



FAKULTÄT FÜR MASCHINENBAU  
Institut für Logistik und Materialflusstechnik

---

# Digitale Lebenslaufakten zur Unterstützung des Betriebes verfahrenstechnischer Anlagen

## Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktoringenieurin / Doktoringenieur  
(Dr.-Ing.)**

von Dipl.-Inform. Kathleen Hänsch  
geb. am 25. April 1982 in Neu Kalifß

genehmigt durch die Fakultät für Maschinenbau  
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

## Gutachter

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E.h. Dr. h.c. mult. Michael Schenk  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Georg Paul

Promotionskolloquium am 11. März 2015  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Fakultät für Maschinenbau  
Universitätsplatz 2  
39106 Magdeburg

---

**Hänsch, Kathleen:**

*Digitale Lebenslaufakten zur Unterstützung des  
Betriebes verfahrenstechnischer Anlagen*

Dissertation,

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2014.

# Kurzzusammenfassung

Mit der vorliegenden Arbeit wird ein Ansatz für die Unterstützung der Betriebsprozesse verfahrenstechnischer Anlagen mit digitalen Lebenslaufakten vorgestellt. Dieser Ansatz diene dem Ziel, darzustellen, wie Modelle, Methoden und Werkzeuge der Informatik, die bereits in den frühen Produktlebenszyklusphasen, also dem Digital Engineering, etabliert sind, auch in der Betriebsphase eingesetzt werden können.

In dieser Arbeit wurde ein Informationsmodell für digitale Lebenslaufakten entwickelt, um eine aktuelle Daten- und Informationsbasis für verfahrenstechnische Anlagen zu erstellen. In dem entwickelten Informationsmodell wurden darüber hinaus Anforderungen an die Gesamtdokumentation, die aus existierenden Rechtsquellen resultieren, abgebildet, um so Anlagenbetreiber eine Wissensbasis zu diesen Anforderungen bereitzustellen und später eine automatisierte Konformitätsprüfung der Gesamtanlagendokumentation zu ermöglichen.

Es werden zunächst die verschiedenen Realisierungsaspekte vorgestellt, die bei der Entwicklung digitaler Lebenslaufakten berücksichtigt werden müssen. Dabei wird beispielsweise der Prozessaspekt betrachtet und Prozesse wie der Anlagenlebenszyklus definiert, Geschäftsprozesse, die für die digitale Lebenslaufakte von Bedeutung sind, analysiert und hinsichtlich Schwachpunkten ausgewertet.

Im Anschluss daran werden mögliche Realisierungsstrategien vorgestellt, um das Konzept der digitalen Lebenslaufakte zu erarbeiten und umzusetzen. Entsprechende Vorgehensmodelle werden vorgestellt und diskutiert. Dabei wird der Unified Process für diese Arbeit ausgewählt, der die Verwendung der Unified Modeling Language voraus setzt. Da in dieser Arbeit existierende Werkzeuge zur Umsetzung der digitalen Lebenslaufakte adaptiert werden, werden mögliche Ansätze zur Systemanpassung und -einführung vorgestellt.

Für das Konzept der digitalen Lebenslaufakte werden zunächst Prozesse in Form von Anwendungsfällen spezifiziert und die Prozessabläufe modelliert. Im nächsten Schritt war die Entwicklung eines Informationsmodells erforderlich, um die in den Anwendungsfällen erzeugten und benötigten Daten, Informationen und Dokumente abzubilden und zu strukturieren und rechtliche Anforderungen an die Dokumentation von Anlagen abzubilden. Hierfür wird eine Ebenen-Struktur für das Informationsmodell erarbeitet und die einzelnen Elemente detailliert vorgestellt. Im Anschluss daran, wird dargestellt, wie das in dieser Arbeit entwickelte Konzept der digitalen Lebenslaufakte angewendet und erweitert werden kann.

Das erarbeitete Konzept der Lebenslaufakte wird im Anschluss für eine konkrete Anlage auf Basis von zwei bereits existierenden Softwaresystemen umgesetzt und detailliert beschrieben. Die Umsetzbarkeit der digitalen Lebenslaufakte mit etablierten Werkzeugen im Produktlebenszyklus konnte anhand dieses Anwendungsbeispiels nachgewiesen werden.



# Abstract

This dissertation presents an approach for the support of processes for the operation of process plants by using digital asset history records. This approach with the objective of presenting how well-established models, methods and tools of computer science that are used in early life cycle stages like the digital engineering can be used in the operation stage of process plants.

In this dissertation an information model for digital asset history records was developed in order to create an up-to-date data and basis of information for process plants. Requirements regarding the plant documentation that follow from regulatory framework are formally represented in the developed information model in order to provide plant operators a knowledge base for this kind of requirements and provide the possibility for an automated conformity check of the plant documentation in the future.

Realisation aspects are presented that have to be considered by developing digital asset history records. For example the process aspect is examined in detail and processes like the plant life cycle are defined. Business processes that are of importance for digital asset history records were analysed and regarding weakness evaluated.

Possible realisation strategies that can be used to develop and realise the concept of digital asset history records are presented. Process models for developing and modelling systems are introduced and discussed. The unified process that requires the Unified Modeling Language will be chosen for this approach. Possible approaches for system adaptation and introduction are presented due to the fact that existent tools shall be used to realise digital asset history records.

Processes in kind of use cases are specified and process sequences are modeled for the concept of digital asset history records. The development of an information model was required in the next step in order to model and structure the data, information and documents that are created and needed in the analysed use cases and to map the regulatory requirements regarding the plant documentation into the information model. The information model consists of a layer structure and the several elements are described in detail. The application and extension of the concept of digital asset history records is also presented.

The developed concept of digital asset history records will be implemented and described in detail for a concrete plant based on two different well-established software systems. The practicability of digital asset history records based on existent well-established software systems in the plant life cycle was demonstrated by means of the application example.



# Danksagung

Für meine Doktorarbeit schulde ich sehr vielen Menschen einen herzlichen Dank. Beginnen möchte ich mich mit Herrn Prof. Dr. Michael Schenk, da Sie die wissenschaftliche Betreuung meiner Promotion übernommen haben und mit kritischen und inspirierenden Ratschlägen für das Gelingen dieser Arbeit sorgten.

Herrn Prof. Dr. Georg Paul danke ich sehr, da Sie mir die richtige Richtung gezeigt haben, um den Weg für das Abschließen dieser Arbeit einzuschlagen.

Mein weiterer Dank gilt Herrn Dr. Martin Endig, der mir stets Ansprechpartner war und meine Forschungsprojekte durch seine Ideen, Anregungen und konstruktive Kritik bereicherte.

Als nächstes danke ich Dr. Matthias Gohla und Dr. Przemyslaw Komarnicki dafür, dass Sie mir den Raum und die Zeit gaben, meine Dissertation zu beenden. Dr. Przemyslaw Komarnicki danke ich darüber hinaus für sein Engagement, seine Motivation und seine unermüdliche Zuversicht - besonders in Zeiten, in denen ich sie verloren geglaubt habe.

Ich danke meinen Kollegen, die mich sowohl in angespannter als auch gestresster Laune ertrugen.

Ich danke meinem Freund Marc Hofmann, der mich stets bestärkt hat, wenn ich an mir gezweifelt habe und das Licht am Ende des Tunnels dunkler geworden ist.

Und nicht zuletzt danke ich meinen Eltern, die in jeglicher Hinsicht die Grundsteine für meinen Weg gelegt haben.

Ebenso sei allen denen ein Dankeschön ausgesprochen, die nicht namentlich erwähnt wurden, aber zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.





# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzzusammenfassung</b>	<b>i</b>
<b>Abstract</b>	<b>iii</b>
<b>Danksagung</b>	<b>v</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>vii</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>xi</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>xvii</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>xix</b>
<b>Listingverzeichnis</b>	<b>xxi</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Problemdefinition . . . . .	2
1.2 Thesis und Ziele der Arbeit . . . . .	4
1.3 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit . . . . .	4
<b>2 Realisierungsaspekte digitaler Lebenslaufakten</b>	<b>7</b>
2.1 Prozessaspekt . . . . .	7
2.1.1 Anlagenlebenszyklus . . . . .	7
2.1.2 Geschäftsprozesse . . . . .	8
2.1.3 Freigabeprozesse . . . . .	11
2.2 Daten-, Informations- und Dokumentenaspekt . . . . .	12

2.2.1	Produktmodelle und -strukturen . . . . .	12
2.2.2	Nummern- und Klassifikationssysteme . . . . .	14
2.2.3	Dokumentation von verfahrenstechnischen Anlagen . . . . .	18
2.3	Werkzeugaspekt . . . . .	21
2.3.1	Dokumentenmanagement-Systeme . . . . .	21
2.3.2	Produktdatenmanagement-Systeme . . . . .	23
2.3.3	Instandhaltungsplanungs- und -steuerungs-Systeme . . . . .	25
2.3.4	Enterprise Resource Planing-Systeme . . . . .	26
2.3.5	Portal-Systeme . . . . .	27
2.3.6	Anbieteranalyse . . . . .	29
2.4	Rechtliche Aspekte . . . . .	32
2.5	Anforderungen an eine digitale Lebenslaufakte . . . . .	35
2.6	Zusammenfassung . . . . .	37
<b>3</b>	<b>Realisierungsstrategien für digitale Lebenslaufakten</b>	<b>39</b>
3.1	Konzeptentwicklung und Informationsmodellierung . . . . .	39
3.1.1	Vorgehensmodelle . . . . .	39
3.1.2	Unified Modeling Language . . . . .	42
3.1.3	Anwendung von UML im Unified Process . . . . .	48
3.2	Systemadaption . . . . .	49
3.3	Systemeinführung . . . . .	50
3.4	Verwandte Arbeiten . . . . .	52
3.5	Zusammenfassung . . . . .	53
<b>4</b>	<b>Konzept der digitalen Lebenslaufakte</b>	<b>55</b>
4.1	Anwendungsfälle digitaler Lebenslaufakten . . . . .	55
4.1.1	Anwendungsfall »Revision durchführen (Soll)« . . . . .	56
4.1.2	Anwendungsfall »Anlage nutzen (Soll)« . . . . .	61
4.2	Konzeption eines Informationsmodells . . . . .	71
4.2.1	Das Paket »Meta« . . . . .	73
4.2.2	Anlagentyp-Schema für verfahrenstechnische Anlagen zur Verwertung von Biomasse . . . . .	81

4.2.3	Unternehmensschema . . . . .	87
4.3	Vorgehensweise zur Einführung und Erweiterung des Konzeptes für digitale Lebenslaufakten . . . . .	89
4.4	Zusammenfassung . . . . .	93
<b>5</b>	<b>Realisierung von digitalen Lebenslaufakten</b>	<b>95</b>
5.1	Auswahl einer Technologie für die Umsetzung . . . . .	95
5.2	Anwendungsbeispiel: Pulververbrennungsanlage . . . . .	100
5.3	Umsetzung mit einem PDM-System . . . . .	101
5.3.1	Umsetzung der Gesamtanlagendokumentation . . . . .	101
5.3.2	Umsetzung der Abbildung der Anlage . . . . .	108
5.3.3	Umsetzung der Informationsbasis . . . . .	112
5.3.4	Umsetzung der Prüffakte . . . . .	115
5.3.5	Umsetzung der Abbildung der Anforderungen an die Gesamtdokumentation der Anlage . . . . .	124
5.4	Umsetzung mit einem Portal-System . . . . .	129
5.4.1	Umsetzung der Gesamtanlagendokumentation . . . . .	129
5.4.2	Umsetzung der Abbildung der Anlage . . . . .	131
5.4.3	Umsetzung der Informationsbasis . . . . .	135
5.4.4	Umsetzung der Prüffakte . . . . .	136
5.4.5	Umsetzung der Abbildung der Anforderungen an die Gesamtdokumentation der Anlage . . . . .	139
5.5	Erfahrungen bei der Anwendung der digitalen Lebenslaufakte . . . . .	140
5.6	Validierungsmethode . . . . .	143
5.7	Zusammenfassung . . . . .	146
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>149</b>
6.1	Zusammenfassung . . . . .	150
6.2	Ausblick . . . . .	151
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>155</b>
	<b>Glossar</b>	<b>173</b>

<b>A</b>	<b>Anforderungsanalyse</b>	<b>177</b>
A.1	Analysemethode . . . . .	177
A.2	Anwendungsfälle in der Lebenszyklusphase »Betrieb« . . . . .	179
A.2.1	Akteure in der Lebenszyklusphase »Betrieb« . . . . .	179
A.2.2	Anwendungsfall »Revision durchführen« . . . . .	181
A.2.3	Anwendungsfall »Anlage nutzen« . . . . .	186
A.3	Anwendungsfälle in der Lebenszyklusphase »Entwicklung/Konstruktion« . . . . .	188
A.3.1	Akteure in den Lebenszyklusphasen vor dem »Betrieb« . . . . .	188
A.3.2	Anwendungsfall »Anlage genehmigen« . . . . .	190
A.4	Anwendungsfälle in der Lebenszyklusphase »Herstellung« . . . . .	193
A.4.1	Anwendungsfall »Fertigung durchführen« . . . . .	193
A.4.2	Anwendungsfall »Montage durchführen« . . . . .	196
<b>B</b>	<b>eCl@ss</b>	<b>201</b>
<b>C</b>	<b>Anbieterliste existierender IT-Werkzeuge für den Betrieb</b>	<b>207</b>
<b>D</b>	<b>Anwendungsszenarien</b>	<b>209</b>
D.1	Anwendungsszenario »Prüfung einer Schweißnaht eines druckführenden Rohrbogens durchführen« . . . . .	209
D.2	Anwendungsszenario »Dokumentation einer verfahrenstechnischen Anlage überprüfen« . . . . .	211
<b>E</b>	<b>Dokumentenarten</b>	<b>215</b>
<b>F</b>	<b>Studentische Arbeiten</b>	<b>223</b>

# Abbildungsverzeichnis

1.1	Der Kapitalfluss innerhalb des Lebenszyklus einer Anlage in Anlehnung an [Gut76]	2
1.2	Vorgehensmodell in der angewandten Wissenschaft in Theorie- und Praxisbezug nach [DP84]	5
1.3	Vorgehensweise dieser Arbeit	6
2.1	Lebenszyklus einer verfahrenstechnischen Anlage in Anlehnung an [DIN 28000-1] und [DIN ISO 15226]	8
2.2	Erzeugung und Verwendung von Daten, Informationen und Dokumenten in Geschäftsprozessen	9
2.3	Phasen von Freigabeprozessen nach [ES09]	11
2.4	Beispiel einer funktionsbezogenen Struktur [DIN EN 81346-1]	13
2.5	Beispiel einer produktbezogene Struktur [DIN EN 81346-1]	13
2.6	Beispiel einer ortsbezogene Struktur [DIN EN 81346-1]	14
2.7	Aufbau von Nummernsystemen a) Verbundnummernsystem b) Parallelnummernsystem [ES09, ADE <sup>+</sup> 11]	15
2.8	Nicht-hierarchisches Klassifikationssystem [ES09, ADE <sup>+</sup> 11]	16
2.9	Hierarchisches Klassifikationssystem [ES09, ADE <sup>+</sup> 11]	16
2.10	Hybrides Klassifikationssystem [ES09, ADE <sup>+</sup> 11]	17
2.11	Hierarchisch aufgebaute Dokumentationsstruktur [Web08]	19
2.12	Strukturvorschlag gemäß der Praxis im Anlagenbau [Web08]	20
2.13	Strukturvorschlag gemäß der Praxis im Maschinenbau [Web08]	21
2.14	Architektur von DMS in Anlehnung an	23
2.15	Architektur von PDM-Systemen	25
2.16	Klassifikation von Portalen	27

2.17	Ablauf der Anbieteranalyse [May08] . . . . .	29
2.18	Unternehmensgröße von Systemanbietern im Bereich des Betriebes von Anlagen	30
2.19	Unternehmensgröße der Kunden von Systemanbietern im Bereich des Betriebes von Anlagen . . . . .	30
2.20	Branchenfokus der Systemlösungen . . . . .	31
2.21	Arten der verwalteten Daten, Informationen und Dokumente . . . . .	31
2.22	Berücksichtigung von Anforderungen aus Rechtsvorschriften . . . . .	32
2.23	Normenhierarchie in Anlehnung an [Rüt05] . . . . .	34
3.1	Wasserfallmodell nach [Roy70] . . . . .	40
3.2	V-Modell nach [Boe79] . . . . .	40
3.3	Rational Unified Process nach [JBR99] . . . . .	41
3.4	Verwendete UML-Diagrammtypen in Anlehnung an [OBS12] . . . . .	42
3.5	Elemente eines Anwendungsfalldiagramms . . . . .	43
3.6	Elemente eines Aktivitätsdiagramms . . . . .	44
3.7	Elemente eines Klassendiagramms . . . . .	45
3.8	Elemente eines Zustandsdiagramms . . . . .	46
3.9	Elemente eines Paketdiagramms . . . . .	47
3.10	Elemente eines Objektdiagramms . . . . .	47
3.11	Vorgehensweise zur Systemeinführung nach [VDI 2219] . . . . .	50
4.1	Anwendungsfalldiagramm »Revision durchführen (Soll)« . . . . .	56
4.2	Aktivitätsdiagramm »Prüfung planen« . . . . .	56
4.3	Aktivitätsdiagramm »Prüfaufgabe erledigen« . . . . .	58
4.4	Aktivitätsdiagramm »Prüfbericht erstellen und freigeben« . . . . .	59
4.5	Aktivitätsdiagramm »Prüfbescheinigung erstellen und freigeben« . . . . .	59
4.6	Aktivitätsdiagramm »Prüfung durchführen« . . . . .	60
4.7	Anwendungsfalldiagramm »Anlage nutzen (Soll)« . . . . .	61
4.8	Aktivitätsdiagramm »Technische Dokumentation überprüfen (Soll)« . . . . .	63
4.9	Anwendungsfalldiagramm »Anlagendaten pflegen« . . . . .	64
4.10	Anwendungsfalldiagramm »Anlagenstruktur und Erzeugnisse einpflegen« . . . . .	65
4.11	Anwendungsfalldiagramm »Erzeugnis einpflegen« . . . . .	66

---

4.12	Anwendungsfalldiagramm »Anlagendokumentation pflegen (Soll)« . . . . .	66
4.13	Anwendungsfalldiagramm »Anlagendokumentation einpflegen« . . . . .	68
4.14	Anwendungsfalldiagramm »Dokument einpflegen« . . . . .	69
4.15	Anwendungsfalldiagramm »Informationsbasis pflegen« . . . . .	69
4.16	Anwendungsfalldiagramm »Rechts- und Erkenntnisquelle einpflegen« . . . . .	70
4.17	Konzept für die Informationsstrukturierung . . . . .	72
4.18	Strukturierung des Informationsmodells für eine konkrete Anlage . . . . .	73
4.19	Strukturierung des Paketes »Meta« . . . . .	73
4.20	Klassendiagramm »Meta.Anlage.Stammdaten« . . . . .	74
4.21	Zustandsdiagramm »Erzeugnis« . . . . .	75
4.22	Klassendiagramm »Meta.Dokumentation« . . . . .	75
4.23	Lebenszyklus eines Dokuments . . . . .	76
4.24	Klassendiagramm »Meta.Informationsbasis« . . . . .	77
4.25	Lebenszyklus einer Rechtsquelle . . . . .	78
4.26	Klassendiagramm »Meta.Unternehmen« . . . . .	79
4.27	Klassendiagramm »Meta.Prüfakte« . . . . .	80
4.28	Lebenszyklus einer Prüfung . . . . .	81
4.29	Strukturierung des Paketes »VAVBM« . . . . .	82
4.30	Klassendiagramm »VAVBM.Anlage.Stammdaten« . . . . .	84
4.31	Objektdiagramm: »VAVBM.Dokumentation.Gesamtdokumentation« . . . . .	85
4.32	Klassendiagramm: »VAVBM.Dokumentation« . . . . .	86
4.33	Objektdiagramm: »VAVBM.Dokumentation. Anlagendokumentation nach Fachgewerken. Verfahrenstechnik« . . . . .	86
4.34	Klassendiagramm: »VAVBM.Dokumentation« (Verknüpfung von Dokumenten- arten und Erzeugnisklassen) . . . . .	87
4.35	Strukturierung des Paketes »Unternehmen« . . . . .	88
4.36	Klassendiagramm »Unternehmen.Anlage.Stammdaten« . . . . .	88
4.37	Klassendiagramm »Unternehmen.Dokumentation« . . . . .	89
5.1	Pulververbrennungsanlage . . . . .	100
5.2	Anlegen einer Dokumentart mit dem Typ-Manager . . . . .	102
5.3	Anlegen eines Attributes mit dem Attribut-Manager . . . . .	103

