Support for Large-scale Requirements Prioritising. *Requirements Engineering*, 2 (1), S. 51-60.
- Kellner, H. (2002). *Kreativität im Projekt*. München: Hanser.
- Koreimann, D. S. (2000). *Grundlagen der Software-Entwicklung* (3. Ausg.). München, Wien: Oldenbourg.
- Kotonya, G., & Sommerville, I. (1998). *Requirements Engineering: Processes and Techniques*. New York: John Wiley Sons.
- Kovitz, B. L. (1998). *Practical Software Requirements: A Manual of Content and Style*. Manning.
- Kütz, M. (2011). *Kennzahlen in der IT: Werkzeuge für Controlling und Management* (4. Ausg.). Heidelberg: dpunkt.
- Laarhoven, P. J., & Pedrycz, W. (1983). A Fuzzy Extension of Saaty's Priority Theory. *Fuzzy Sets and Systems* (11), S. 229-241.

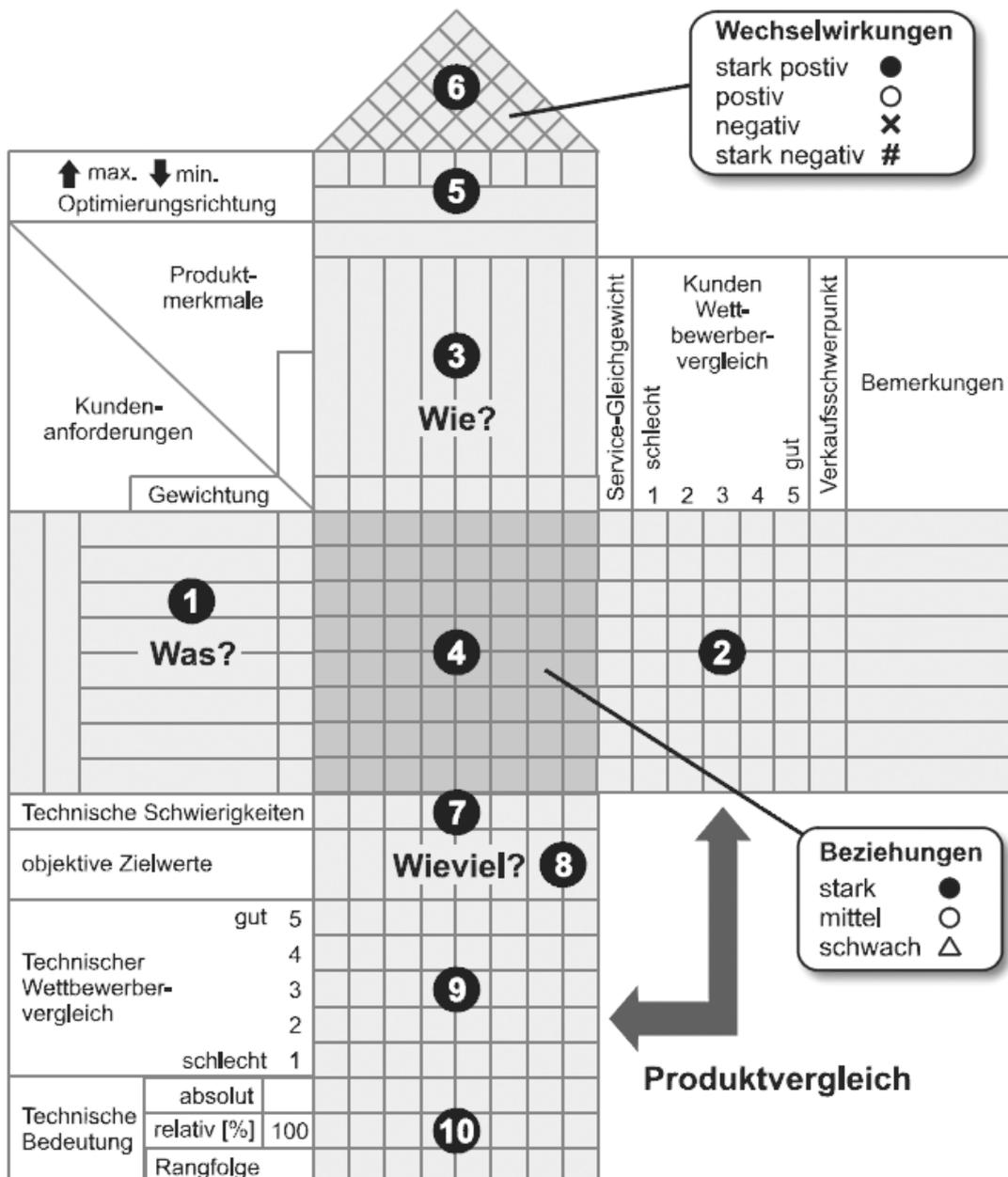
- Leffingwell, D., & Widrg, D. (2000). *Managing Software Requirements: A Unified Approach*. Addison-Wesley.
- Lindemann, U. (2007). *Methodische Entwicklung technischer Produkte: Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Mayer-Bachmann, R. (2007). *Integratives Anforderungsmanagement - Konzept und Anforderungsmodell am Beispiel der Fahrzeugentwicklung*. Karlsruhe: Universitätsverlag Karlsruhe.
- Nagamachi, M. (2002). Kansei engineering as a powerful consumer-oriented technology for product development. *Applied Ergonomics* , 33 (3), 289-294.
- Nagamachi, M. (1995). Kansei Engineering: A new ergonomic consumer-oriented technology for product development. *International Journal of Industrial Ergonomics* , 15 (1), 3-11.