---

5.4	Anlegen eines Lebenszyklus mit dem Lebenszyklus-Administrator . . . . .	105
5.5	Umgesetzter Lebenszyklus für Dokumente . . . . .	106
5.6	Umgesetzte Dokumentationsstruktur . . . . .	107
5.7	Umsetzung der Dokumentationsstruktur mit einer Ordnerstruktur . . . . .	108
5.8	Umgesetzter Lebenszyklus für Erzeugnisse . . . . .	110
5.9	Allgemein spezifizierte Anlagenstruktur . . . . .	111
5.10	Umgesetzte Anlagenstruktur . . . . .	112
5.11	Umgesetzter Lebenszyklus für Elemente der Informationsbasis . . . . .	114
5.12	Umgesetzte Informationsbasis . . . . .	114
5.13	Erweiterung der Dokumentationsstruktur um Dokumentenarten der Prüfkarte .	116
5.14	Umgesetzter Lebenszyklus für Prüfungen . . . . .	118
5.15	Zu einem Erzeugnis zugeordnete Prüfungen . . . . .	119
5.16	Umgesetzter Workflow in der Lebenszyklusphase »In Durchführung« einer Prüfung . . . . .	120
5.17	Statusbericht Prüfungen . . . . .	122
5.18	Aktivitätsdiagramm »Statusbericht Prüfungen erstellen« . . . . .	123
5.19	Umgesetzter Workflow in der Lebenszyklusphase »In Betrieb« eines Erzeugnisses	125
5.20	Statusbericht Dokumentation . . . . .	127
5.21	Aktivitätsdiagramm »Statusbericht Dokumentation erstellen« . . . . .	128
5.22	Verwaltung der Dokumente der Gesamtdokumentation der Pulververbrennungs- anlage in dem Anwendungsmodul »Dokumenten-Management« . . . . .	131
5.23	Verwaltung der Erzeugnisse der Pulververbrennungsanlage . . . . .	133
5.24	Umsetzung der Abbildung der Anlage in »AVEVA NET Portal« . . . . .	134
5.25	Umsetzung der Informationsbasis in »AVEVA NET Portal« . . . . .	136
5.26	Report Prüfungen . . . . .	139
5.27	Hierarchisch-mehrdimensionale Befindlichkeitsskalierung nach [Nit76] . . . . .	145
A.1	Verwendete Analysemethode in Anlehnung an [Wit01, Lam10] . . . . .	177
A.2	Anwendungsfalldiagramm: Beteiligte Akteure in der Lebenszyklusphase »Be- trieb« und ihre Beziehungen . . . . .	179
A.3	Anwendungsfalldiagramm »Anlage betreiben« . . . . .	180
A.4	Anwendungsfalldiagramm »Revision durchführen« . . . . .	181



---

A.5	Aktivitätsdiagramm »Prüftechnischen Teil entsprechend Experten-Methode durchführen (TÜV-Ausprägung)« . . . . .	183
A.6	Domänenmodell »Prüftechnischen Teil entsprechend Experten-Methode durchführen (TÜV-Ausprägung)« . . . . .	185
A.7	Anwendungsfalldiagramm »Anlage nutzen« . . . . .	186
A.8	Aktivitätsdiagramm »Technische Dokumentation überprüfen« . . . . .	188
A.9	Anwendungsfalldiagramm: Beteiligte Akteure vor der Inbetriebnahme und ihre Beziehungen . . . . .	189
A.10	Anwendungsfalldiagramm »Anlage genehmigen« . . . . .	190
A.11	Domänenmodell »Rechnerische Vorprüfung durchführen« . . . . .	192
A.12	Anwendungsfalldiagramm »Fertigung durchführen« . . . . .	193
A.13	Aktivitätsdiagramm »Bauüberwachung durchführen« . . . . .	195
A.14	Domänenmodell »Bauüberwachung durchführen« . . . . .	196
A.15	Anwendungsfalldiagramm »Montage durchführen« . . . . .	196
A.16	Aktivitätsdiagramm »Montageüberwachung durchführen« . . . . .	197
A.17	Domänenmodell »Montageüberwachung durchführen« . . . . .	199
B.1	Aufbau von eCl@ss . . . . .	201



# Tabellenverzeichnis

2.1	Anforderungskatalog . . . . .	35
4.1	Anwendungsfallbeschreibung »Prüfung durchführen« . . . . .	57
4.2	Anwendungsfallbeschreibung »Technische Dokumentation überprüfen (Soll)« . . . . .	62
4.3	Anwendungsfallbeschreibung »Anlagenstruktur und Erzeugnisse einpflegen« . . . . .	65
4.4	Anwendungsfallbeschreibung »Anlagendokumentation einpflegen« . . . . .	67
4.5	Anwendungsfallbeschreibung »Rechts- und Erkenntnisquelle einpflegen« . . . . .	70
4.6	Bewertung der Klassifikationssysteme . . . . .	83
5.1	Bewertung der Systemklassen für eine Umsetzung des ersten Umsetzungsszenarios . . . . .	99
5.2	Bedeutung der Ampelfarben im Statusbericht Prüfungen . . . . .	121
5.3	Bedeutung der Ampelfarben im Statusbericht Dokumentation . . . . .	128
5.4	Aussagen zur Einschätzung der Vorerfahrung der Probanden . . . . .	144
5.5	Auszug aus der Eigenzustandsskala nach [Nit76] . . . . .	144
5.6	Fragen für das Probandenfeedback . . . . .	146
A.1	Anwendungsfallbeschreibung »Prüftechnischen Teil entsprechend Experten- Methode durchführen (TÜV-Ausprägung)« . . . . .	182
A.2	Anwendungsfallbeschreibung »Technische Dokumentation überprüfen« . . . . .	187
A.3	Anwendungsfallbeschreibung »Rechnerische Vorprüfung durchführen« . . . . .	191
A.4	Anwendungsfallbeschreibung »Bauüberwachung durchführen« . . . . .	194
A.5	Anwendungsfallbeschreibung »Montageüberwachung durchführen« . . . . .	198
B.1	Attribute einer Klasse aus eCl@ss . . . . .	202
B.2	Attribute von Schlagworten aus eCl@ss . . . . .	203

B.3	Attribute eines Merkmals aus eCl@ss . . . . .	204
B.4	Attribute eines Wertes aus eCl@ss . . . . .	205
D.1	Anwendungsszenario »Prüfung einer Schweißnaht eines druckführenden Rohrbogens durchführen« . . . . .	210
D.2	Anwendungsszenario »Dokumentation einer verfahrenstechnischen Anlage überprüfen« . . . . .	212
E.1	Dokumentenarten . . . . .	215

# Abkürzungsverzeichnis

<b>ANP</b>	AVEVA NET Portal 3.6.SP2
<b>BetrSichV</b>	Betriebssicherheitsverordnung
<b>CASE</b>	Computer-Aided-Software-Engineering
<b>CFD</b>	Computational Fluid Dynamics
<b>DIN</b>	Deutsches Institut für Normung e.V.
<b>DMS</b>	Dokumentenmanagement-System
<b>ERP</b>	Enterprise Resource Planning
<b>ERPS</b>	Enterprise Resource Planning-System
<b>EU</b>	Europäische Union
<b>GMP</b>	Good Manufacturing Practice
<b>GPSG</b>	Geräte- und Produktsicherheitsgesetz
<b>IPS</b>	Instandhaltungsplanung und -steuerung
<b>IPSS</b>	Instandhaltungsplanungs- und -steuerungs-System
<b>KMU</b>	Kleine und mittlere Unternehmen
<b>MA</b>	Mitarbeiter
<b>MaschRL</b>	Maschinenrichtlinie
<b>OCL</b>	Object Constraint Language
<b>PDM</b>	Produktdatenmanagement
<b>PDMS</b>	Produktdatenmanagement-System
<b>PS</b>	Portal-Systeme
<b>PTC</b>	Parametric Technology Corporation
<b>STEP</b>	STandard for the Exchange of Product model data
<b>TRBS</b>	Technische Regeln für Betriebssicherheit
<b>RBI</b>	Risk Based Inspection
<b>TÜV</b>	Technischer Überwachungs-Verein
<b>UML</b>	Unified Modeling Language
<b>VAVBM</b>	Verfahrenstechnische Anlage zur Verwertung von Biomasse

<b>VDI</b>	Verein Deutscher Ingenieure e.V.
<b>XMI</b>	XML Metadata Interchange
<b>zfP</b>	zerstörungsfreie Prüfung
<b>ZLS</b>	Zentralstelle der Länder für Sicherheitstechnik
<b>ZÜS</b>	Zugelassene Überwachungsstelle

# Listingverzeichnis

5.1	Programmierung eines konditionalen Routers des Workflow in der Lebenszyklusphase »In Durchführung« einer Prüfung . . . . .	121
5.2	Programmierung eines Triggers des Workflow in der Lebenszyklusphase »In Betrieb« eines Erzeugnisses . . . . .	126
5.3	Konfiguration der Dokumentenart »Ausrüstungsdatenblatt« in einer XML-Konfigurationsdatei . . . . .	130
5.4	Konfiguration des »Data-Extractors« für die Gesamtdokumentation der Pulververbrennungsanlage . . . . .	132
5.5	Konfiguration der Klasse »INSPECTION« in einer XML-Konfigurationsdatei .	137
5.6	Konfiguration der Attribute von Prüfungen in einer XML-Konfigurationsdatei .	138
5.7	Datenbankanfrage zur Erstellung eines Reports für die Gesamtdokumentation der Anlage . . . . .	140





# Kapitel 1

## Einleitung

Der Maschinen- und Anlagenbau ist eines der Zugpferde der deutschen Industrie. Im Jahr 2013 wurden von den rund 6.400 Unternehmen mehr als 986 Tausend Mitarbeiter beschäftigt. Die Branche erzielte einen Umsatz von rund 206 Milliarden Euro und gehört damit zu dem größten industriellen Arbeitgeber in Deutschland [VDM14].

Der Branchenumsatz wird maßgeblich durch die Fertigungstiefe beeinflusst. So werden beispielsweise im Straßenfahrzeugbau und in der Elektrotechnik Großserien mit weitgehend standardisierten Komponenten gefertigt, während im Maschinen- und Anlagenbau die Einzel- beziehungsweise Kleinserienfertigung vorherrscht. Dies führt dazu, dass der Pro-Kopf-Umsatz im Maschinen- und Anlagenbau rund 208.000 Euro beträgt [VDM14].

Mittelständische und kleine Unternehmen dominieren im Maschinen- und Anlagenbau. So beschäftigen nur rund zwei Prozent der Unternehmen mehr als 1.000 Mitarbeiter und ca. 88 Prozent der Unternehmen weniger als 250 Mitarbeiter. Unternehmen mit weniger als 100 Mitarbeitern haben einen Anteil von 66 Prozent [VDM13a].

Aufgabe des Anlagenbaus ist die Realisierung der im verfahrenstechnischen Ingenieurprozess entwickelten und geplanten Anlagen. Dazu wird zu Beginn des Lebenszyklus einer Anlage in diese investiert, indem Forschungs- und Entwicklungsaufwände oder das Grundstück bezahlt werden. Nach der Inbetriebnahme ist die Aufgabe des Anlagenbetriebs die Nutzung und der Unterhalt einer realisierten Anlage. In der Betriebsphase erfolgt anfänglich der Rückfluss des investierten Kapitals. Wenn der erzielte Ertrag dem Wert des investierten Kapitals entspricht, ist die Gewinnschwelle erreicht. Ab diesem Zeitpunkt erwirtschaftet die Anlage Gewinne [Gut76]. Der Kapitalfluss einer Anlage ist in Abbildung 1.1 dargestellt.

Das Ziel der Anlagenbetreiber ist nun, den Anstieg der Gewinnkurve, wie in Abbildung 1.1 dargestellt, zu erhöhen. Sie sind demnach bestrebt, die Gesamtanlageneffektivität zu steigern. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen sie verschiedene Herausforderungen bewältigen.

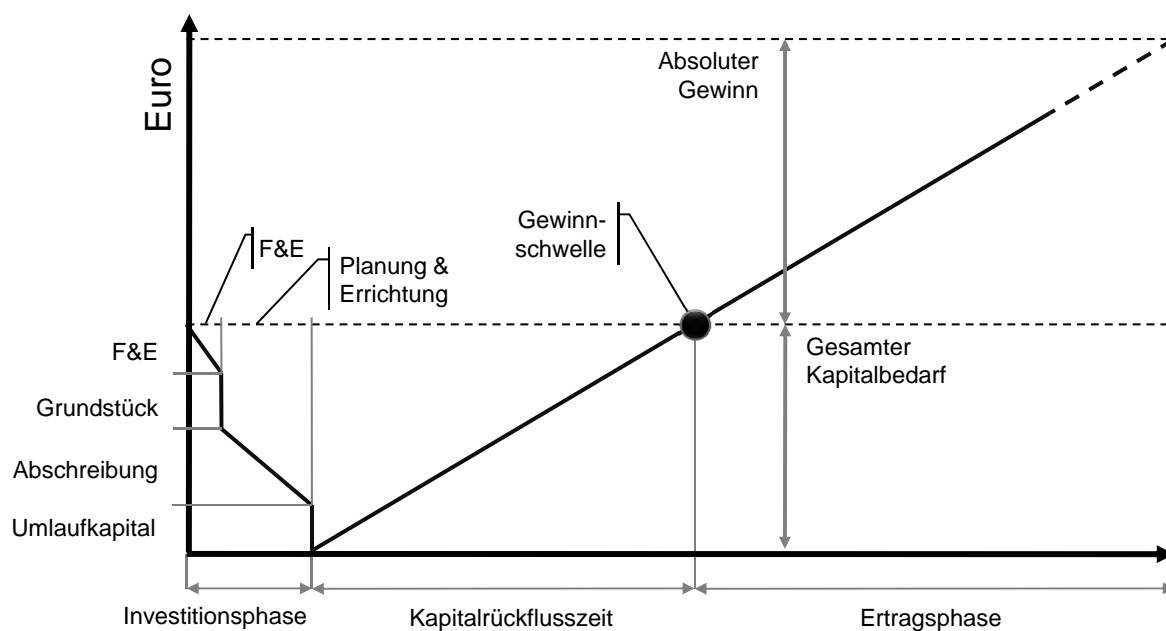


Abbildung 1.1: Der Kapitalfluss innerhalb des Lebenszyklus einer Anlage in Anlehnung an [Gut76]

## 1.1 Problemdefinition

Betreiber von Anlagen sind bestrebt, die mit ihren Anlagen erzielten Gewinne zu erhöhen. Dabei befinden sie sich im Spannungsfeld zwischen Erhöhung der Wirtschaftlichkeit, Erhöhung der technischen Sicherheit und Einhaltung der gesetzlichen Rahmenbedingungen [Sch10a].

Für den Betrieb von Anlagen existieren unterschiedlichste gesetzliche Rahmenbedingungen [Sch13a]. Beispiele hierfür sind:

- europäische Richtlinien wie die Maschinenrichtlinie und die Druckgeräterichtlinie
- nationale Gesetze oder Verordnungen wie die Betriebssicherheitsverordnung und das Geräte- und Produktsicherheitsgesetz
- national geltende Technische Regeln wie Technische Regeln für die Betriebssicherheit und Technische Regeln für Dampfkessel
- allgemein anerkannte Regeln, festgehalten in VDI-Richtlinien, DIN-Normen und VGB-Richtlinien

So schreibt beispielsweise die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) [BetrSichV] vor, dass für überwachungsbedürftige Anlagen, wie sie im Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) [ProdSG] definiert werden, Prüfungen durchzuführen sind. Indem diese Prüfungen durchgeführt werden, wird zwar die technische Sicherheit gewährleistet, aber durch die finanziellen Aufwände zur Durchführung dieser Prüfungen werden die Gewinne der Anlagenbetreiber gesenkt.

In der Maschinenrichtlinie [2006/42/EG] wird festgelegt, dass der Hersteller einer Anlage eine Technische Dokumentation vorhalten muss. Diese wird nach der Inbetriebnahme an den Betreiber der Anlage übergeben. Falls ein Betreiber einer Anlage diese umbaut, übernimmt er die Rolle eines Herstellers und muss die Technische Dokumentation seiner Anlage aktualisieren. Die Aufwände dafür schmälern ebenfalls seinen Gewinn.

Um die technische Sicherheit zu gewährleisten, existieren derzeit verschiedene Methoden. Beispiele hierfür sind:

- Risk Based Inspection (RBI)
- Condition Monitoring (CM)
- Zustandsorientierte Instandhaltung
- Experten-basierte Zustandsbewertung

Zudem kann beispielsweise mit Hilfe von zustandsorientierten Instandhaltungsstrategien, die Gesamtanlageneffektivität erhöht werden [SS12].

Ein Beispiel für die Ausgestaltung gesetzlicher Spielräume bei gleichzeitiger Gewährleistung der technischen Sicherheit und Erhöhung der Wirtschaftlichkeit ist die Prüffristenverlängerung bei überwachungsbedürftigen Anlagen durch ein Experten-basiertes Bewertungsverfahren. Die BetrSichV [BetrSichV] räumt den Anlagenbetreibern neue Ermessens- und Gestaltungsspielräume bei der Festlegung von Prüffristen ein. So sind Betreiber von überwachungsbedürftigen Anlagen dazu verpflichtet, Prüffristen für wiederkehrende Prüfungen festzulegen. Je nach Anlagenzustand ist es möglich, längere beziehungsweise kürzere Prüffristen zu wählen. Unter bestimmten Voraussetzungen ist es außerdem möglich, eine generelle Überschreitung der nach §15 (5) BetrSichV vorgegebenen Maximalprüffristen zu beantragen.

Um die Möglichkeiten der Prüffristenverlängerung nutzen zu können, wurde in der Vergangenheit ein Experten-basiertes Bewertungsverfahren für die Bestimmung des Anlagenzustandes inklusive der Ableitung von Maßnahmen unter anderem bezogen auf das Prüfkonzept entwickelt und in der Praxis erprobt.