- Nüttgens, M., & Rump, F. J. (2002). Syntax und Semantik Ereignisgesteuerter Prozessketten (EPK). In J. Desel, & M. Weske (Hrsg.), *Promise 2002 - Prozessorientierte Methoden und Werkzeuge für die Entwicklung von Informationssystemen*. 21, S. 64-77. Bonn: LNI.
- Ohuchi, A., & Kaji, T. (1992). FISM/ KJ: An Idea Processor of the FISM/KJ Method. *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*. Chicago.
- OMG. (August 2011). *OMG Unified Modeling Language™ (OMG UML), Superstructure*. Abgerufen am 22. Januar 2012 von <http://www.omg.org/spec/UML/2.4/Superstructure>
- Oppenheim, A. (1999). *Questionnaire Design, Interviewing and Attitude Measurement*. London: Pinter.
- Peterson, J. L. (September 1977). Petri Nets. *Computing Surveys* , 9 (3), S. 223-252.
- Pohl, K. (2007). *Requirements Engineering: Grundlagen, Prinzipien, Techniken*. Heidelberg: dpunkt.
- Pohl, K. (1994). *The Three Dimensions of Requirements Engineering: A Framework and its Applications* (Bd. 19).
- Pohl, K., & Rupp, C. (2011). *Basiswissen Requirements Engineering: Aus- und Weiterbildung nach IREB-Standard zum Certified Professional for Requirements Engineering Foundation Level* (3. Ausg.). Heidelberg: dpunkt.
- Pohl, K., Böckle, G., & van der Linden, F. (2005). *Software Product Line Engineering - Foundations, Principles, and Techniques*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.
- Regnell, B., Runeson, P., & Thelin, T. (2000). Are the Perspectives Really Different? - Further Experimentation on Scenario-Based Reading of Requirements. *Empirical Software Engineering* , 5 (4), 331-356.
- Reichmann, T., & Lachnit, L. (1976). Planung, Steuerung und Kontrolle mit Hilfe von Kennzahlen. *ZfbF* (28), S. 705-723.