Es hat sich gezeigt, dass als eine der wesentlichen Voraussetzungen zur Anwendung der dargestellten Möglichkeiten eine einheitliche und aktuelle Daten- und Informationsbasis der Anlage erforderlich ist. Diese Anforderung kann aber zumeist nicht erfüllt werden. Erforderliche Dokumente liegen allerdings häufig in Papierform vor und relevante Informationen sind nicht nutzerfreundlich dargestellt [EKH06, Sch11]. Dies führt dazu, dass Prozesse in der Betriebsphase nicht effizient unterstützt werden können, da benötigte Informationen nicht schnell genug beziehungsweise in nicht ausreichender Qualität zur Verfügung gestellt werden können. Darüber hinaus existiert in Gesetzen, Verordnungen, Richtlinien und Normen eine Reihe von Anforderungen an die Gesamtdokumentation von Anlagen. Für einen Anlagenbetreiber wird die Pflege einer zu diesen Rechtsquellen konformen Gesamtdokumentation zu einer hochkomplexen Aufgabe, da diese Anforderungen über diverse Rechtsquellen verstreut sind und nicht zusammenfassend aufbereitet wurden. Eine frühzeitige Identifikation von Abweichungen von gesetzlichen Anforderungen kann allerdings einen maßgeblichen Beitrag zur Steigerung der Anlagensicherheit und -effizienz leisten [HS10b].

## 1.2 Thesis und Ziele der Arbeit

Die Thesis der Arbeit lautet:

*Für einen effizienten und zuverlässigen Betrieb von komplexen verfahrenstechnischen Anlagen ist eine aktuelle und kontinuierliche gepflegte Daten- und Informationsbasis erforderlich. Dieses kann durch die Erarbeitung einer digitalen Lebenslaufakte erreicht werden.*

Das Ziel dieser Arbeit ist daher die Entwicklung eines Informationsmodells für digitale Lebenslaufakten, um eine aktuelle Daten- und Informationsbasis für verfahrenstechnische Anlagen innerhalb der Lebenszyklusphase Betrieb aufzubauen und kontinuierlich zu pflegen, um darauf aufbauend beispielsweise zustandsorientierte Instandhaltung oder expertenbasierte Bewertungsverfahren durchführen zu können. In dem zu entwickelnden Informationsmodell sollen Anforderungen an die Gesamtdokumentation, die aus existierenden Rechtsquellen resultieren, abgebildet werden, um so Anlagenbetreibern eine Wissensbasis zu diesen Anforderungen bereitzustellen und später eine automatisierte Konformitätsprüfung der Gesamtanlagendokumentation zu ermöglichen. Ein entsprechendes Informationsmodell existiert bisher noch nicht und muss entwickelt werden, um Prozesse zu automatisieren und Informationen automatisiert verarbeiten zu können.

Existierende Werkzeuge konzentrieren sich im Lebenszyklus verfahrenstechnischer Anlagen auf die frühen Lebenszyklusphasen wie Entwicklung und Herstellung. Dadurch werden die benötigte Daten-, Informationen und Dokumente in den dieser Werkzeuge zu Grunde liegenden Datenschemata nicht berücksichtigt und eine Anpassung ist mit hohen Kosten verbunden, die für KMU nicht zu leisten ist.

Es soll innerhalb dieser Arbeit untersucht werden, ob und wie weit das erarbeitete Konzept mit Hilfe bereits existierender Softwaresysteme umgesetzt werden kann.

## 1.3 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit hat einen starken Praxisbezug, der aus dem Anwendungsbereich entsteht, in dem sich diese Arbeit bewegt. Sie ist daher in die anwendungsorientierte Forschung einzuordnen. Für das Vorgehen bei anwendungsorientierten Forschungsthemen eignet sich das Vorgehensmodell nach [DP84], das für angewandte Wissenschaften in Theorie- und Praxisbezug angewandt werden kann.

Dieses Vorgehensmodell beginnt in der Praxis und endet dort. Der Hauptfokus der wissenschaftlichen Arbeit liegt in der Untersuchung des Anwendungszusammenhangs. Die Praxis ist in den Phasen 1, 4, 6 und 7 wesentlicher Bestandteil des Forschungsprozesses. In der Phase 2 wird in der anwendungsorientierten Forschung im Allgemeinen nicht nur eine Grundlagenwissenschaft betrachtet, sondern vielmehr eine Vielzahl verschiedener Disziplinen. Das gesamte Vorgehensmodell ist in Abbildung 1.2 dargestellt. Dieses Vorgehensmodell kann in Iterationen durchgeführt werden, um die gewonnenen Erkenntnisse weiter zu verbessern.

Diese Arbeit stellt eine Iteration dieses Vorgehensmodells dar und wurde in den in Abbildung 1.3 dargestellten sieben Schritten durchgeführt.

In Kapitel 1 wird die vorliegende Arbeit motiviert und die Notwendigkeit von digitalen Lebenslaufakten für verfahrenstechnische Anlagen in einer Problemdefinition erläutert. Diese war die Grundlage für die Ableitung einer Zielstellung und wissenschaftlichen Hypothese,

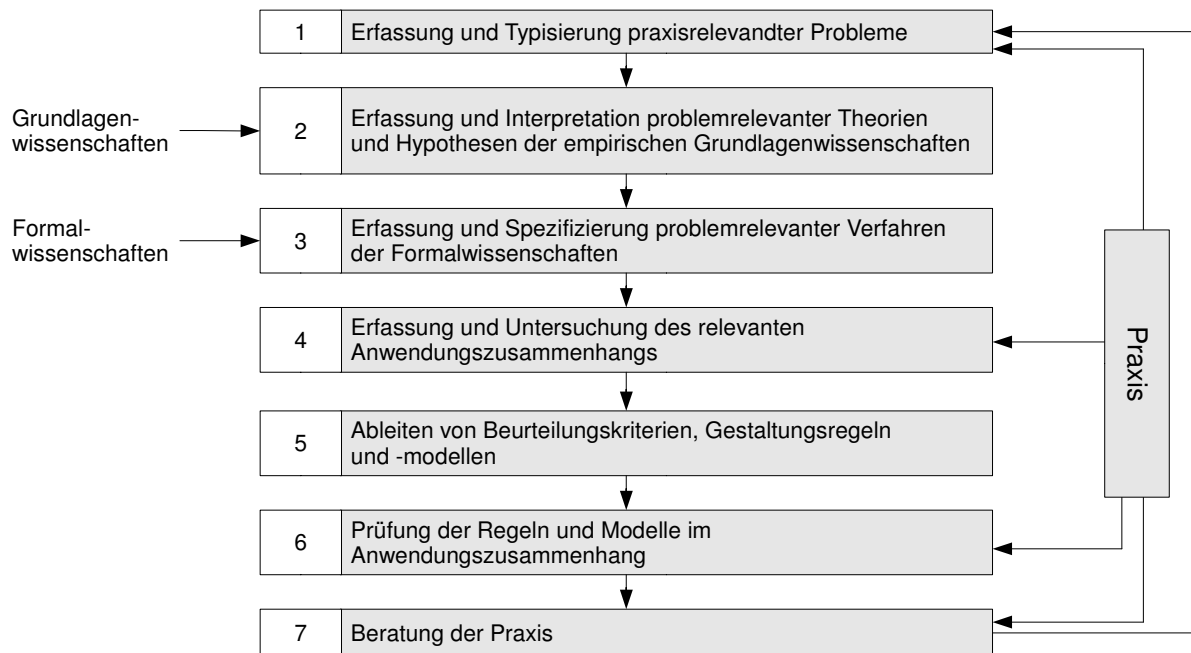


Abbildung 1.2: Vorgehensmodell in der angewandten Wissenschaft in Theorie- und Praxisbezug nach [DP84]

die in dieser Arbeit untersucht werden soll. Im Anschluss daran wurde das Vorgehensmodell nach [DP84] für angewandte Forschung vorgestellt, das in dieser Arbeit verwendet wird.

Zur effizienten Unterstützung des Betriebes verfahrenstechnischer Anlage müssen unterschiedliche Aspekte berücksichtigt werden. Diese werden in Kapitel 2 vorgestellt und existierende Modelle, Methoden und Werkzeuge vorgestellt und bewertet. Das Ziel dieser Analysen liegt in der Spezifikation von Anforderungen an digitale Lebenslaufakte, die ebenfalls in diesem Kapitel vorgestellt werden. Die detaillierte Beschreibung der durchgeführten Anforderungsanalyse ist in Anhang A dargestellt.

In Kapitel 3 werden mögliche Realisierungsstrategien vorgestellt, um das Konzept der digitalen Lebenslaufakte zu erarbeiten und dieses umzusetzen. Entsprechende Vorgehensmodelle werden vorgestellt und diskutiert und die Notation der Modellierungssprache vorgestellt. Da in dieser Arbeit eine Werkzeugunterstützung entwickelt werden soll, werden mögliche Ansätze zur Systemanpassung und -einführung vorgestellt. Den Abschluss des Kapitels bildet die Abgrenzung dieser Arbeit zu verwandten Arbeiten.

Im Kapitel 4 wird das auf Basis den Ergebnissen der durchgeführten Anforderungsanalyse das erarbeitete Konzept der digitalen Lebenslaufakte vorgestellt. Dazu werden zunächst Anwendungsfälle die spezifizierten Prozesse mit Unterstützung durch digitale Lebenslaufakte erläutert. Basierend auf den in diesen Prozessen benötigten Daten, Informationen und Dokumenten wird das in dieser Arbeit entwickelte Informationsmodell beschrieben, das die benötigten Daten, Informationen und Dokumente abbildet, strukturiert und miteinander vernetzt und Anforderungen bezüglich der Gesamtdokumentation einer Anlage abbildet.

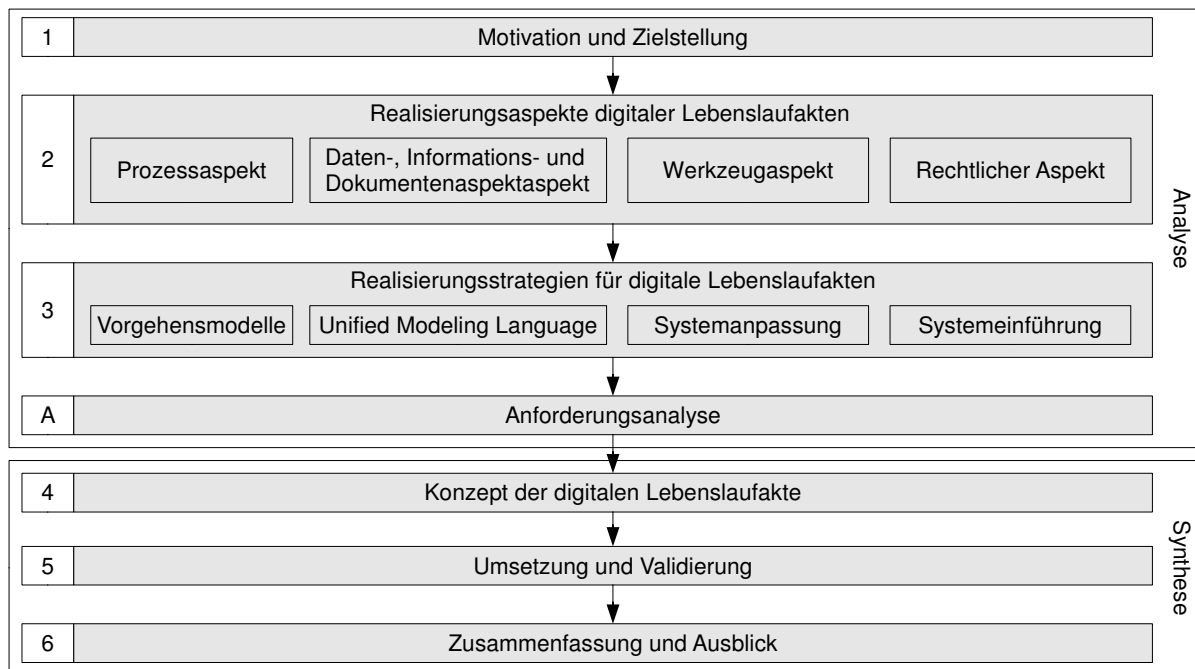


Abbildung 1.3: Vorgehensweise dieser Arbeit

In Kapitel 5 wird das in Kapitel 4 erarbeitete Konzept digitaler Lebenslaufakten für eine konkrete Anlage auf Basis bereits existierender Softwaresysteme umgesetzt. Dazu werden zunächst mögliche Systemklassen für die Umsetzung analysiert und bewertet. Zwei Systemklassen werden für die Umsetzung ausgewählt, um zu validieren, ob und wie weit das erarbeitete Konzept mit verschiedenen Systemklassen umgesetzt werden kann. Dann wird die Anlage, für die das erarbeitete Konzept angewendet und umgesetzt werden soll, vorgestellt. Im Anschluss wird die Umsetzung mit zwei Systemen aus den beiden ausgewählten Systemklassen detailliert beschrieben.

Den Abschluss dieser Arbeit stellt das Kapitel 6 dar, in dem diese Arbeit zusammengefasst wird und ein Ausblick auf weitere Arbeiten gegeben wird.

## Kapitel 2

# Realisierungsaspekte digitaler Lebenslaufakten

Digitale Lebenslaufakten können den Betrieb verfahrenstechnischer Anlagen unterstützen und effektiver gestalten. Dazu müssen digitale Lebenslaufakten erforderliche Daten und Informationen sowie benötigte Funktionalitäten bereitstellen, mit denen die Betriebsprozesse unterstützt werden können. Dieses Kapitel hat das Ziel, unterschiedliche Aspekte, die bei der Realisierung digitaler Lebenslaufakten berücksichtigt werden müssen zu analysieren und Anforderungen an digitale Lebenslaufakten zu spezifizieren. Dazu werden zunächst die einzelnen Aspekte detailliert untersucht. Den Abschluss des Kapitels bildet eine Zusammenstellung der analysierten Anforderungen an digitale Lebenslaufakten und eine Zusammenfassung dieses Kapitels.

### 2.1 Prozessaspekt

Bei der Realisierung digitaler Lebenslaufakten müssen unterschiedliche Prozesse betrachtet werden. So unterliegt eine verfahrenstechnische Anlage einem Anlagenlebenszyklus. Innerhalb des Anlagenlebenszyklus werden verschiedene Geschäftsprozesse durchgeführt. In diesen Geschäftsprozessen werden verschiedene Dokumente erzeugt beziehungsweise benötigt. Um die Qualität dieser Dokumente sicher zu stellen, können Freigabeprozesse eingesetzt werden.

#### 2.1.1 Anlagenlebenszyklus

Eine verfahrenstechnische Anlage durchläuft wie jedes Produkt einen Lebenszyklus. Ein Produktlebenszyklus ist der »*Zeitabschnitt von der ersten Idee bis zur endgültigen Entsorgung des Produktes*« [DIN ISO 15226]. Das Produkt bestimmt die weitere Unterteilung der einzelnen Phasen des Produktlebenszyklus. Ein sehr grober und verallgemeinerter Lebenszyklus, der für alle Produkte gilt, ist in Anlehnung an [DIN ISO 15226] in die Phasen der Planung, Entwicklung/Konstruktion, Herstellung, Test/Inbetriebnahme, Betrieb und Entsorgung eingeteilt. Für eine verfahrenstechnische Anlage kann dieser allgemeine Produktlebenszyklus in den

in [DIN 28000-1] beschriebenen Anlagenlebenszyklus untersetzt werden. Dieser Lebenszyklus ist in Abbildung 2.1 dargestellt.

In Abbildung 2.1 sind alle Tätigkeiten über den gesamten Lebenszyklus dargestellt, die nötig sind, um die Anlage zu realisieren, zu betreiben, und zu entsorgen. Die einzelnen Phasen des Anlagenlebenszyklus finden nicht, wie im Bild zur Vereinfachung dargestellt, hintereinander statt, sondern werden nacheinander in mehreren Zyklen durchlaufen. Neben der Wiederholung der Lebensphasen ist ein Überschneiden möglich, da insbesondere bei der Konstruktion und Entwicklung verschiedene Schritte parallel durchgeführt werden können. Diese werden lediglich zur Übersichtlichkeit linear dargestellt [OFF<sup>+</sup>13].

Der Fokus der vorliegenden Arbeit richtet sich auf die Betriebsphase. Innerhalb dieser Phase und des gesamten Anlagenlebenszyklus werden verschiedene Geschäftsprozesse durchgeführt.

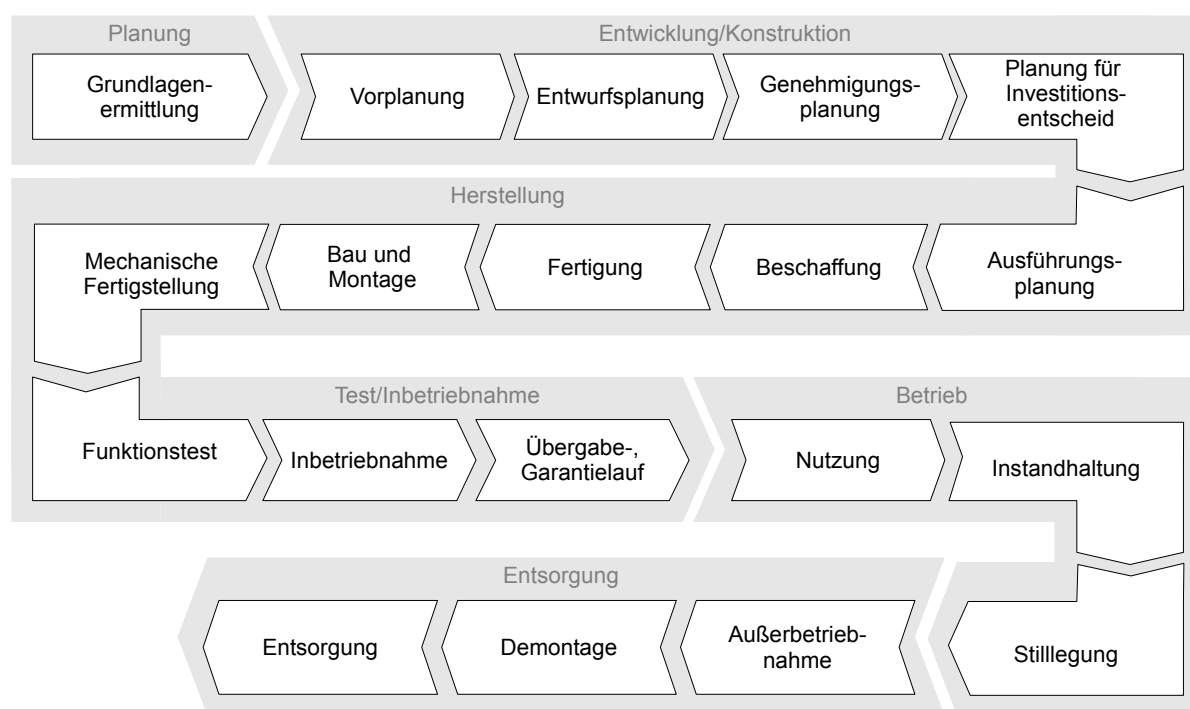


Abbildung 2.1: Lebenszyklus einer verfahrenstechnischen Anlage in Anlehnung an [DIN 28000-1] und [DIN ISO 15226]

## 2.1.2 Geschäftsprozesse

»Allgemein ist ein Geschäftsprozess eine zusammengehörende Abfolge von Unternehmensverrichtungen zum Zweck einer Leistungserstellung. Ausgang und Ergebnis des Geschäftsprozesses ist eine Leistung, die von einem internen und externen 'Kunden' angefordert und abgenommen wird« [Sch02a].