- Robertson, J., & Robertson, S. (März 2010). Volere Requirements Specification Template: Edition 15 - March 2010. *15*, 1-82.
- Robertson, J., & Robertson, S. (2010). *Volere: Requirements Ressources*. Abgerufen am 19. 12 2011 von <http://www.volere.co.uk/template.htm>
- Royce, W. W. (1970). Managing the development of large software systems. *IEEE Wescon...* , S. 1-9.
- Rupp, C., & SOPHISTen. (2009). *Requirements-Engineering und -Management - Professionelle, iterative Anforderungsanalyse für die Praxis*. Heidelberg: Hanser-Verlag.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research* (48), S. 9-26.
- Schawel, C., & Billing, F. (2009). *Top 100 Management Tools: Das wichtigste Buch eines Managers*. Wiesbaden: Gabler.
- Schubert, V., Rogalski, S., & Ovtcharova, J. (2011). Feedback-unterstützte Harmonisierung der Kunden- und Herstellersicht. In H.-J. Franke, G. Grein, & E. Türck, *Anforderungsmanagement für kundenindividuelle Produkte* (S. 33-44). Aachen: Shaker.
- Schulte, S. (2006). Integration von Kundenfeedback in die Produktentwicklung zur Optimierung der Kundenzufriedenheit. Bochum.
- Seidel, M. (2005). *Methodische Produktplanung. Grundlagen, Systematik und Anwendung im Produktentstehungsprozess*. Karlsruhe: Universitätsverlag Karlsruhe.
- Sommerville, I. (2011). *Software Engineering* (9. Ausg.). Boston: Pearson.
- Sommerville, I., & Sawyer, P. (1997). *Requirements Engineering: A Good Practise Guide*. New York: Wiley.
- Takeda, N., Kawa, K., Koyama, M., Shiomi, A., & Ohiwa, H. (1992). KJ-Editor: An Index-Card Style Tool. *Workshop on Visual Languages, 1992. Proceedings.*, (S. 255-257).
- TCW. (24. 06 2008). *TCW Unternehmensberatung*. Abgerufen am 24. 11 2011 von <http://www.tcw.de/news/software-produktordnungssysteme-283>
- Temponi, C., Yen, J., & Tiao, W. A. (1999). Theory and Methodology: Houses of quality: A fuzzy logic-based requirements analysis. *European Journal of Operational Research* (117), S. 340-354.
- The Standish Group. (1995). Abgerufen am 07. 11 2011 von <http://www.projectsmart.co.uk/docs/chaos-report.pdf>
- Wieggers, K. E. (2005). *Software-Requirements*. Redmond, Washington: Microsoft Press.

## D Index

### D.1 Grundkonzept zur Erstellung des ersten House of Quality nach Schulte

Aufbau des ersten House of Quality nach Schulte (Schulte, 2006, S. 63ff)



**Vorgehensweise zur Erstellung des ersten House of Quality nach Schulte** (Schulte, 2006, S. 63ff)

1. Auflistung der Kundenanforderungen
2. Bewertung der Anforderungen im Hinblick der Erfüllung im Wettbewerbsvergleich
3. Auflistung der technischen Produktmerkmale
4. Erstellung einer Korrelationsmatrix zur Ermittlung der Beziehung zwischen Kundenanforderungen und Produktmerkmalen
5. Festlegung der Richtung des Optimierungsbedarfs hinsichtlich des Erfüllungsbedarfs der Merkmale
6. Darstellung der Wechselbeziehung der Produktmerkmale und somit Aufdeckung von Konfliktmerkmalen
7. Ermittlung der technischen Schwierigkeiten der Produktmerkmale
8. Festlegung von Zielgrößen der Produktmerkmale
9. Bewertung der Produktmerkmale hinsichtlich eines Wettbewerbsvergleichs
10. Berechnung der technischen Bedeutung mit anschließender Bildung einer Rangfolge

## D.2 Referenzschablone zur Spezifikation eines Use-Case Modells

| <b>Template zur Spezifikation eines Use-Case-Modells (Pohl &amp; Rupp, 2011, S. 78f)</b> |                      |   |
|--|----------------------|---|
| <b>Nr.</b>   | <b>Abschnitt</b>     | <b>Inhalt/Erläuterung</b>   |
| 01   | Bezeichner           | Eindeutiger Bezeichner des Use-Case   |
| 02   | Name                 | Eindeutiger Name für den Use-Case   |
| 03   | Autoren              | Namen der Autoren, die an der Use-Case Beschreibung mitgearbeitet haben                                     |
| 04   | Priorität            | Wichtigkeit des Use-Case gemäß der verwendeten Priorisierungstechnik  |
| 05   | Kritikalität         | Kritikalität des Use-Case, z.B. hinsichtlich des Schadensausmaßes bei Fehlverhalten des Use-Case            |
| 06   | Quelle               | Bezeichnung der Quelle (Stakeholder, Dokument, System), von der der Use-Case stammt                         |
| 07   | Verantwortlicher     | Der für den Use-Case verantwortliche Stakeholder  |
| 08   | Beschreibung         | Komprimierte Beschreibung des Use-Case  |
| 09   | Auslösendes Ereignis | Angabe des Ereignisses, das den Use-Case auslöst  |
| 10   | Akteure              | Auflistung der Akteure, die mit dem Use-Case in Beziehung stehen  |
| 11   | Vorbedingung         | Liste notwendiger Voraussetzungen, die erfüllt sein müssen, bevor die Ausführung des Use-Case beginnen kann |
| 12   | Nachbedingung        | Liste von Zuständen, in denen sich das System unmittelbar nach der Ausführung des Hauptszenarios befindet   |
| 13   | Ergebnis             | Beschreibung der Ausgaben, die während der Ausführung des Use-Case erzeugt werden                           |
| 14   | Hauptszenario        | Beschreibung des Hauptszenarios eines Use-Case  |
| 15   | Alternativszenario   | Beschreibung von Alternativszenarien des Use-Case oder lediglich Angabe der auslösenden Ereignisse          |
| 16   | Ausnahmeszenario     | siehe 15  |
| 17   | Qualitäten           | Querbezüge zu Qualitätsbedingungen  |

## D.3 Vorlage für eine Softwareanforderungsspezifikation

Vorlage in Anlehnung an Wiegers und IEEE (Wiegers, 2005, S. 159) (IEEE, 1998, S. 10ff)

### 1. Einführung

- Absicht
- Dokumentkonvention
- Vorgesehener Lesekreis und Lesevorschläge
- Referenzen
- Projektrahmen

### 2. Gesamtbeschreibung

- Produktperspektive
- Produktfunktionen
- Benutzerklassen und –merkmale
- Betriebsumgebung
- Design- und Implementierungseinschränkungen
- Gebrauchsanleitungen
- Voraussetzungen und Abhängigkeiten

### 3. Systembeschreibung

#### 3.A. Systemfunktion A

- Beschreibung und Priorität
- Impuls/ Reaktionssequenzen
- Funktionale Anforderungen

#### 3.B. Systemfunktion B

#### 3.C. ...

### 4. Anforderung an die externe Schnittstelle

- Benutzerschnittstellen
- Softwareschnittstellen
- Hardwareschnittstellen
- Kommunikationsschnittstellen

### 5. Andere nichtfunktionale Anforderungen

- Performance-Anforderungen
- Anforderungen an die Betriebssicherheit

### 6. Andere Anforderungen

**Anhang (Glossar, Analysemodell, offene Punkte)**

## **D.4 Inhalte des Volere Requirements Specification Template**

Inhalte des Volere Requirements Specification Template in Anlehnung an Robertson und Robertson (Robertson & Robertson, 2010, S. 2)

### **Projekt-Treiber**

- Ziel des Projektes
- Stakeholder

### **Randbedingungen des Projektes**

- Vorgegebene Einschränkungen
- Namenskonventionen und Terminologie
- Relevante Fakten und Annahmen

### **Funktionale Anforderungen**

- Arbeitsumfang
- Geschäftsdatenmodell und Datenverzeichnis
- Umfang des Produktes
- Funktionale Anforderungen

### **Nichtfunktionale Anforderungen**

- „Look and Feel“ Anforderungen
- Benutzbarkeitsanforderungen
- Performance-Anforderungen
- Betriebs- und Umgebungsanforderungen
- Wartbarkeit und Support-Anforderungen
- Sicherheitsanforderungen
- Kulturelle und politische Anforderungen
- Rechtliche Anforderungen

### **Projektgegebenheiten**

- Offene Punkte
- Standardlösungen
- Neue Probleme
- Aufgaben
- Inbetriebnahme des neuen Produktes
- Risiken
- Kosten
- ...