Geschäftsprozesse beschreiben im Allgemeinen eine Abfolge von Tätigkeiten, die schrittweise ausgeführt werden, um ein geschäftliches Ziel zu erreichen. Ein Geschäftsprozess kann



dabei Teil eines anderen Geschäftsprozesses sein oder andere Geschäftsprozesse enthalten beziehungsweise diese anstoßen. Prinzipiell werden Geschäftsprozesse über Organisationseinheiten von Unternehmen und Unternehmensgrenzen hinweg ausgeführt und gehören zur Ablauforganisation eines Unternehmens [Sch02a, Gad09, NV14].

Im Allgemeinen werden für die Durchführung von Geschäftsprozessen vielfältigste Daten, Informationen und Dokumente benötigt, welche entsprechend aufbereitet und für die Prozessdurchführung zur Verfügung gestellt werden müssen [FG08b]. Im Ergebnis der Ausführung stehen entsprechende Daten, Informationen und Dokumente, mit welchen unter anderem diese Ergebnisse dokumentiert werden, wie in Abbildung 2.2 dargestellt.

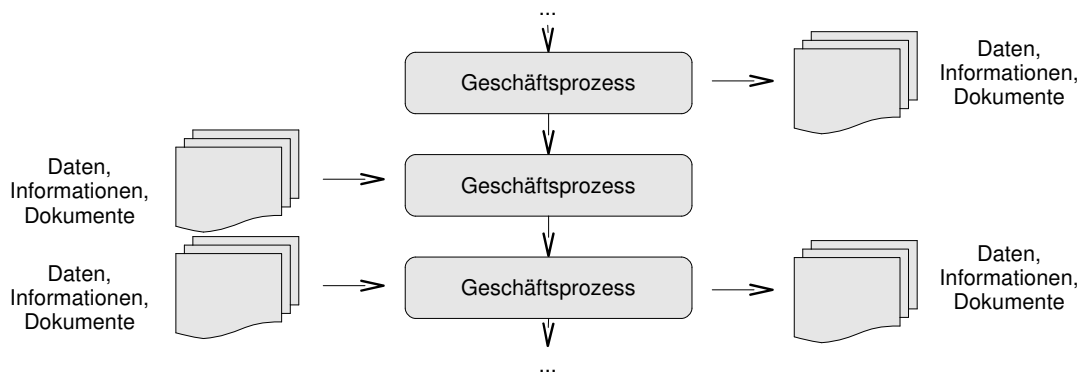


Abbildung 2.2: Erzeugung und Verwendung von Daten, Informationen und Dokumenten in Geschäftsprozessen

Diese Arbeit konzentriert sich auf Geschäftsprozesse, die in der Betriebsphase verfahrenstechnischer Anlagen durchgeführt werden wie beispielsweise Prüfungen durch zugelassene Überwachungsstellen oder Dokumentationsprozesse. In dieser Arbeit wurden Geschäftsprozesse aus diesen Bereichen analysiert und deren Schwachstellen identifiziert und mögliche Handlungsfelder abgeleitet. Die Vorgehensweise bei der durchgeführten Analyse und die erzielten Ergebnisse dieser Analysen sind in A detailliert dargestellt. Die Ergebnisse der Ist-Analyse haben aufgezeigt, dass vielfältigste Geschäftsprozesse in den Anlagenlebenszyklusphasen »Auslegung«, »Fertigung«, »Montage« und vor allem im »Betrieb« durchgeführt werden, wobei eine große Anzahl an unterschiedlichsten Anlagendaten in den verschiedensten Formaten erzeugt, bereitgestellt und genutzt werden [Hän06]. Generell kann gesagt werden, dass die Anforderungen der Nutzer an die benötigten Informationen zur Umsetzung der Geschäftsprozesse nicht angemessen erfüllt werden [LH14]. Zusammenfassend wurden in den Expertengesprächen folgende Handlungsfelder bezüglich der analysierten Geschäftsprozesse identifiziert:

**Vereinheitlichte und durchgängige Dokumentation:** Aufgrund der separaten Betrachtung der Geschäftsprozesse in den einzelnen Lebenszyklusphasen werden Ergebnisse unterschiedlich in ihrer Art und Weise dokumentiert. Um die im Lebenszyklus einer Anlage anfallenden Daten, Informationen und Dokumente effizient und effektiv nutzen zu können, muss hier eine Vereinheitlichung angestrebt werden. So werden beispielsweise Prüf- oder Instandhaltungsberichte je nach auszuführendem Unternehmen anders dokumentiert, was eine spätere maschinelle Verarbeitung der Informationen in den Dokumenten, wie sie

beispielsweise für eine Zustandsbewertung erforderlich wäre, schwierig gestaltet. Ebenso sollte die Dokumentation lückenlos sein [LFG13].

**Dokumentation getroffener Entscheidungen über das Ergebnis hinaus:** Werden im Rahmen von Geschäftsprozesse spezielle Entscheidungen getroffen, werden diese heute nur von ihrem Ergebnis her dokumentiert. Da in der Regel aber nicht mit dokumentiert wird, wie die Informationslage zur Entscheidungsfindung geführt hat, sind Entscheidungen im Nachgang nur bedingt nachvollziehbar oder auch begründbar. So wird beispielsweise bei der Entscheidung über eine Prüffristenverlängerung zum Teil nur die Entscheidung dokumentiert, aber nicht die Grundlage, die zu dieser Entscheidung geführt hat, so dass diese im Schadensfall nur schwer nachvollziehbar ist.

**Ablage von Informationen und Dokumenten in digitaler Form:** Die Dokumentation der Ergebnisse durchgeführter Geschäftsprozesse erfolgt heute in der Regel in Papier-Form, was die Weiternutzung dieser Ergebnisse für anderen Aufgaben beispielsweise zur Entscheidungsfindung problematisch gestaltet. Hierzu gehört auch die digitale Abbildung von Prüfungen, um so die Qualität durchgeführter Prüfungen sicherzustellen und effizient auf Prüfergebnisse zugreifen zu können [Sim13].

**Sicherstellung der Qualität von Dokumenten:** Dokumente liegen in unterschiedlichsten Qualitätsstufen vor. Dies betrifft Merkmale wie Verständlichkeit, Genauigkeit und Widerspruchsfreiheit, Aktualität oder Vollständigkeit. Eine gewisse Mindestqualität der Dokumente muss sichergestellt werden, so dass die in den Dokumenten enthaltenen Informationen auch weiter genutzt werden können. Idealerweise sollten die Informationen in strukturierter Form vorliegen, um automatisiert weiterverarbeitet werden zu können.

**Formalisierung von Anforderungen an eine Anlagendokumentation:** Es existieren viele Rechtsquellen, die Anforderungen an eine Anlagendokumentation spezifizieren. Dabei existieren Anforderungen, die für alle Anlagen gleichermaßen gelten, Anforderungen, die nur für spezielle Anlagenarten gelten, und innerhalb der verschiedenen Unternehmen existieren Anforderungen, die eine Anlagendokumentation erfüllen muss. Diese Anforderungen sollten formalisiert und zusammengetragen werden, so dass überprüft und sichergestellt werden kann, dass eine Dokumentation sowohl den gesetzlichen und als auch den unternehmensspezifischen Anforderungen entspricht.

**Effizientes Finden von Daten, Informationen und Dokumenten:** Innerhalb der Lebenszyklusphase Betrieb werden viele Daten, Informationen und Dokumente benötigt. Es sollten Möglichkeiten bereit gestellt werden, mit denen die an den verschiedenen Geschäftsprozessen Beteiligten benötigte Informationen effizient finden. Derzeit nimmt das Zusammentragen benötigter Informationen viel Zeit ein. Hier liegt ein großes Optimierungs- und damit Einsparpotential in den Prozessen.

**Querverweise zu geltenden Rechtsquellen:** Innerhalb der Lebenszyklusphase Betrieb existieren verschiedenen Daten, Informationen und Dokumente, die Anforderungen aus Rechtsquellen erfüllen müssen. Der Bezug zu diesen Rechtsquellen muss hergestellt werden, um nachweisen zu können, welche geltenden Rechtsquellen beachtet wurden. So müssen beispielsweise bei der Durchführung von Prüfungen die Richtlinien, die zum Beispiel bei dem Prüfverfahren eingesetzt wurden, mit dokumentiert werden

**Sicherung von Erfahrungswissen:** Die Sicherung von Erfahrungswissen erfolgt heute, wenn überhaupt in der Regel auf Papier, was beispielsweise die Nachvollziehbarkeit von

Entscheidungen aus der Vergangenheit schwierig gestaltet. Ferner werden heute kundenindividuelle Methoden und eingesetzte Werkzeuge und das darin enthaltende Prozess-Know-how nur bedingt so aufbereitet, dass dieses in anderen Anwendungen oder anderen Beteiligten genutzt werden kann. Auf diese Weise lassen sich einmal gemachte Erfahrungen nur begrenzt weiternutzen. Hier wäre eine Sicherung des Erfahrungswissens sinnvoll, um die Geschäftsprozesse effektiver zu gestalten [MHE<sup>+</sup>07].

**Ganzheitliche Betrachtung des Anlagenlebenszyklus:** Die entsprechenden Geschäftsprozesse lassen sich alle einzelnen Lebenszyklusphasen zuordnen und werden in diesen Phasen von jeweiligen Spezialisten ausgeführt. Eine übergreifende Betrachtung vor allem bezogen auf die Anlagendaten findet derzeit nur bedingt statt, so dass Informationen, die in späten Lebenszyklusphasen wie dem Betrieb erforderlich sind, nicht oder nur teilweise zur Verfügung stehen. Es sollte schon in frühen Lebenszyklusphasen darauf geachtet werden, Daten, Informationen und Dokumente für die späteren Lebenszyklusphasen zusammenzustellen und weiterzugeben. So werden beispielsweise die Non-Conformity-Reports, die in der Montage- bzw. Bauüberwachung erstellt werden, nicht oder nur teilweise an die Beteiligten der Lebenszyklusphase Betrieb weiter gegeben, obwohl mit Hilfe dieser Dokumente eine genauere Bewertung des Anlagenzustands möglich wäre.

Das in dieser Arbeit erstellte Soll-Konzept soll diese Handlungsfelder adressieren und Lösung für auftretende Probleme darstellen.

### 2.1.3 Freigabeprozesse

Das Freigabewesen ist nach [Mül07a, ES09] ein wesentlicher Prozess, mit dem die Anforderungen kürzere Durchlaufzeiten, Kostensenkung und Qualität erfüllt werden können. Das Freigabewesen wird häufig in den frühen Lebenszyklusphasen von Anlagen eingesetzt. Da jedoch die genannten Anforderungen auch in der Lebenszyklusphase *Betrieb* erfüllt werden müssen, sollten entsprechende Freigabeprozesse auch in dieser Lebenszyklusphase eingesetzt werden. Die einzelnen Schritte eines Freigabeprozesses können dabei auf ein ganzes Unternehmen verteilt werden und externe Beteiligte wie beispielsweise externe Instandhaltungsdienstleister einbinden [ES09]. Mit einer Freigabe werden Dokumente oder Stammdaten von Erzeugnissen nach einer eingehenden Prüfung für die Nutzung frei gegeben und somit genehmigt [ES09]. Alle Schritte, die erforderlich sind, um beispielsweise Dokumente oder Stammdaten von Erzeugnissen in einen bestimmten Zustand zu bringen, werden in Freigabeprozessen gebündelt. Ein Freigabeprozess besteht nach [ES09] aus drei Phasen mit entsprechenden Übergängen. Diese sind in Abbildung 2.3 dargestellt.

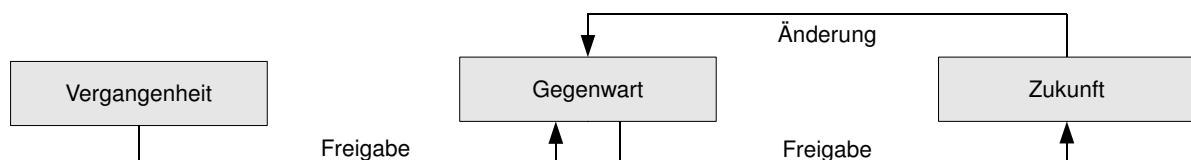


Abbildung 2.3: Phasen von Freigabeprozessen nach [ES09]

In der Phase *Vergangenheit* befinden sich alte Versionen. In der Phase *Gegenwart* befindet sich der aktuelle Stand und in der Phase *Zukunft* werden Änderungen durchgeführt. Um von der Phase *Vergangenheit* in die Phase *Gegenwart* beziehungsweise von der Phase *Gegenwart* in die Phase *Zukunft* zu kommen, muss eine Freigabegenehmigung erfolgen. Von der *Zukunft* in die Phase *Gegenwart* muss eine Änderung vorgenommen werden. Der Übergang der Phase *Gegenwart* in die Phase *Vergangenheit* ist nicht gestattet [ES09].

Der Zustand, der durch eine Freigabe erreicht wird, beschreibt den Status des freizugebenden Objektes wie beispielsweise »*Abgeschlossen*«, »*In Prüfung*« oder »*Abgebrochen*«. In einem Freigabeprozess kann das freizugebende Objekt mehrere Zustände annehmen [ES09]. Mit Hilfe von Prüfabläufen werden Zustandsübergänge gesteuert [ES09].

## 2.2 Daten-, Informations- und Dokumentenaspekt

Die Durchführung von Geschäftsprozessen in der Lebenszyklusphase *Betrieb* benötigt aktuelle Daten, Informationen und Dokumente der Anlage. Nur so können beispielsweise vorbeugende Instandhaltungsstrategien angewandt oder eine Prüffristenverlängerung umgesetzt werden. Dabei gilt es auch, die Daten, Informationen und Dokumente der einzelnen Bestandteile der Anlage aktuell zu halten. Die Beziehung dieser Bestandteile untereinander kann beispielsweise in Produktstrukturen abgebildet werden [EHS<sup>+</sup>91]. Alle Informationen über ein Produkt können in Produktmodellen zusammengefasst werden [End01, Los06].

### 2.2.1 Produktmodelle und -strukturen

Produktmodelle dienen nach [PPH<sup>+</sup>95] dazu, für den Produktlebenszyklus relevante Informationen digital abzubilden. In einem Produktmodell werden Produkteigenschaften abgebildet und zusammengefasst [Böc13]. Es können einzelne Produktmodelle für unterschiedliche Anwendungsgebiete erstellt werden, beispielsweise ein Produktmodell für verfahrenstechnische Zusammenhänge oder ein Produktmodell mit instandhaltungsspezifischen Eigenschaften. Sollen alle Eigenschaften eines Produktes in einem Modell abgebildet werden, wird vom integrierten Produktmodell gesprochen [End01]. Nach [ADE<sup>+</sup>11] dienen integrierte Produktmodelle dazu, den am Produktlebenszyklus beteiligten Akteuren alle erforderlichen Informationen zur Verfügung zu stellen und somit ihr Informationsbedürfnis zu befriedigen. Integrierte Produktmodelle müssen nach [GAP93] folgende Anforderungen erfüllen:

- Abbildung aller relevanten Produktinformationen aus allen Produktlebenszyklusphasen
- Abbildung verschiedener physikalischer Eigenschaften des Produktes
- Berücksichtigung der Sichtweise des Anwendungsgebietes

Um ein konkretes Produktmodell zu entwickeln, ist eine entsprechende Methode erforderlich. In [GAP93] wird eine Entwicklungsmethode vorgeschlagen, bei der ausgehend von einer abstrakten Produktmodellspezifikation dieses schrittweise verfeinert wird. Mit dem ISO-Standard 10303 for the Exchange of Product model data (STEP) steht eine Methode zur Produktmodellspezifikation zur Verfügung [AT00].

Ein Produktmodell besteht nach [ES09] zum einen aus Produktstruktur und Produktstammsatz und zum anderen aus Dokumentenstrukturen und Dokumente. Dabei ist nach [ADE<sup>+</sup>11] die Produktstruktur das Kernstück des Produktmodells. Je nach Sichtweise können für Anlagen unterschiedliche Strukturen erforderlich sein. Nach [DIN EN 81346-1] wird in folgende Strukturen unterschieden:

- funktionsbezogene Strukturen,
- produktbezogene Strukturen und
- ortsbezogene Strukturen

Eine funktionsbezogene Struktur bildet die Funktion, also den Zweck, einer Anlage ab. Sie unterteilt die Anlage hierarchisch in Funktionskomponenten ohne ortsbezogene Informationen oder Komponentenbezogene Informationen, mit denen die Funktion realisiert werden kann, abzubilden [DIN EN 81346-1]. Ein Beispiel für eine funktionsbezogene Struktur ist in Abbildung 2.4 dargestellt.

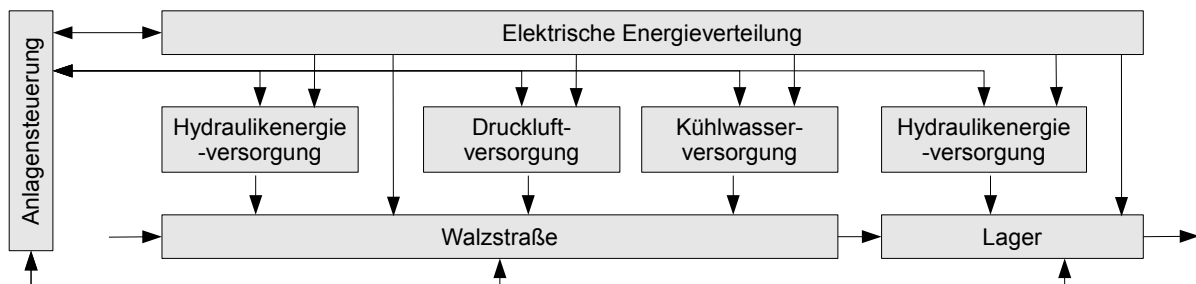


Abbildung 2.4: Beispiel einer funktionsbezogenen Struktur [DIN EN 81346-1]

Eine produktbezogene Struktur bildet die Hierarchie ab, in der eine Anlage realisiert, zusammengesetzt oder geliefert wird ab. Dabei werden die einzelnen Komponenten dargestellt und auf die Abbildung der Funktion oder ortsbezogener Eigenschaften verzichtet [DIN EN 81346-1]. Ein Beispiel für eine produktbezogene Struktur ist in Abbildung 2.5 dargestellt.

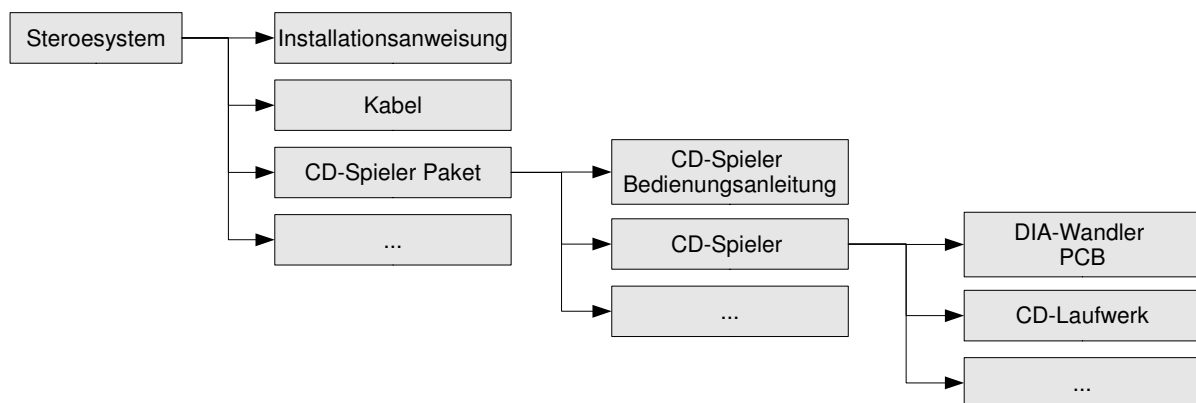


Abbildung 2.5: Beispiel einer produktbezogenen Struktur [DIN EN 81346-1]

Eine ortsbezogene Struktur bildet die topografische Anordnung einer Anlage oder der Umgebung, in der sich die Anlage befindet, ab. Dabei werden die ortsbezogenen Aspekte dargestellt und auf die Abbildung der Funktion oder produktbezogenen Eigenschaften verzichtet [DIN EN 81346-1]. Beispiele für Ortsangaben sind nach [DIN EN 81346-1]:

- Gelände,
- Gebäude
- Etagen,
- Koordinaten oder
- Raumnummern

Ein Beispiel für eine ortsbezogene Struktur ist in Abbildung 2.6 dargestellt.

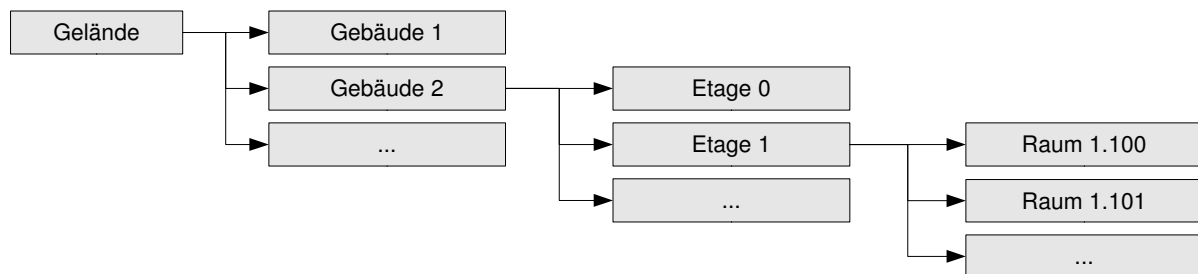


Abbildung 2.6: Beispiel einer ortsbezogenen Struktur [DIN EN 81346-1]

### 2.2.2 Nummern- und Klassifikationssysteme

Nummern- und Klassifikationssysteme sind eine Voraussetzung für eine eindeutige Benennung und Klassifikation von Elementen in Produktmodellen und Produktstrukturen [ADE<sup>+</sup>11]. Um Elemente in Produktmodellen mit Hilfe von Informationstechnologien automatisiert verarbeiten zu können, müssen die einzelnen Elemente mit Hilfe von Nummernsystemen eindeutig identifiziert werden können [ADE<sup>+</sup>11]. Wenn Kurzbezeichnungen für Anlagenkomponenten oder Dokumente aus Folgen von Ziffer, Buchstaben und Sonderzeichen nach einer bestimmten Systematik gebildet werden, wird diese Systematik als Nummernsystem bezeichnet [ADE<sup>+</sup>11]. Nach [ADE<sup>+</sup>11] werden Nummernsysteme für die folgenden Zielstellungen verwendet:

- Vereinfachung der Informationsverarbeitung
- Vereinfachung der Ablauforganisation
- Verbesserung der Kommunikation zwischen Unternehmensbereichen, Kunden und Lieferanten
- Verbesserung des Ordnungswesens
- Reduzierung von Personalkosten
- Reduzierung von Änderungen
- Verbesserung technischer Einrichtungen

Damit Identifikationsnummern die Aufgaben Identifikation, Klassifikation, Information und Kontrolle übernehmen können, muss die Nummer eindeutig, vollständig und während der Lebensdauer des nummerierten Elementes unveränderlich sein [ES09, ADE<sup>+</sup>11].

Nach wird zwischen Verbund- und Parallelnummern unterschieden. Verbundnummern bestehen aus einer Klassifikationsnummer und einer Zählnummer und ergeben zusammengesetzt die Identifikationsnummer. Bei Parallelnummern wird die Zählnummer von der Klassifikationsnummer getrennt, so dass eine Parallelnummer aus zwei Nummern besteht, die unabhängig voneinander existieren, aber nur gemeinsam die Anforderungen nach [DIN 6763] an ein Nummernsystem erfüllen. Ein Beispiel für ein Verbund- und ein Parallelnummernsystem ist in Abbildung 2.7 dargestellt. Parallelnummern eignen sich besonders für die elektronische Datenverarbeitung, da ihr Zahlenraum nicht eingeschränkt ist. Verbundnummern sollten bei manueller Datenverarbeitung eingesetzt werden, jedoch wird im Maschinen- und Anlagenbau häufig ein Verbundnummernsystem eingesetzt. [ES09, ADE<sup>+</sup>11]

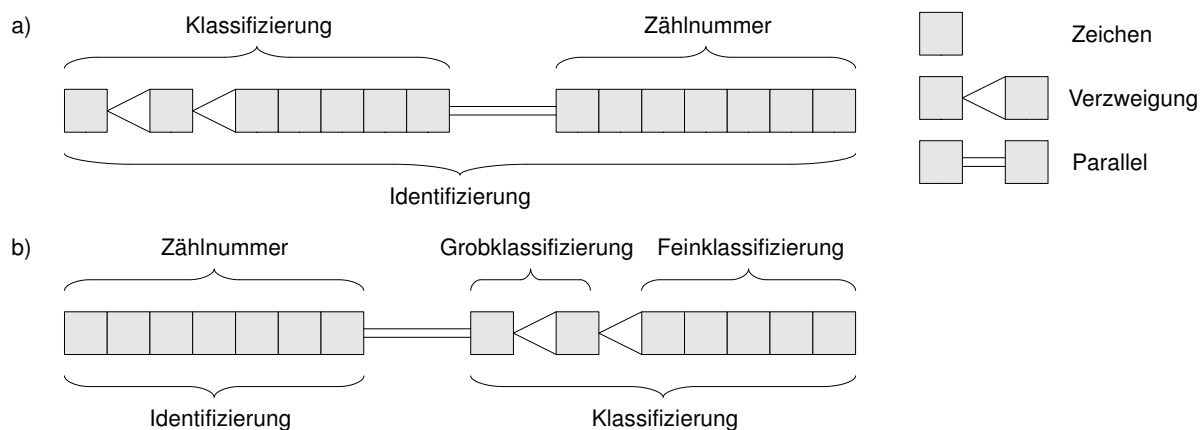


Abbildung 2.7: Aufbau von Nummernsystemen a) Verbundnummernsystem b) Parallelnummernsystem [ES09, ADE<sup>+</sup>11]

Aufbauend auf Nummernsysteme werden Klassifikationssysteme eingesetzt, um das Finden von Informationen zu erleichtern [ADE<sup>+</sup>11]. Bei der Klassifikation werden Objekte an Hand von vordefinierten Eigenschaften zu Klassen, Gruppen oder Familien zugeordnet [ADE<sup>+</sup>11]. Mit Klassifikationssystemen werden nach [ADE<sup>+</sup>11] folgende Aufgaben erledigt:

- Strukturierung von großen Datenmengen
- Bereitstellung umfangreicher Suchmöglichkeiten
- Standardisierung der Beschreibung von Gegenständen
- Reduzierung der Teilevielfalt

Durch Klassifikationssysteme ist es möglich, in großen Datenbeständen nach bestimmten Eigenschaften zu suchen und somit die Zeit zum Finden benötigter Informationen zu verkürzen. Zur Klassifikation werden Klassifizierungsnummern vergeben. Klassifikationssysteme werden in nicht-hierarchische, hierarchische und hybride Systeme unterschieden. Bei

nicht-hierarchischen Klassifizierungssystemen sind die einzelnen Schlüssel nicht voneinander abhängig. In Abbildung 2.8 ist ein nicht-hierarchisches Klassifikationssystem dargestellt. Die zweite Stelle des Schlüssels ist dabei unabhängig von der ersten Stelle. Ob es sich um ein eigen- oder fremdgefertigtes Teil handelt ist nicht abhängig davon, ob es ein leichtes oder schweres Teil ist. [ES09, ADE<sup>+</sup>11]

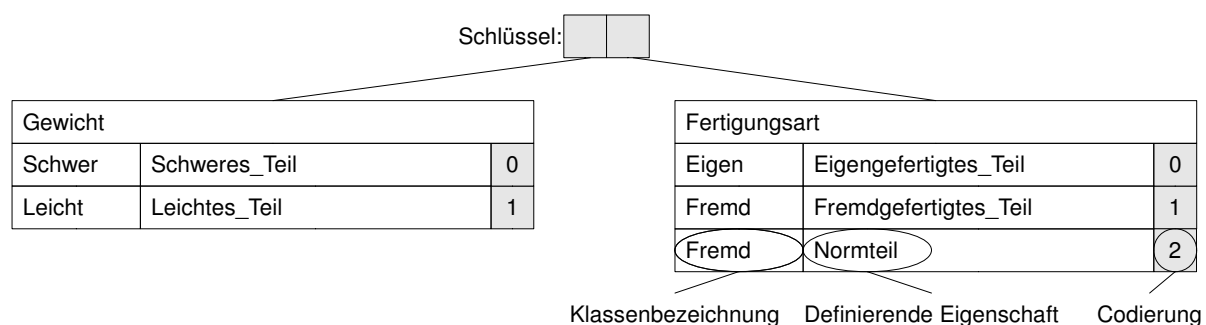


Abbildung 2.8: Nicht-hierarchisches Klassifikationssystem [ES09, ADE<sup>+</sup>11]

Bei hierarchischen Klassifikationssystemen hängen die einzelnen Stellen des Schlüssels voneinander ab. In Abbildung 2.9 ist ein hierarchisches Klassifikationssystem dargestellt. Nach diesem Klassifikationssystem kann ein Teil vom Teiletyp Gehäuse nur ein fremdgefertigtes Teil sein oder ein Normteil kann nur eine Schraube sein. Hierarchische Klassifikationssysteme sind von der Eigenschaft der Klassifikationstiefe geprägt. Als Klassifikationstiefe wird die Anzahl der Hierarchieebenen verstanden. Eine hohe Klassifikationstiefe lässt eine sehr exakte Beschreibung der zu klassifizierenden Objekte zu und die Anzahl der Objekte einer Klasse ist in der Regel klein und somit schnell überschaubar. Nachteil einer hohen Klassifikationstiefe ist zum einen der Aufwand für die Vergabe des Schlüssels und zum anderen der Pflegeaufwand des Klassifikationssystems. [ES09, ADE<sup>+</sup>11]

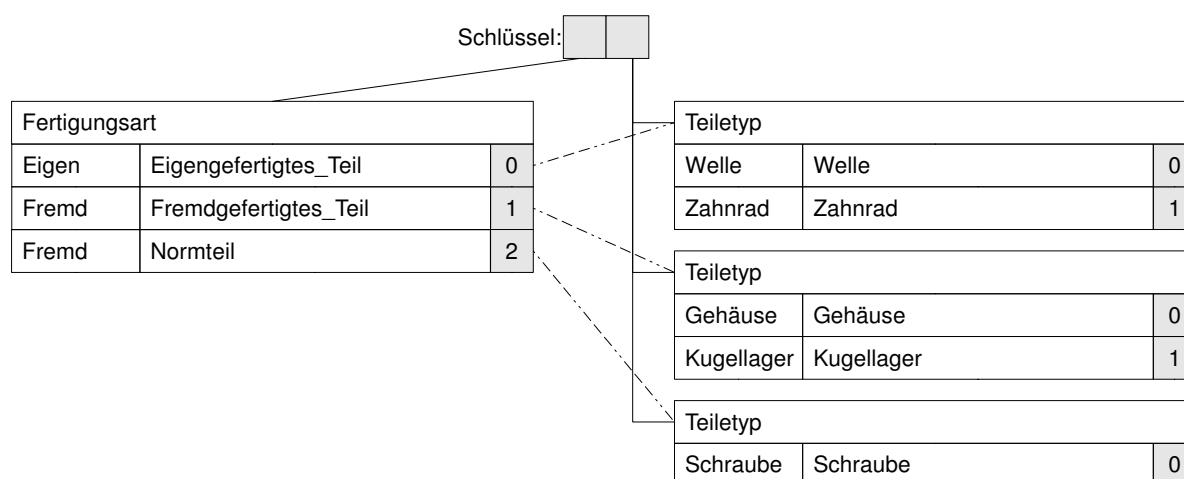


Abbildung 2.9: Hierarchisches Klassifikationssystem [ES09, ADE<sup>+</sup>11]



Die Mischform von nicht-hierarchischen und hierarchischen Klassifikationssystemen wird als hybride Klassifikationssysteme bezeichnet. Bei dieser Form sind Teile der Stellen des Klassifikationsschlüssels voneinander abhängig und einige Teile sind nicht voneinander abhängig. In Abbildung 2.10 ist ein hybrides Klassifikationssystem dargestellt. In diesem Beispiel hängt die zweite Stelle des Klassifikationsschlüssels von der ersten Stelle ab. Die dritte Stelle ist unabhängig von den ersten beiden Stellen. [ES09, ADE<sup>+</sup>11]

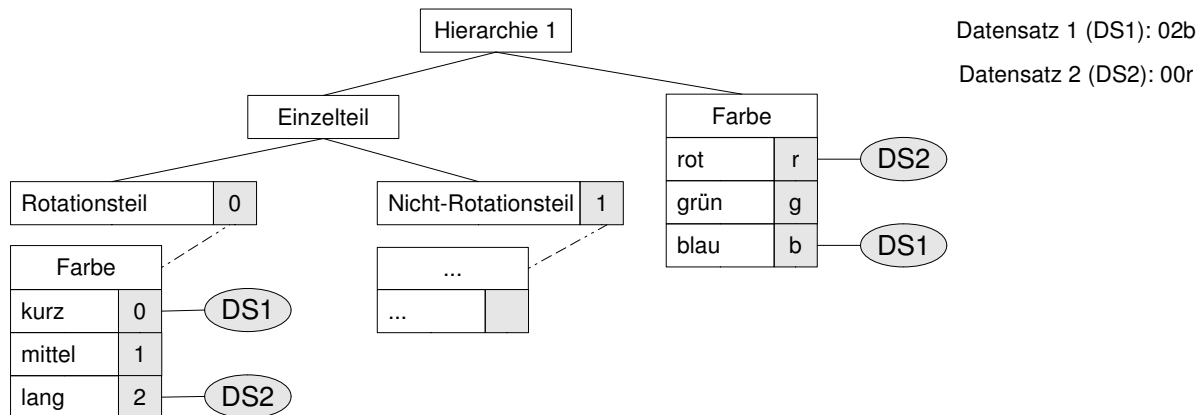


Abbildung 2.10: Hybrides Klassifikationssystem [ES09, ADE<sup>+</sup>11]

In der Vergangenheit wurden für unterschiedliche Aufgabenstellungen verschiedene Klassifikationssysteme entwickelt [ADE<sup>+</sup>11]. In der Branche des Maschinen- und Anlagenbaus werden häufig das Einzelteil-Verschlüsselungssystem von Opitz, das Klassifikationssystem eCl@ss oder Sachmerkmaleisten zum Aufbau eines Klassifikationssystems verwendet [ADE<sup>+</sup>11].

Das Einzelteil-Verschlüsselungssystem von Opitz wurde mit der Zielsetzung entwickelt, Wiederholteile zu identifizieren und Teilefamilien zu bilden und wird häufig im produzierenden Gewerbe eingesetzt. Zur Klassifikation dienen hauptsächlich Formeigenschaften. Dieses Verschlüsselungssystem ist ein hybrides Klassifikationssystem. Dabei werden Werkstücke im ersten Schritt in Rotations- und Nichtrotationssteile unterschieden. Im nächsten Schritt erfolgt eine Einteilung nach Abmessungsverhältnissen. Der Opitz-Schlüssel kann erhebliche Vorteile bieten, jedoch müssen Mehraufwände in Kauf genommen werden, da Objekte nur von fachkundigem Personal klassifiziert werden sollten. [ES01, GLW01, Sch02b, ADE<sup>+</sup>11]

Mit Hilfe von Sachmerkmaleisten werden Gegenstände mit gleichen Eigenschaften zusammengefasst. Diese Eigenschaften werden tabellarisch, mit oder ohne Codierung tabellarisch in einer Sachmerkmaleiste erfasst. Sachmerkmale sind nach DIN 4000 und DIN 4001 standardisiert und unterliegen im Allgemeinen keiner hierarchischen Ordnung. [ES09, ADE<sup>+</sup>11]

eCl@ss ist ein weiteres Klassifikationssystem und klassifiziert ein großes Spektrum industrieller Produkte. eCl@ss wurde zunächst von deutschen Unternehmen entwickelt, aber er etabliert sich langsam auch als internationaler Standard [TH08]. eCl@ss dient zum Informationsaustausch zwischen Lieferanten und Kunden. eCl@ss verwendet einen hierarchischen, vierstufigen Klassifikationsschlüssel. Die ersten drei Ebenen dieses Schlüssels repräsentieren Warengruppen. Auf der vierten Ebene werden zusätzlich zahlreiche Sachmerkmale definiert. Weitere Informa-

tionen zum Aufbau von eCl@ss sind in Anhang B zu finden. Grundlage für die in eCl@ss verwendeten Merkmalleisten und Sachmerkmale sind die DIN EN 61360, die Normenreihe ISO 13584 und die DIN 4000. eCl@ss wird häufig in elektronischen Einkaufssystemen verwendet, damit Einkäufern Produkte in den vielen Lieferanten-Katalogen schnell finden und vergleichen können. Bezogen auf digitale Lebenslaufakten kann eCl@ss beispielsweise in der Instandhaltung dazu dienen, benötigte Ersatzteile schnell zu identifizieren. [HE09, ADE<sup>+</sup>11]

### 2.2.3 Dokumentation von verfahrenstechnischen Anlagen

Hersteller von Anlagen sind gesetzlich dazu verpflichtet, eine Anlagendokumentation bereit zu stellen und zusammen mit der Anlage auszuliefern. Diese Dokumentation muss nach [Web08] rechtskonform und wirtschaftlich erstellt und gepflegt werden, um folgenden Aspekten gerecht zu werden:

- erhöhte Anforderungen an die Sicherheit, den Gesundheits- und Umweltschutz,
- relevante haftungs- und gewährleistungsrechtliche Gesichtspunkte,
- der zunehmend globalisierten Arbeitsteilung bei der Anlagenrealisierung,
- dem hohen Termin- und Kostendruck während der Projektentwicklung,
- der Herausforderung einer ganzheitlichen Qualitätssicherung im Anlagenbau und
- dem gestiegenen Informationsbedarf der Öffentlichkeit.

Die Dokumentation einer Anlage enthält wesentliche Informationen, um die Anlage sicher und wirtschaftlich betreiben zu können. Sie sollte deshalb stets aktuell und rechtssicher gehalten werden. Die Gesamtanlagendokumentation stellt somit eines der Kernstücke der Lebenslaufakte dar. Jedoch fehlen Regelwerke, die deren Inhalt festlegen.

Um Informationen in der Anlagendokumentation schnell zu finden, wird diese in einer Dokumentationsstruktur verwaltet. Dies gilt sowohl für die Dokumentation in Papierform als auch für die elektronische Variante, da auch hier häufig einzelne Dateien strukturiert abgespeichert werden müssen. Diese Struktur sollte hierarchisch aufgebaut werden. Ein Beispiel für eine hierarchisch aufgebaute Anlagendokumentation ist in Abbildung 2.8 dargestellt. [Web08]

Dabei wird die Anlagendokumentation zunächst in Hauptdokumentationen unterteilt. Jede Hauptdokumentation verzweigt sich in Teildokumentationen. Jede Teildokumentation wird in Dokumentarten unterteilt und in jeder Dokumentart befinden sich die eigentlichen Dokumente.