## D.5 Übersicht über Konventionen der Bewertungsnotation

| Indikator\ Notation                                    | -   | o  | +  |
|--|---|--|--|
| Personeller Aufwand                                    | Gering<br>< 6 Personen  | Mittel<br>6-10 Personen  | Hoch<br>>10 Personen   |
| Materieller Aufwand                                    | Gering<br>Räume, bereits vorhandene<br>Bürountensilien                          | Mittel<br>Räume, Bürountensilien,<br>spezielle Besorgungen             | Hoch<br>Spezielle Hardware, Soft-<br>ware einschließlich Lizen-<br>zen |
| Zeitaufwendungen                                       | Gering  | Mittel   | Hoch   |
| Formalisierungsgrad                                    | Gering<br>Informell   | Mittel<br>Semiformal   | Hoch<br>Formell bis sehr formell                                       |
| Erforderlicher Quali-<br>fika-<br>tionsgrad            | Gering<br>Geringe Kenntnisse erfor-<br>derlich                                  | Mittel<br>Teilweise Kenntnisse not-<br>wendig, erhöhte Expertise       | Hoch<br>Hohes Abstraktionsvermö-<br>gen erforderlich                   |
| Häufigkeit des Methoden-<br>einsatzes                  | Einmalig  | Zu fest definierten Zeit-<br>punkten<br>(>1maliger Einsatz)            | Kontinuierlich   |
| Detaillierungsgrad                                     | Gering<br>Geringfügige Detaillierung<br>bis nicht detailliert                   | Mittel   | Hoch<br>Hoch bis sehr hoch detail-<br>liert                            |
| Grad der Eindeutigkeit                                 | Gering<br>Mehrdeutigkeiten, Inter-<br>pretationsfreiraum                        | Mittel<br>Geringfügige Eindeutigkeit                                   | Hoch<br>Eindeutigkeit, einheitliches<br>Verständnis                    |
| Zeitpunkt der Akquise                                  | In Produktentwicklung   | Teilweise in Produktent-<br>wicklung und in nachgela-<br>gerten Phasen | In Produktentwicklung<br>und in nachgelagerten<br>Phasen               |
| Perspektivengrad                                       | Gering<br>Keine bis geringfügige<br>Betrachtung differenzierter<br>Perspektiven | Mittel<br>Wenige Perspektiven-<br>betrachtungen                        | Hoch<br>Fest definierte Perspektiv-<br>enberücksichtigungen            |
| Identifizierungsgrad indivi-<br>dueller Meinungsbilder | Gering<br>Keine bis geringe Berück-<br>sichtigung der eigenen<br>Meinung        | Mittel<br>Teilweise Meinungsidenti-<br>fizierung                       | Hoch<br>Individuelle Meinungen<br>identifizieren                       |
| Priorisierungsgrad                                     | Gering<br>Geringe bis keine<br>Priorisierung                                    | Mittel<br>Priorisierung in Form von<br>Klasse                          | Hoch<br>Eindeutige Rangordnung   |
| Fehleranfälligkeitsgrad                                | Geringe<br>Wenige bis keine mögli-<br>chen Fehler                               | Mittel<br>Teilweise Gefahr von feh-<br>lerhaften Analyse               | Hoch<br>hohe Fehlergefahr bei<br>Durchführung                          |
| Grad der Nachvollziehbar-<br>keit und Verfolgbarkeit   | Gering  | Mittel   | Hoch   |
| Flexibilitätsgrad                                      | Gering<br>Großer Aufwand bei Ände-<br>rungen                                    | Mittel<br>Änderungen teilweise<br>möglich                              | Hoch<br>Erweiterungen, Reduzie-<br>rungen möglich                      |