Hauptdokumentationen beinhalten Dokumente eigenständiger und großer Themenbereiche. Die Gesamtdokumentation einer Anlage gliedert sich in Anlehnung an [Web08] Hauptdokumentationen:

**Projektdokumentation:** Die Projektdokumentation beinhaltet alle Dokumente, die für die organisatorisch-administrative Abwicklung Errichtung einer Anlage bis zur Inbetriebnahme erarbeitet, verwaltet und abgelegt werden.

**Engineeringdokumentation:** Die Engineeringdokumentation umfasst alle Dokumente, die während der Anlagenplanung von Grundlagenermittlung bis zum Detail Engineering erarbeitet, verwaltet und abgelegt werden.

**Genehmigungsdokumentation:** Die Genehmigungsdokumentation besteht aus allen Dokumenten, die für die Beantragung, die Erteilung und den Erhaltung einer behördlichen Genehmigung zum Aufbau und dem Betrieb einer Anlage erforderlich sind und somit erstellt und abgelegt werden müssen.

**Beschaffungsdokumentation:** Die Beschaffungsdokumentation umfasst alle Dokumente, die für die Beschaffung der Lieferungen und Leistungen zur Anlagenrealisierung und gegebenenfalls zur Inbetriebnahme erarbeitet und abgelegt werden. Die Beschaffungsdokumentation wird auch als Einkaufsdokumentation bezeichnet.

**Anlagendokumentation:** Die Anlagendokumentation beinhaltet alle Dokumente, die zur technologischen, technischen, baulichen und sicherheitlichen Beschreibung der Anlage dienen.

**Betriebsdokumentation:** Die Betriebsdokumentation besteht aus allen Dokumenten, die zusätzlich zur Anlagendokumentation für die Inbetriebnahme, den Betrieb, die Überwachung und die Instandhaltung der Anlage nötig sind oder für Nachweiszwecke vorgehalten werden müssen.

**Rückbaudokumentation:** Die Rückbaudokumentation umfasst alle Dokumente, die bei der Stilllegung, dem Abriss, der Demontage und der Entsorgung der Anlage erstellt und abgelegt werden.

Die Hauptdokumentationen enthalten Teildokumentationen. Eine Teildokumentation entspricht den einzelnen Kapiteln einer Hauptdokumentation wie beispielsweise das Instandhaltungshandbuch der Betriebsdokumentation.

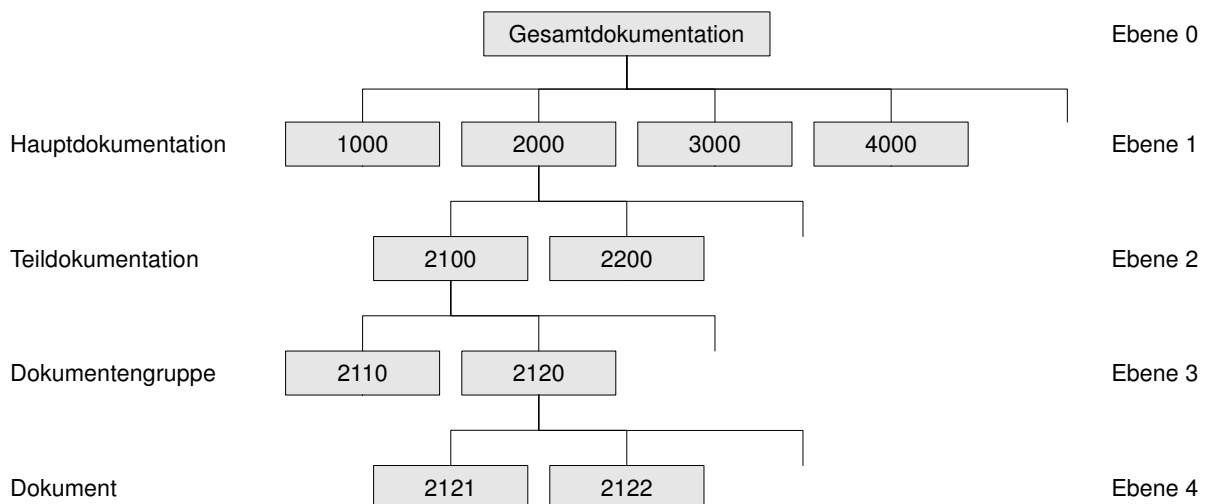


Abbildung 2.11: Hierarchisch aufgebaute Dokumentationsstruktur [Web08]

Die Hauptdokumentation *Anlagendokumentation* kann beispielsweise nach folgenden Strukturierungsformen in Teildokumentationen aufgeteilt werden [Web08]:

- a) eine Struktur gemäß der Praxis Anlagenbau,
- b) eine Struktur gemäß der Praxis im Maschinenbau oder
- c) eine gemischte Struktur

Bei kleineren Anlagen kann eine Struktur gemäß der Praxis im Maschinenbau verwendet werden. Bei größeren Anlagen empfiehlt sich allerdings eine Struktur gemäß der Praxis im Anlagenbau. Alternativ kann auch eine Mischform aus der Struktur gemäß der Praxis im Anlagenbau und der im Maschinenbau angewandt werden. So kann zum Beispiel die Prozessanlagen-Dokumentation, die meistens zum Leistungsumfang des Hauptauftragnehmers gehört, nach Variante a) gegliedert werden, während die Teilanlagen-Dokumentationen nach Variante b) gegliedert werden. Eine gemischte Struktur ist recht verbreitet, da im verfahrenstechnischen Anlagenbau häufig Teilanlagen als Ganzes eingekauft und umgesetzt werden. [Web08]

In Abbildung 2.12 ist die Struktur gemäß der Praxis Anlagenbau dargestellt. Dabei werden die einzelnen Kapitel nach Fachgewerken untergliedert. Um einen sicheren und wirtschaftlichen Anlagenbetrieb sowie die Produktqualität zu gewährleisten müssen Dokumente, die in der Betriebsphase erforderlich sind, in der Betriebsdokumentation organisiert werden. [Web08]

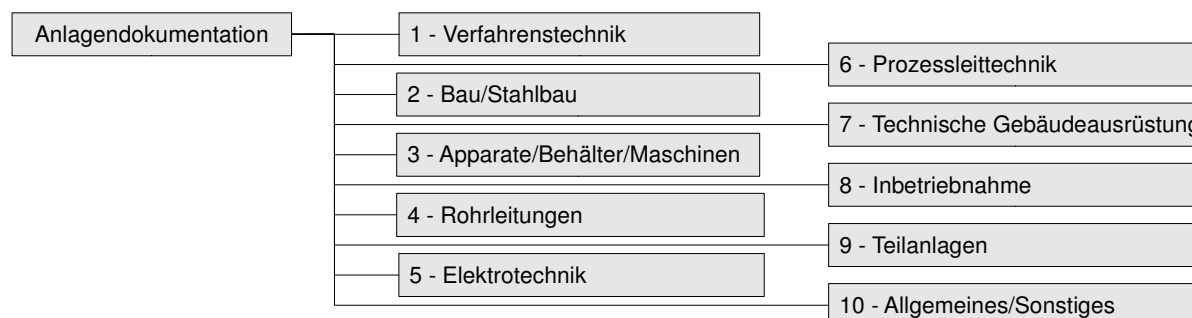


Abbildung 2.12: Strukturvorschlag gemäß der Praxis im Anlagenbau [Web08]

Der Strukturvorschlag gemäß der Praxis im Maschinenbau ist in Abbildung 2.13 dargestellt. Diese Strukturierung orientiert sich stark an der Struktur für Betriebsanleitungen. Betriebsanleitungen sind eine der wichtigen Dokumentenarten im Maschinenbau. Diese muss gesetzlich vorgeschrieben zu den Maschinen mit ausgeliefert werden. Bei diesem Strukturvorschlag werden anders als bei dem Strukturvorschlag gemäß der Praxis im Anlagenbau auch die betriebsrelevanten Dokumente verwaltet und finden sich nicht in einer separaten Betriebsdokumentation wieder. Für größere Anlagen wird der Strukturvorschlag gemäß der Praxis Anlagenbau empfohlen. [Web08]

Bei der gemischten Struktur kann beispielsweise die Dokumentation einer Teilanlage nach Strukturvariante gemäß der Praxis Anlagenbau und die Dokumentation einer weiteren Teilanlage nach der Strukturvariante gemäß der Praxis im Maschinenbau erfolgen. Bei dieser gemischten Form werden wie bei der Struktur gemäß der Praxis Anlagenbau betriebsrelevante Dokumente in einer separaten Betriebsdokumentation eingeordnet. [Web08]

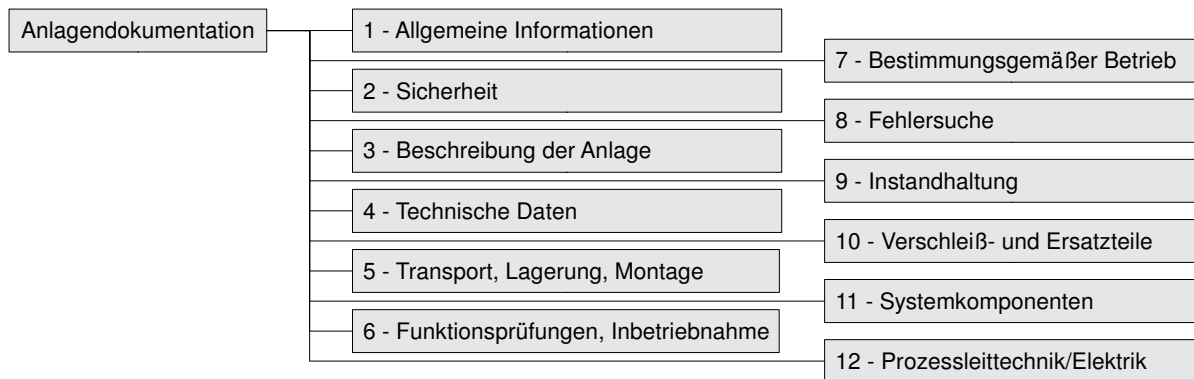


Abbildung 2.13: Strukturvorschlag gemäß der Praxis im Maschinenbau [Web08]

Die einzelnen Teildokumentationen enthalten Strukturelemente für die Dokumentenarten. Dokumentenarten für die Teildokumentation Verfahrenstechnik sind beispielsweise:

- Grund- und Verfahrensfließbild
- Rohrleitungs- und Instrumentenfließbild
- Stoffstromliste
- Lageplan
- Aufstellungsplan

Für die betrachteten Anlagen wurden die in Anhang E aufgelisteten Dokumentenarten identifiziert. Dazu wurde eine umfangreiche Literaturrecherche durchgeführt und die Dokumentenarten in den Interviews mit den Experten, wie sie in Anhang A.1 beschrieben wurden, überprüft.

## 2.3 Werkzeugaspekt

Bei den durchgeführten Analysen, die in Anhang A.1 beschrieben wurden, wurden zum Teil für die analysierten Prozesse die Werkzeuge eingesetzt, die im Folgenden beschrieben werden. Diese müssen bei der Realisierung der Lebenslaufakte berücksichtigt werden und können auch als Ausgangsbasis für die Umsetzung der digitalen Lebenslaufakte dienen.

### 2.3.1 Dokumentenmanagement-Systeme

*Dokumentenmanagement-Systeme* (DMS) unterstützen alle Lebenszyklusphasen von verfahrenstechnischen Anlagen durch die Verwaltung von Dokumenten wie beispielsweise Wartungspläne, Prüfberichte oder Montageanleitungen [Web08]. Sie haben die Aufgabe, große Mengen heterogener elektronischer Dokumente zu erstellen, zu indizieren, zu archivieren, aufzufinden, weiter zu leiten und zu vernichten [VDI 4500-2, Leh09]. Dafür stellt das DMS nach [VDI 4500-2, Kli01, Rig09, Sch09] verschiedene Funktionen bereit:

**Dokumentimport:** Die einzupflegenden Dokumente werden beim Dokumentenimport physisch in das DMS übernommen. Im ersten Schritt müssen nicht digitale Dokumente mithilfe digitalisiert werden, beispielsweise mit Hilfe von Scanverfahren. OCR-Verfahren (Optical Character Recognition) können eingesetzt werden, um die Inhalte maschinenlesbar zu machen [MNY99], wenn der Inhalt der digitalisierten Dokumente weiterverarbeitet werden soll. OCR unterliegt jedoch einer gewissen Fehlerrate - abhängig von der Qualität des digitalisierten Dokumentes und von der konkret angewendeten Software.

**Indizierung:** Dokumente werden indiziert, um diese und deren Inhalte eindeutig identifizieren zu können. Der Inhalt eines Dokumentes kann mit Hilfe von Stichworten detaillierter beschrieben werden.

**Verwaltung:** In der Verwaltung erfolgt die Ablage importierte Dokumente und ihre Metadaten. Zusätzlich werden in der Verwaltung Funktionen für ein Freigabe-/Änderungsmanagement und eine Versionsverwaltung bereitgestellt.

**Archivierung:** Ziel der Archivierung ist die Langzeitspeicherung der Dokumente und deren Metadaten. Archive können beispielsweise mit Hilfe von Administrationsfunktionen verwaltet werden. Zusätzlich können in der Archivierung Sicherungsmechanismen konfiguriert werden.

**Recherche:** Dokumente können mit Hilfe von Suchfunktionen wiedergefunden werden. Dabei wird zwischen zwei möglichen Sucharten unterschieden: Zum einen kann die Suche über Suchbegriffe erfolgen und zum anderen kann eine Volltextsuche durchgeführt werden. Die Grundlage für die Suche über Suchbegriffe bilden Schlagwörter, Attribute und so weiter. Bei der Volltextsuche wird der gesamte Dokumenteninhalte durchsucht.

**Reproduktion:** In der Reproduktion werden Funktionalitäten zum Anzeigen, Drucken oder anderweitiger Reproduktion für die im DMS vorhandenen Dokumente angeboten.

**Administration:** In der Administration werden Funktionalitäten bereit gestellt, um Zugriffsberechtigungen zu konfigurieren, Benutzereinstellungen zu verwalten, statistische Auswertungen durchzuführen, Daten- und Dokumentensicherung sowie Backup und Recovery zu pflegen.

Nach [Str08, GSM<sup>+</sup>04] bestehen Dokumentenmanagementsysteme im Allgemeinen aus einer grafischen Benutzeroberfläche, einer Administrationskomponente, einer Ein- und Ausgabekomponente, einer Ablagedatenbank und einer Metadatenbank. Diese Bestandteile dienen zur Umsetzung der jeweiligen Grundfunktionalitäten. Dabei stellt die Administrationskomponente spezielle Funktionen für die Administration des Gesamtsystems bereit. Für den Dokumentenimport und die Indizierung ist die Eingabekomponente zuständig. In der Ablage- und der Metakomponente werden die Verwaltung und Archivierung realisiert. Die Ausgabekomponente ist verantwortlich für die Recherche und Reproduktion. In Abbildung 2.14 ist die Systemarchitektur zusammenfassend dargestellt.

Innerhalb von Dokumentenmanagementsystemen werden Dokumente als »atomare Einheit« verwaltet werden und nicht deren Inhalte selbst. Jedoch ist in vielen Anwendungen der Inhalt des Dokumentes wichtig und nicht das Dokument selbst. So wird beispielsweise in

der Instandhaltung für eine Anlage ein Wartungsplan erzeugt. Grundlage für diesen Wartungsplan sind die Wartungspläne der einzelnen Anlagenkomponenten. Die einzelnen Wartungspläne müssen durchsucht werden, um den Wartungsplan für die Gesamtanlage zu erstellen. Dieser Vorgang könnte sich effizienter gestalten lassen, wenn nach den benötigten Wartungsinformationen innerhalb der einzelnen Wartungspläne gesucht werden könnte [HE09].

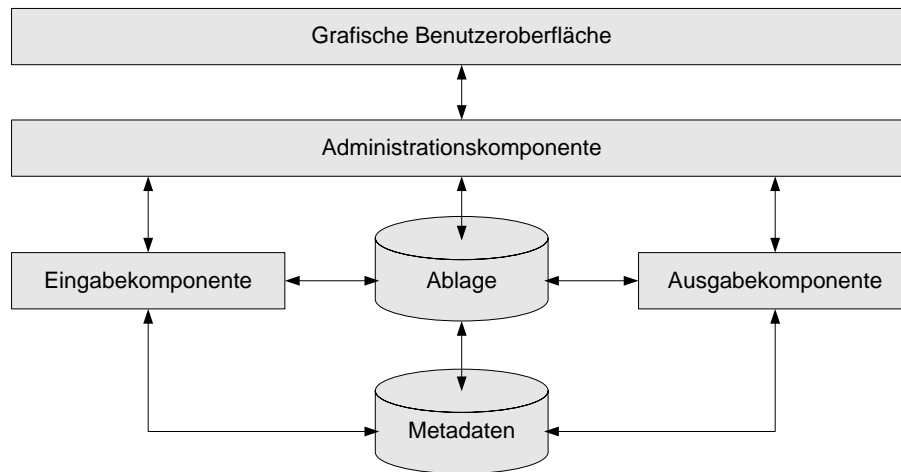


Abbildung 2.14: Architektur von DMS in Anlehnung an [Str08, GSM<sup>+</sup>04, Sch09].

### 2.3.2 Produktdatenmanagement-Systeme

Produktdatenmanagement (PDM) umfasst die ganzheitliche, strukturierte und konsistente Verwaltung von allen Abläufen, Daten Informationen und Dokumenten, die innerhalb der Entwicklung neuer Produkte oder geänderter Produkte anfallen. PDM verfolgt die Zielstellung, produktdefinierende, -repräsentierende und -präsentierende Daten, Informationen und Dokumente zu verwalten [Sch09]. Zusätzlich dazu wurde eine Systemanbieteranalyse von Werkzeugen, die in der Lebenszyklusphase Betrieb eingesetzt werden durchgeführt.

PDM-Systeme haben [VDI 2219] folgende Ziele:

- die transparente Darstellung der Inhalte, Abhängigkeiten und Strukturen der produktdefinierende, -repräsentierende und -präsentierenden Daten,
- die effektive Durchführung des Auffindens, Weitergebens und Verwaltens dieser Daten,
- die Abbildung und Unterstützung optimierte Abläufe und
- die Ermöglichung der Integration beziehungsweise Kopplung an benachbarte IT-Systeme, wie Produktionsplanung und -steuerung, Büroautomatisierung und Projektmanagementsysteme.

Um diese Ziele zu erreichen, haben PDM-Systeme nach [VDI 2219, ES09, SBM<sup>+</sup>05, SI08] folgende grundsätzliche Funktionalitäten:

**Produktdaten- und Dokumentenmanagement:** Das Produktdaten- und Dokumentenmanagement beinhaltet die allgemeine Verwaltung von Produktdaten und der zugehörigen Dokumente wie CAD-Modelle oder Zeichnungen. Dies beinhaltet auch die Kopplung zu den jeweiligen Erzeugersystemen der Produktdaten und Dokumente. Darüber hinaus werden Funktionalitäten für die Ordner- und die Versions- beziehungsweise Statusverwaltung bereit gestellt. Zu diesen Objekten werden entsprechende Metadaten verwaltet.

**Produktstruktur- und Konfigurationsmanagement:** In dem Produktstruktur- und Konfigurationsmanagement werden Funktionalitäten bereit gestellt, um Produktstrukturen zu erstellen und zu verwalten. Ebenso besteht hier die Möglichkeit, Stücklisten zu generieren und zeitliche Veränderungen der Produktstrukturen in Form von Konfigurationen und Versionen sowie Produktvarianten zu verwalten.

**Klassifizierung und Teilefamilienmanagement:** In dem Klassifizierung und Teilefamilienmanagement werden Funktionalitäten bereitgestellt, um Teile beispielsweise an Hand von Sachmerkmalslisten zu identifizieren. Dazu gehören auch effiziente Mechanismen zur Suche von Teilen und Produktinformationen.

**Prozess- und Workflowmanagement:** Im Prozess- und Workflowmanagement werden Abläufe, wie Freigabe- und Änderungsprozesse, werden abgebildet, so dass Statusinformationen über Arbeitsfortschritte bereitgestellt werden können.

**Benutzermanagement:** Im Benutzermanagement werden Funktionalitäten bereitgestellt, um Organisationsstrukturen abzubilden und Benutzer oder Benutzergruppen zu verwalten. Dies beinhaltet die Konfiguration von Zugriffsrechten auf die Datenbestände.

**Projektdatenmanagement:** Im Projektdatenmanagement werden Funktionalitäten bereitgestellt, um Aktivitäten, Abhängigkeiten, Zeitpläne und Projektmanagementinformationen, wie Meilensteine, zu planen und zu verwalten.

PDM-Systeme bieten im Allgemeinen nach [VDI 2219] weitere Funktionalitäten wie beispielsweise E-Mail-Anbindung, Annotation oder Markierung in Dokumenten oder Datensicherung- und Archivierung an. Das PDM-System kann mit Hilfe von Administrationswerkzeugen an das jeweilige Unternehmen angepasst werden [VDI 2219].

PDM-Systeme zeichnen sich nach [VDI 2219] üblicherweise durch eine Client-Server-Architektur aus. Dabei bauen PDM-Systeme in der Regel auf ein Datenbanksystem auf [FG08a]. Die Anwender können über eine grafische Benutzeroberfläche die Funktionalitäten aufrufen, um so beispielsweise neue Nutzer anlegen zu können. Von PDM-Systemen werden verschiedene Schnittstellen angeboten, um den Datenaustausch mit anderen Systemen zu gewährleisten. Eine grobe Systemarchitektur in Anlehnung an [VDI 2219] ist in Abbildung 2.15 dargestellt.

Derzeitige PDM-Systeme bilden im Allgemeinen nur die Produktentwicklungsprozesse ab. Nachgelagerte Produktlebenszyklusphasen wie beispielsweise der Betrieb werden nicht unterstützt. Eine Erweiterung von PDM-Systemen auf nachgelagerte Produktlebenszyklusphasen sollte angestrebt werden, da hier die von PDM-Systemen verwendeten Konzepte und bereitgestellten Funktionalitäten benötigt werden [Sch09].



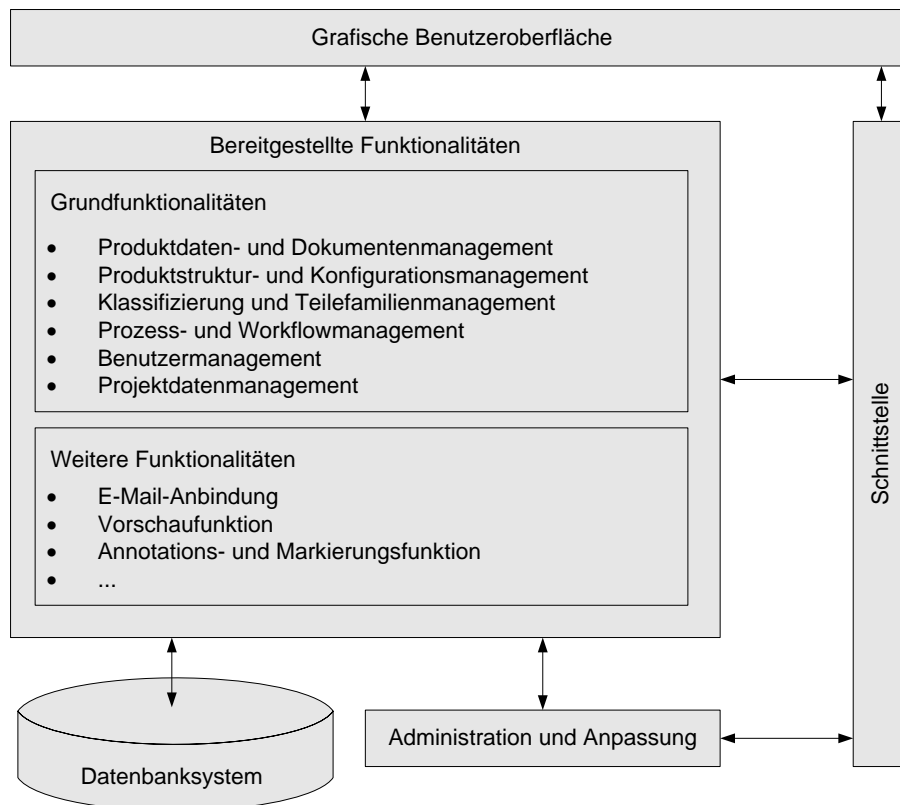


Abbildung 2.15: Architektur von PDM-Systemen in Anlehnung an [VDI 2219, Sch09].

### 2.3.3 Instandhaltungsplanungs- und -steuerungs-Systeme

Im Bereich der Instandhaltung werden *Instandhaltungsplanungs- und -steuerungs-Systeme* (IPS-Systeme) eingesetzt. IPS-Systeme unterstützen bei der Planung, Steuerung und Überwachung von Instandhaltungsmaßnahmen. Diese werden dabei als Arbeitsaufträge abgebildet [Wei05]. Der Einsatz von IPS-Systemen erfolgt in Ergänzung zu Produktionsplanungs- und -steuerungssystemen (PPS) und Enterprise Resource Planning-Systemen (ERP) [SW04]

IPS-Systeme umfassen nach [Wei05, RMM09] folgende Hauptfunktionen:

**Objektverwaltung:** In der Objektverwaltung werden Funktionalitäten für das Management von Anlagenkomponenten bereitgestellt, für die Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden sollen. Dies beinhaltet die Bereitstellung von weiterführenden Informationen wie beispielsweise zum Aufstellungsort. Die Auftragshistorie der verwalteten Anlagenkomponenten wird gespeichert und kann für die Anwender des IPS-Systems bereitgestellt werden.

**Auftragsplanung:** In der Auftragsplanung werden Funktionalitäten bereitgestellt, um zustands-, störungs- und intervallbasierte Instandhaltungsmaßnahmen zu planen.

**Kostencontrolling:** Das Kostencontrolling beinhaltet Funktionalitäten zur Planung, Steuerung und Kontrolle von Kosten.

**Auftragssteuerung:** Der Beginn der Auftragssteuerung ist die Auslösung einer Instandhaltungsmaßnahme und ihr Ende ist die Rückmeldung der durchgeführten Instandhaltungsmaßnahme. Ziel ist es hierbei, alle aktuell laufenden Aufträge zu überwachen.

**Ersatzteil- und Bestellwesen:** Das Ersatzteil- und Bestellwesen stellt Funktionalitäten bereit, um Ersatzteil zu beschaffen und zu überwachen, so dass beispielsweise Lagerbestände, Wareneingänge, Lagerentnahmen überwacht werden können.

**Auswertungen, Analysen und Berichte:** Die Auswertungen, Analysen und Berichte werden Funktionalitäten bereitgestellt, um Kennzahlen zu bilden, Trends zu verfolgen oder der vom IPS-System verwaltete Datenbestand grafisch darzustellen.

### 2.3.4 Enterprise Resource Planing-Systeme

Enterprise Resource Planing-Systeme (ERP-Systeme) sind nach [Jun08, Kur05] Softwaresysteme, die Geschäftsprozesse unterstützen und Geschäftsregeln abbilden. Es werden dabei beispielsweise die Bereiche Fertigung, Finanzen, Logistik, Personal und Vertrieb betrachtet [Jun08].

ERP-Systeme bestehen nach [Leo07] aus folgenden funktionalen Modulen:

**Finanzwesen:** Das Finanzwesen stellt häufig das Kernmodul von ERP-Systemen dar. Hier werden alle Finanzdaten zusammengefasst und es können entsprechende Berichte erstellt werden. Dafür beinhaltet dieses Modul nach [GH07] Funktionen für beispielsweise Rechnungslegung, Investitionsplanung, externes Rechnungswesen (Finanzbuchhaltung) oder internes Rechnungswesen (Controlling).

**Produktion:** Das Modul Produktion umfasst Funktionalitäten Produktionsplanung und -steuerung. Dazu gehören nach [GH07] beispielsweise die Arbeitsplan- und Stücklistenverwaltung, Fertigungsauftragsfeinplanung und die Fertigungsauftragsfreigabe und -durchführung.

**Personalwesen:** In dem Modul Personalwesen werden umfangreiche Funktionalitäten zur Mitarbeiterverwaltung bereitgestellt. Dazu gehören nach [GH07] beispielsweise die Verwaltung der Mitarbeiterdaten, Lohn- und Gehaltsabrechnung, Mitarbeiterqualifizierung und Personalentwicklung.

**Materialwirtschaft:** In dem Modul Materialwirtschaft werden Funktionalitäten bereitgestellt, um das für die Produktion benötigte Material zu beschaffen und die Lieferungen und den Wareneingang zu überwachen. Dazu gehören nach [GH07] beispielsweise die Materialdatenverwaltung, Materialdisposition, Warenein- und -ausgangsbearbeitung und die Verbrauchsmaterialabwicklung.

**Verkauf und Vertrieb:** In dem Modul Verkauf und Vertrieb werden Funktionalitäten bereitgestellt, um alle Aufgaben zu unterstützen, die sich mit Kundennachfragen befassen. Hierzu zählen nach [GH07] beispielsweise die Kontakt- und Kundenverwaltung, Angebots- und Auftragsbearbeitung, Vertragsverwaltung und Transport und Außenhandel.

### 2.3.5 Portal-Systeme

»Ein Portal [Synonym für Portal-Systeme, d. Verf.] ist ein zentraler und persönlicher Einstieg (Single Point of Access) in die Informationswelt des Internet oder Intranet, von dem aus Verbindungen zu den relevanten Informationen und Diensten hergestellt werden können [GK05].«

In einem Portal werden relevante Informationen integriert und allen Anwendern zur Verfügung gestellt. Darauf aufbauend werden effiziente Suchmechanismen umgesetzt, wodurch Informationen effizient gefunden werden können [GK05].

Es sind eine Vielzahl unterschiedlich ausgeprägter Portale entstanden, die in verschiedene Kategorien klassifiziert werden können. Da sich für die Umsetzung des in dieser Arbeit entwickelten Soll-Konzeptes nicht alle Portale gleichermaßen eignen, wird im Folgenden die Klassifikation von Portalen beschrieben. Im Anschluss werden die Kategorien bestimmt, die sich für die Umsetzung des Soll-Konzeptes eignen.

Nach [Ste04] können Portale »nach dem Nutzerkreis« und »nach der Breite der mit Hilfe des Portals erreichbaren Themengebiete« klassifiziert werden, wie zusammenfassend in Abbildung 2.16 dargestellt.

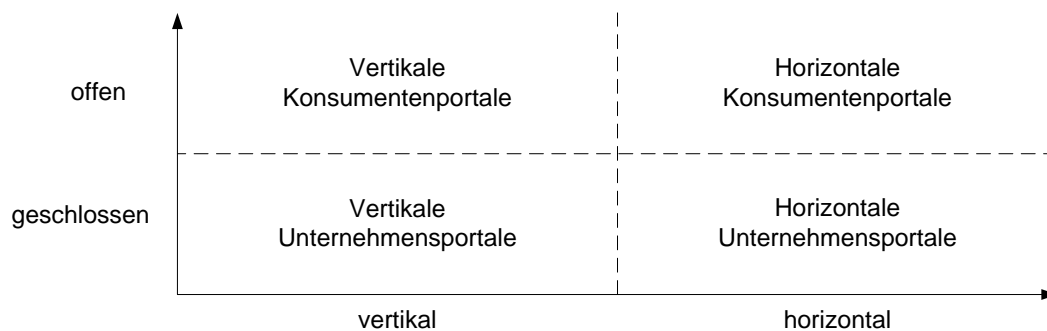


Abbildung 2.16: Klassifikation von Portalen nach [Ste04]

Entsprechend des Kriteriums Nutzerkreis werden Portale in offene und geschlossene Portale kategorisiert. Offene Portale sind im Allgemeinen für alle Nutzer erreichbar und es werden keine Nutzergruppen explizit ausgeschlossen. Im Gegensatz dazu bieten geschlossene Portale nur bestimmte Nutzergruppen Zugang. Offene Portale werden auch als Konsumentenportale bezeichnet und geschlossene Portale als Unternehmensportale [Ste04].

Des Weiteren können Portale können entsprechend des Kriteriums Breite der mit Hilfe des Portals erreichbaren Themengebiete in vertikale und horizontale Portale klassifiziert werden. Horizontale Portale fokussieren sich nach [Ste04] nicht auf ein konkrete Interessengruppen, Themenbereiche, Branchen oder Produktgruppen oder Ähnliches fokussiert. Sie stellen ein breites Informationsangebot zur Verfügung. In vertikalen Portalen wird im Gegensatz dazu ein sehr spezialisiertes Informations- und Funktionsangebot zur Verfügung gestellt [Ste04, GK05].

Für die Umsetzung des in dieser Arbeit erstellten Konzeptes kommen nur vertikale Unternehmensportale in Frage, da die Daten, Informationen und Dokumente nur bestimmten Nutzergruppen zur Verfügung gestellt werden sollen und diese auf einen konkreten Themenbereich ausgelegt sind.

Um entsprechende Daten, Informationen und Dokumente bereitzustellen, verfügen Portale nach [GVK05] über die folgenden sogenannten Portal-Basisdienste:

**Layout-Management:** Das Layout-Management hat die Aufgabe, die vom Nutzer aufgerufenen Protalseiten zusammenzustellen. Dafür müssen unter Umständen Daten, Informationen und Dokumente aus den integrierten Anwendungen beschafft werden. Ebenso werden bei der Zusammenstellung der angefragten Portalseiten personalisierte Einstellungen, die das Layout betreffen, beachtet.

**Struktur-Management:** Das Struktur-Management dient dazu, die Struktur der Portalseiten, deren Verknüpfung untereinander und die Menüstruktur abzubilden. Ebenso wird hier spezifiziert, welche personalisierten Einstellungen bezüglich der Darstellung der Portalseiten festgelegt werden können.

**Personalisierung:** Mit Hilfe der Personalisierung können von den Nutzern personalisierte Einstellungen festgelegt werden, um so das Portal an eigene Bedürfnisse anpassen zu können. So können beispielsweise Design oder Spracheinstellungen angepasst werden.

**Content-Management:** Der Basisdienste Content-Management ist verantwortlich für die Verwaltung der Portalinhalte wie Texte oder Bilder. Ziel ist es hier, den Inhalt vom Layout zu trennen, um die Inhalte in verschiedenen Layoutvarianten darstellen zu können.

**Rechte- und Benutzerverwaltung:** Der Basisdienste Rechte- und Benutzerverwaltung ist verantwortlich für die Verwaltung von Nutzern, Nutzergruppen und deren Rechten.

**Suche:** Innerhalb des Basisdienstes Suche werden den Nutzern verschiedene Suchmechanismen zur Verfügung gestellt, mit denen die Inhalte des Portals durchsucht werden können.

**Prozesssteuerung:** Der Basisdienste Prozesssteuerung bietet Funktionalitäten an, um Prozesse zu spezifizieren, die zwischen dem Portal und den darin integrierten Anwendungen durchgeführt werden sollen.

**Single Sign On:** Der Basisdienste Single Sign On ermöglicht es den Nutzern nach einmaliger Anmeldung am Portal auch die darin integrierten Anwendungen nutzen zu können, ohne sich bei den jeweiligen Anwendungen neu anmelden zu müssen.

Die Portal-Basisdienste *Layout-Management*, *Struktur-Managements* und *Personalisierung* werden von jedem Portal zur Verfügung gestellt. Die verbleibenden Portal-Basisdienste werden dagegen nur eingeschränkt oder gar nicht zur Verfügung gestellt [GVK05].

Portale werden nach [GVK05] in einer 3-Schichten-Architektur realisiert: Backend, Anwendungslogik und Präsentation. In der Backend-Schicht befinden sich die Anwendungen und Datenbanksysteme, die in dem Portal integriert werden. Die Anwendungslogik kann auf die Backend-Schicht über so genannte Integrationsdienste zugreifen. Darüber hinaus werden innerhalb der Anwendungslogik Transaktionsdienste und Bereitstellungsdienste zur Verfügung gestellt. Mit Hilfe der Transaktionsdienste wird die Transaktionssicherheit über die integrierten Anwendungen und Datenbanksysteme gewährleistet. Die Bereitstellungsdienste bilden die Schnittstelle für die Präsentationsschicht.

### 2.3.6 Anbieteranalyse

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Anbieteranalyse existierender IT-Werkzeuge, die den Betrieb von technischen Produkten unterstützen sollen, durchgeführt, um den aktuellen Stand der Technik in diesem Bereich zu erfassen und mögliche Abgrenzungen zu dem in dieser Arbeit entwickelten Konzept zu identifizieren. Dazu wurde eine Befragung von 37 Systemanbietern durchgeführt, die Lösungen im Bereich des Betriebes von technischen Produkten anbieten, um die ablaufenden Geschäftsprozesse zu unterstützen. Um mögliche Anbieter von IT-Werkzeugen bewerten zu können, wurde eine standardisierte Befragung durchgeführt und als Hilfsmittel ein standardisierter Fragebogen verwendet. Die Analyse richtete sich nach dem in [May08] beschriebenen Ablauf, der in Abbildung 2.17 dargestellt ist.

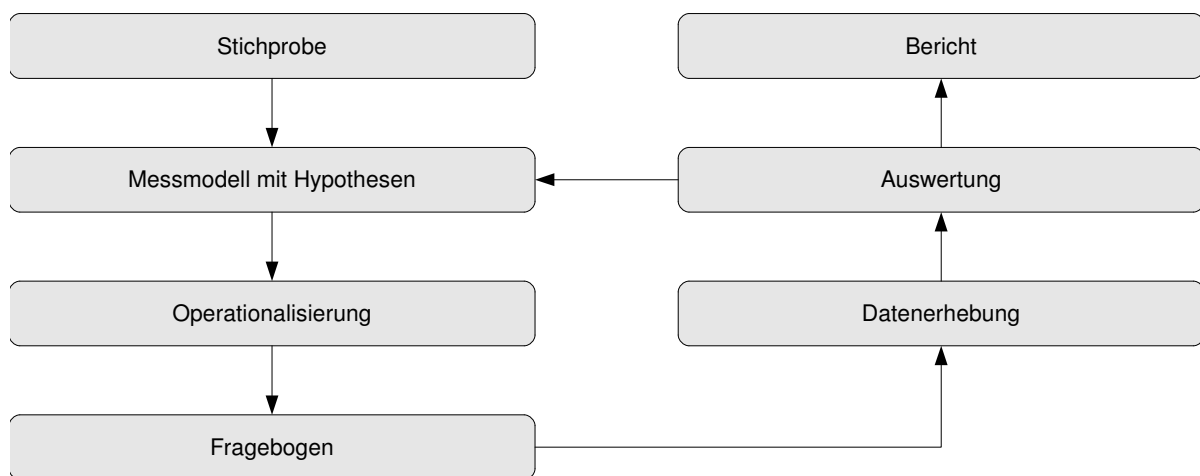


Abbildung 2.17: Ablauf der Anbieteranalyse [May08]

Unter Stichprobe wird die Auswahl der zu befragenden Personen verstanden [May08]. Hierzu wurde eine umfangreiche Internetrecherche nach möglichen Anbietern durchgeführt. Dabei wurden die in Anhang C aufgeführten Anbieter identifiziert.