## D.6 Übersicht der Methoden der Anforderungsermittlung

| Methode                     | KPI/ Cluster |                     |                     |                  |                     |                                   |                                  |                    |                        | Zeitpunkt der Akquise | Perspektivengrad | Identifizierungsgrad individueller Meinungsbilder |
|-----------------------------|--------------|---------------------|---------------------|------------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------|------------------------|-----------------------|------------------|---|
|                             |              | Personeller Aufwand | Materieller Aufwand | Zeitaufwendungen | Formalisierungsgrad | Erforderlicher Qualifikationsgrad | Häufigkeit des Methodeneinsatzes | Detaillierungsgrad | Grad der Eindeutigkeit |                       |                  |   |
| Brainstorming               | C1           | -/0                 | -                   | -                | -                   | -                                 | +                                | -                  | 0                      | +                     | -                | +   |
| Brainstorming paradox       |              | -/0                 | -                   | -                | -                   | -                                 | +                                | -                  | 0                      | -                     | -                | +   |
| 6-3-5 Methode               |              | -                   | -                   | -                | -                   | -                                 | +                                | -                  | -                      | +                     | -                | +   |
| Kawakita-Jiro Methode       |              | -                   | -                   | -                | -                   | -                                 | +                                | 0                  | 0                      | +                     | -                | +   |
| 6-Hut-Denken                | C2           | -                   | -                   | -                | -                   | -                                 | 0                                | -                  | 0                      | +                     | +                | 0   |
| Walt-Disney-Methode         |              | -                   | -                   | -                | -                   | -                                 | 0                                | -                  | 0                      | +                     | +                | 0   |
| Bionik                      | C3           | 0                   | 0                   | +                | -                   | +                                 | -                                | 0                  | -                      | -                     | -                | -   |
| Bisoziation                 |              | 0                   | 0                   | +                | -                   | +                                 | -                                | 0                  | -                      | -                     | -                | -   |
| Fragebogen                  | C4           | +                   | -                   | 0                | +                   | -                                 | 0                                | -/0                | -                      | +                     | -                | +   |
| Interview                   |              | +                   | -                   | 0                | 0                   | -                                 | 0                                | +                  | 0                      | +                     | -                | +   |
| On-Site-Customer            |              | -                   | -                   | +                | -                   | -                                 | -                                | +                  | 0                      | -                     | -                | +   |
| Selbstaufschreibung         |              | +                   | -                   | 0                | -                   | -                                 | -                                | +                  | -                      | -                     | -                | +   |
| Kansei Engineering          |              | +                   | 0/+                 | +                | 0                   | +                                 | 0                                | +                  | 0                      | +                     | -                | +   |
| Feldbeobachtung             | C5           | +                   | -                   | 0                | -                   | -                                 | -                                | +                  | 0                      | -                     | -                | 0   |
| Apprenticing                |              | +                   | -                   | 0                | -                   | -                                 | -                                | +                  | 0                      | -                     | -                | 0   |
| Systemarchäologie           | C6           | 0                   | +                   | +                | -                   | +                                 | -                                | +                  | -                      | -                     | -                | -   |
| Reuse                       |              | 0                   | +                   | +                | -                   | +                                 | -                                | +                  | -                      | -                     | -                | -   |
| Perspektivenbasiertes Lesen |              | 0                   | 0                   | +                | -                   | +                                 | -                                | 0                  | -                      | -                     | +                | -   |

## D.7 Übersicht der Methoden der Anforderungsanalyse

| Methode                            | KPI/Cluster | Personeller Aufwand | Materieller Aufwand | Zeitaufwendungen | Formalisierungsgrad | Erforderlicher Qualifikationsgrad | Häufigkeit des Methodeneinsatzes | Detaillierungsgrad | Grad der Eindeutigkeit | Priorisierungsgrad | Fehleranfälligkeitsgrad |
|------------------------------------|-------------|---------------------|---------------------|------------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|-------------------------|
|                                    |             |                     |                     |                  |                     |                                   |                                  |                    |                        |                    |                         |
| Interaktionsmatrix                 | C7          | -                   | -                   | +                | -                   | 0                                 | -                                | -                  | 0                      | -                  | 0                       |
| Numerical Assignment               |             | -                   | -                   | -                | -                   | 0                                 | -                                | -                  | 0                      | 0                  | 0                       |
| 2-Kriterien-Modell                 |             | -                   | -                   | 0                | -                   | 0                                 | -                                | -                  | 0                      | 0                  | 0                       |
| Kosten-Wert-Analyse                |             | 0                   | -                   | +                | -                   | 0                                 | -                                | -                  | 0                      | 0                  | 0                       |
| Kano-Modell                        |             | +                   | 0                   | +                | -                   | 0                                 | 0                                | -                  | 0                      | 0                  | 0                       |
| Ranking                            | C8          | -                   | -                   | -                | -                   | -                                 | -                                | -                  | +                      | +                  | +                       |
| Top-Ten-Methode                    |             | -                   | -                   | -                | -                   | -                                 | -                                | -                  | +                      | 0                  | +                       |
| Wieggers'sche Priorisierungsmatrix | C9          | 0                   | 0                   | +                | 0                   | +                                 | -                                | -/0                | +                      | +                  | 0                       |
| AHP                                |             | -/0                 | +                   | +                | 0                   | +                                 | -                                | 0/+                | +                      | +                  | 0                       |
| Fuzzy AHP                          |             | -/0                 | +                   | +                | 0                   | +                                 | -                                | 0/+                | +                      | +                  | -                       |
| Conjoint-Analyse                   |             | +                   | +                   | +                | 0                   | +                                 | -                                | 0/+                | +                      | +                  | 0                       |
| QFD                                |             | 0                   | +                   | +                | 0                   | +                                 | -                                | +                  | +                      | 0                  | 0                       |

## D.8 Übersicht der Methoden der Anforderungsspezifikation

| Methode                        | KPI/ Cluster | Personeller Aufwand | Materieller Aufwand | Zeitaufwendungen | Formalisierungsgrad | Erforderlicher Qualifikationsgrad | Häufigkeit des Methodeneinsatzes | Detailierungsgrad | Grad der Eindeutigkeit |   | Grad der Nachvollziehbarkeit und Verfolgbarkeit | Flexibilitätsgrad |
|--------------------------------|--------------|---------------------|---------------------|------------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------|------------------------|---|---|-------------------|
|                                |              |                     |                     |                  |                     |                                   |                                  |                   |                        |   |   |                   |
| Prosa                          | C 10         | -                   | -                   | -                | -                   | -                                 | 0                                | -                 | -                      |   | 0   | +                 |
| Satzschablone                  |              | -                   | -                   | -/0              | -/0                 | -                                 | 0                                | -                 | -                      |   | +   | 0                 |
| Glossar                        |              | -                   | -                   | -                | -                   | -                                 | 0                                | -                 | 0                      |   | +   | +                 |
| ER-Modell                      | C 11         | 0                   | +                   | +                | +                   | +                                 | 0                                | 0/+               | +                      |   | 0   | 0                 |
| Klassendiagramm                |              | 0                   | +                   | +                | +                   | +                                 | 0                                | 0/+               | +                      |   | 0   | 0                 |
| Aktivitätsdiagramm             |              | 0                   | +                   | +                | +                   | +                                 | 0                                | 0/+               | +                      |   | 0   | -                 |
| Use-Case-Modell                |              | -                   | +                   | 0                | +                   | 0                                 | 0                                | 0                 | +                      |   | +   | +                 |
| Petrinetze                     |              | 0                   | +                   | +                | +                   | +                                 | 0                                | 0/+               | +                      |   | 0   | -                 |
| EPK                            |              | 0                   | +                   | +                | +                   | +                                 | 0                                | 0/+               | +                      |   | 0   | -                 |
| Statecharts                    |              | 0                   | +                   | +                | +                   | +                                 | 0                                | 0/+               | +                      |   | 0   | 0                 |
| Datenflussdiagramm             |              | 0                   | +                   | +                | +                   | +                                 | 0                                | 0/+               | +                      |   | 0   | 0                 |
| Entscheidungstabelle und -baum |              | -                   | 0                   | 0                | 0                   | 0                                 | 0                                | 0                 | +                      |   | +   | -                 |
| SRS                            |              | 0/+                 | +                   | +                | 0                   | 0                                 | 0                                | +                 | +                      |   | +   | +                 |
| Volere Template                | 0/+          | +                   | +                   | 0                | 0                   | 0                                 | +                                | +                 |                        | + | +   |                   |

Der vorliegende Bericht beinhaltet eine Übersicht, Beschreibung und anschließende Bewertung der wichtigsten Methoden des Anforderungsmanagements. Zunächst erfolgt eine Einordnung und Beschreibung der Methoden in die drei Phasen des Anforderungsprozesses. Dazu zählen die Anforderungsermittlung, die Anforderungsanalyse und die Anforderungsspezifikation. Anschließend werden die vorgestellten Methoden mithilfe einer Key-Performance-Analyse anhand von zuvor definierten Schlüsselfaktoren (Key Performance Indicators) bewertet, um eine Aussagefähigkeit über den sinnvollen und möglichst optimalen Einsatz der Methoden abzuleiten.

Die vorliegende Arbeit richtet sich dabei an Entscheidungsträger im Feld des Anforderungsmanagements und liefert diesen eine Methodenübersicht sowie praktische Handlungsempfehlungen für die spezifische Projektarbeit. Die Autoren danken der Europäischen Kommission für die finanzielle Unterstützung der Arbeit im Rahmen des 7. Rahmenprogramms unter dem Grant Agreement no. FP7-NMP-2011-ICT-FoF-284602 (Know4Car).

ISBN 978-3-86644-865-0