Dann wurde ein entsprechendes Messmodell mit Hypothesen erstellt, zum Beispiel, dass rechtliche Aspekte kaum berücksichtigt werden. Im Anschluss daran wurden entsprechende Fragen formuliert, um diese Hypothesen analysieren zu können. Diese Fragen wurden dann in einem Fragebogen zusammengestellt. Im Anschluss daran, fand die Datenerhebung statt. Mit 14 Anbietern konnte der Fragebogen in einem Interview ausgefüllt werden. Die Interviews wurden teilweise auf der MAINTAIN 2009 durchgeführt und zum anderen telefonisch. Die restlichen Anbieter waren nicht auf der MAINTAIN 2009 vertreten oder waren nicht zu einem Telefoninterview bereit. Für diese Anbieter wurde der Fragebogen mit Hilfe von Rechercheergebnissen ausgefüllt. [May08]

Im Anschluss daran, wurden die Fragen statistisch aufbereitet und in Hinblick auf die Hypothesen ausgewertet. Die Ergebnisse wurden dann in einem kurzen Bericht fest gehalten. [May08]

Im Folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse dieser Befragung zusammengefasst.

In Abbildung 2.18 ist dargestellt, welche Unternehmensgröße diese Systemanbieter haben. Die Anzahl Systemanbieter verteilen sich relativ gleich über die verschiedenen Größenklassen.

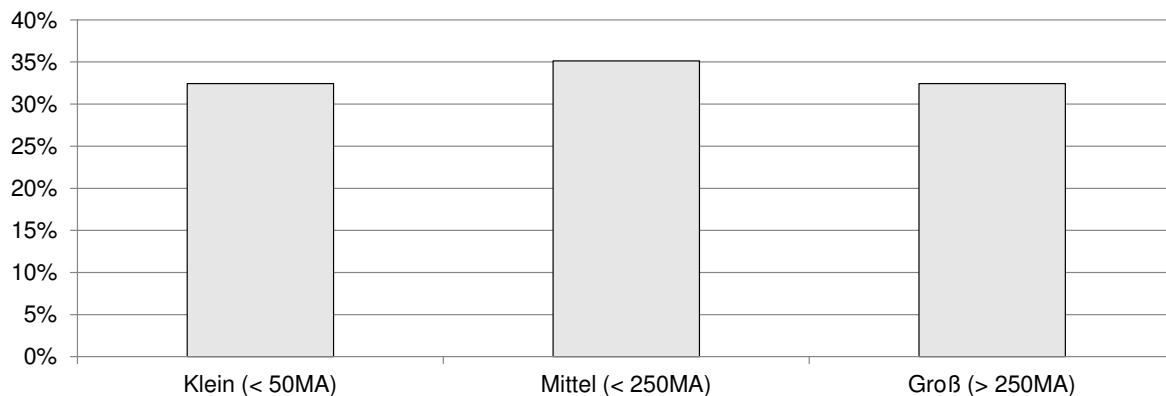


Abbildung 2.18: Unternehmensgröße von Systemanbietern im Bereich des Betriebes von Anlagen

Die Unternehmensgröße der Zielkunden dieser Systemanbieter ist in Abbildung 2.19 dargestellt. Auffällig hierbei ist, dass hauptsächlich mittlere und große Unternehmen adressiert werden – selbst von Systemanbietern, die zu den kleinen Unternehmen zählen. Im Ergebnis bedeutet dies, dass die Bedarfe von KMU nicht gesondert betrachtet werden.

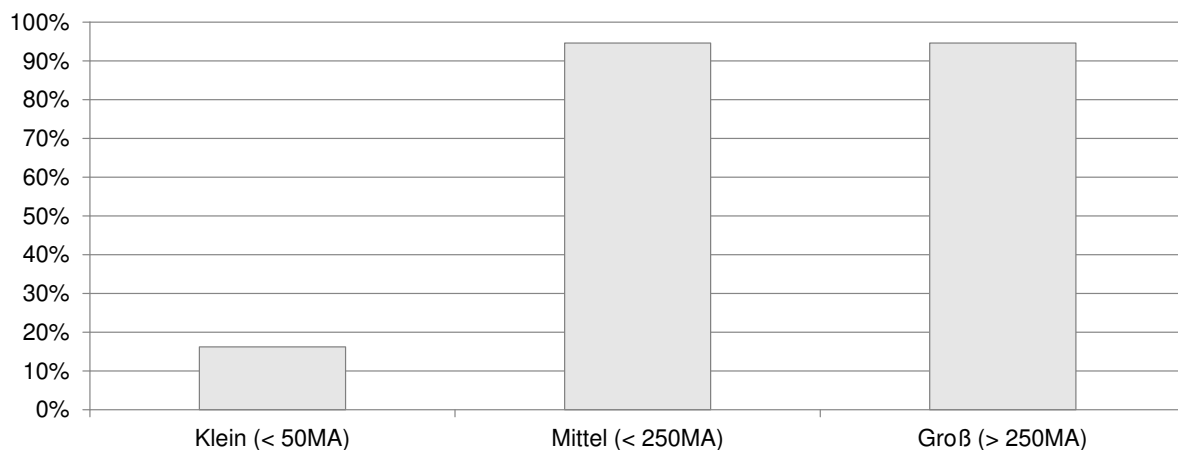


Abbildung 2.19: Unternehmensgröße der Kunden von Systemanbietern im Bereich des Betriebes von Anlagen

Wie in Abbildung 2.20 dargestellt, fokussieren nur sehr wenige Lösungen auf bestimmte Branchen. Branchenspezifische Anforderungen werden normalerweise im Rahmen des Kunden-Customizings durchgeführt. Als Konsequenz daraus existieren keine für spezifische Branchen vorkonfigurierte Lösungen, so dass das Customizing mit hohen Kosten verbunden ist.

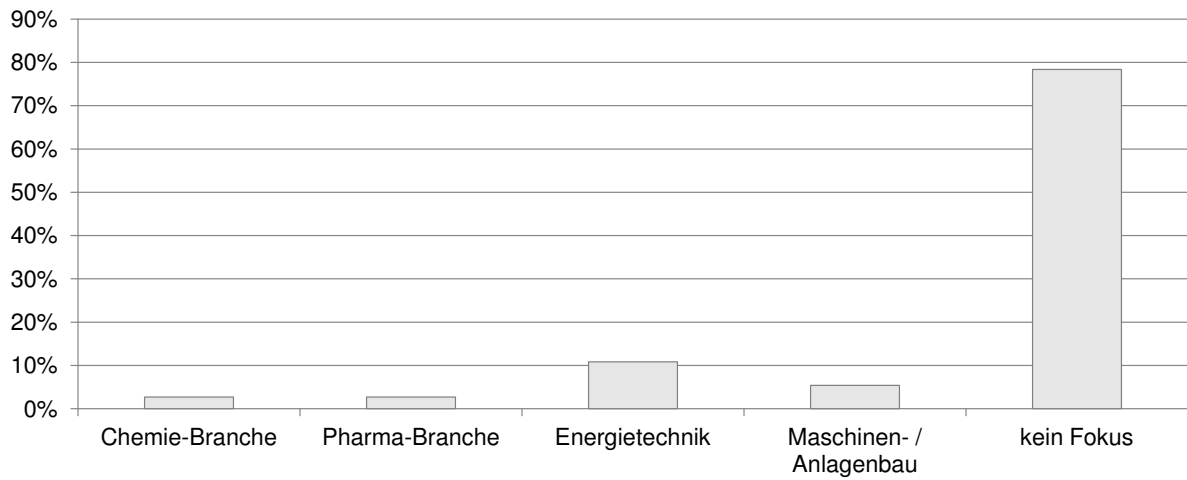


Abbildung 2.20: Branchenfokus der Systemlösungen

Technische und betriebswirtschaftliche Daten stehen, wie in Abbildung 2.21 dargestellt, im Vordergrund der Betrachtung. Die Verwaltung und der Bezug zu Rechtsquellen werden nur von einzelnen Lösungen angeboten. Allerdings bieten viele der Systeme die Möglichkeit, eine Rechtsbibliothek zu pflegen. Jedoch liefert nahezu kein Hersteller eine vorgefüllte Bibliothek inklusive der anschließenden Pflege mit, so dass der Nutzer diese selbst aufbauen und pflegen muss.

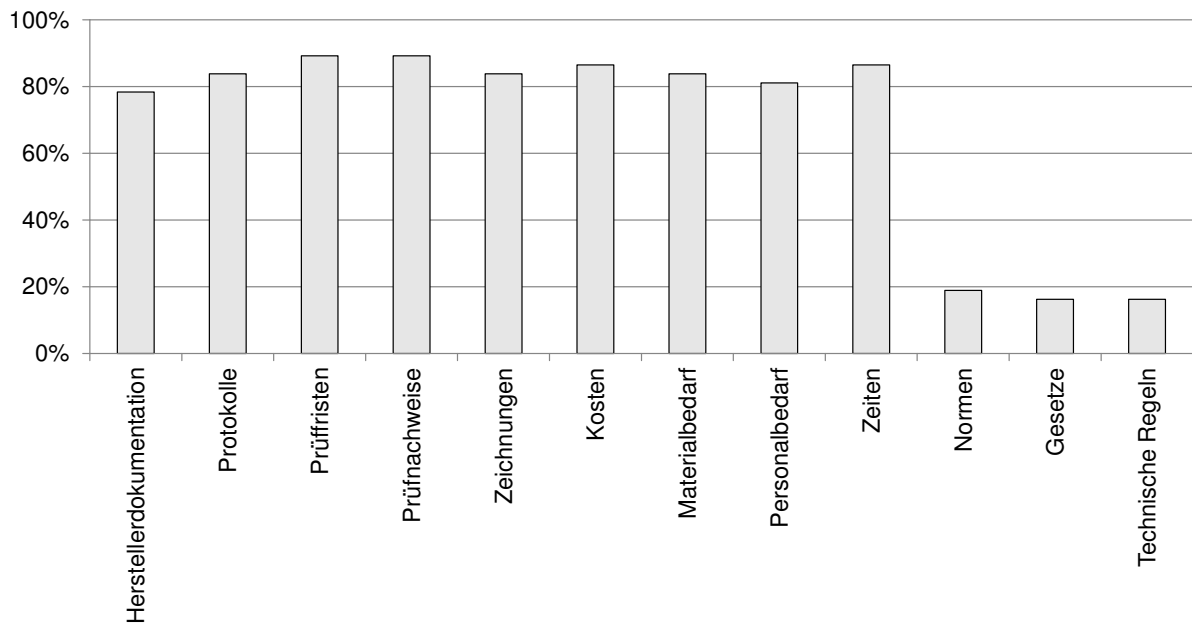


Abbildung 2.21: Arten der verwalteten Daten, Informationen und Dokumente

Anforderungen, die sich aus allgemeinen Rechtsvorschriften wie BetrSichV und MaschRL (Maschinenrichtlinie) oder branchenspezifischen Rechtsvorschriften wie GMP (Good Manufacturing Practice) ergeben, werden, wie in Abbildung 2.22 dargestellt, im Umfang nur von wenigen Lösungsanbietern berücksichtigt. Die Berücksichtigung findet dabei häufig erst im Rahmen von Customizing statt und gehört nicht zum Standardumfang.

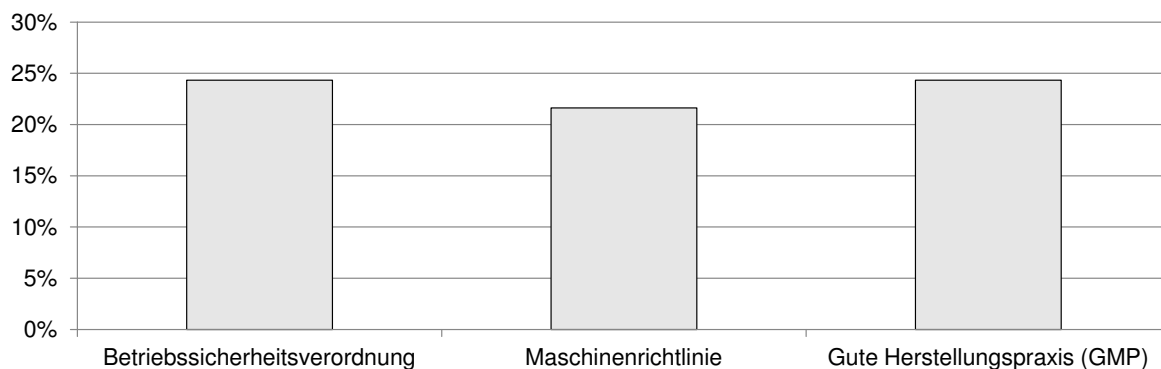


Abbildung 2.22: Berücksichtigung von Anforderungen aus Rechtsvorschriften

Zusammenfassend wurde festgestellt, dass

- Bedürfnisse von KMU in Systemlösungen nicht berücksichtigt werden,
- die meisten Systemlösungen nicht auf spezielle Branchen fokussieren und
- Anforderungen aus geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen kundenspezifisch berücksichtigt werden, obwohl diese zum Teil für alle Unternehmen gelten.

## 2.4 Rechtliche Aspekte

Im Betrieb verfahrenstechnischer Anlagen existieren viele rechtliche Aspekte, die diesen reglementieren beziehungsweise zu berücksichtigen sind. So wurden beispielsweise auf europäischer Ebene die Anforderungen bezüglich der Herstellung und des Betriebes von Druckgeräten geändert. Diese Änderungen wurden in der Druckgeräte-richtlinie festgehalten und in Deutschland mit der Druckgeräteverordnung in nationales Recht übertragen. Darüber hinaus wurde darauf in Deutschland mit der Betriebsicherheitsverordnung reagiert. Daraus ergaben sich auch Änderungen an den geltenden technischen Regeln. Hierzu wurden die Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) erstellt, die die bisher eingesetzten technischen Regeln wie beispielsweise Technische Regeln für Dampfkessel (TRD) oder Technische Regeln Druckbehälter (TRD) ablösen. Darüber hinaus ergeben sich daraus für Anlagenbetreiber neue Gestaltungsspielräume, für die Durchführung gesetzlich vorgeschriebener Prüfungen. Viele Kraftwerksbetreiber sind allerdings auf Grund der Komplexität der Änderungen in den rechtlichen Regelwerken kaum in der Lage, diese Spielräume zu nutzen. Der VGB-Standard-S-506-R-00 gibt Anlagenbetreibern mögliche Bausteine für die Gestaltung von Prüfungen nach Betriebsicherheitsverordnung vor. Mit Hilfe dieser Bausteine kann auch eine Prüffristenverlängerung erwirkt werden. Auf Basis des



Anlagenzustandes können dann Prüfmethode, -umfang und -frist bestimmt werden. Dadurch gewinnt der Anlagenzustand für den Anlagenbetreiber zunehmend an Bedeutung. [VGB-S-506]

Auch die Dokumentation von Anlagen gewinnt dadurch zunehmend an Bedeutung, da in ihr viele Informationen zur Anlage enthalten sind, die zur Zustandsbewertung und dem vorschriftsgemäßen Betrieb der Anlage benötigt werden [Web08]. Die Anlagendokumentation unterliegt nach [Web08] vielen rechtlichen Regelwerken wie nach beispielsweise:

- relevanten Rechtsvorschriften wie EU-Richtlinien, Gesetzen, Verordnungen oder Durchführungsbestimmungen,
- Bestimmungen, die sich aus dem Genehmigungsbescheid und der zutreffenden Verwaltungsvorschriften ergeben,
- Berufsgenossenschaftlichen Unfallverhütungsvorschriften (BG-Vorschriften),
- Regeln zum Stand der Technik inklusive zur Sicherheitstechnik und Dokumentation, wie ISO-Normen, EU-Normen, DIN-Normen, VDI-/VDE-Richtlinien, BG-Regeln, BG-Informationen, BG-Grundsätze usw. und
- geltenden unternehmensspezifischen Vorschriften.

Die in den Rechtsquellen geforderten Dokumente wie beispielsweise Betriebsanleitung, EG-Konformitätserklärung oder Gefährdungsbeurteilung müssen so abgelegt werden, dass sie jederzeit gefunden werden können [Web08]. Allerdings haben die unterschiedlichen Rechtsquellen nicht den gleichen Stellenwert. Sie lassen sich in eine Hierarchie einordnen. Die übergeordneten Rechtsquellen können untergeordnete Rechtsquellen aufheben (derogieren).

Auf oberster Ebene steht das Europarecht, welches beispielsweise in EU-Richtlinien festgehalten ist. EU-Richtlinien müssen in nationales Gesetz umgewandelt werden [Hum10, Obw10], da sie allein keine unmittelbare Geltung besitzt [Völ05, WGP<sup>+</sup>09].

Die oberste nationale Rechtsnorm in Deutschland ist das Grundgesetz [GG]. In dem Grundgesetz ist die Grundordnung des Staates festgehalten, an das sich Gesetzgebung, vollziehende Gewalt und Rechtsprechung halten müssen [Rüt05].

Danach folgen Gesetze, die *»typische Lebenssachverhalte generell und abstrakt regeln«* [Rüt05]. Gesetze werden durch die Legislative erstellt und in einem geregelten Verfahren verabschiedet [Bor06, Rüt05]. So werden beispielsweise Landesgesetze durch die Unterschrift des Ministerpräsidenten und der Bekanntgabe in den Gesetzes- und Verordnungsblättern gültig.

In der Hierarchie folgen den Gesetzen die Verordnungen. Sie enthalten ebenso wie Gesetze generell-abstrakte Rechtssätze [Rüt05]. Um eine Gültigkeit zu erlangen durchlaufen sie jedoch ein anderes Verfahren als Gesetze [Rüt05]. Verordnungen werden auf Grund einer gesetzlichen Ermächtigung erlassen. Sie werden gültig, in dem sie veröffentlicht und von dem zuständigen Minister unterschrieben werden [BMV95, Rüt05].

Verwaltungsvorschriften, die den Verordnungen folgen, haben grundsätzlich keinen Gesetzes- oder Verordnungscharakter. Mit Hilfe von Verwaltungsvorschriften wird das interne Handeln der Exekutive geregelt [Sei07].

Auf der untersten Stufe der Normenhierarchie stehen Normen, Richtlinien und technische Regeln wie DIN-Normen oder VDI-Richtlinien, die als allgemein anerkannte Regeln der Technik

gelten und keinen verbindlichen Charakter haben sondern lediglich Empfehlungen darstellen. Jedoch kann aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften oder anderen Rechtsnormen eine Anwendungspflicht ergeben [DIN01]. Ebenso muss bei Nicht-Anwendung oder grober Abweichung von diesen allgemein anerkannten Regeln der Technik ein schlüssiger Beweis angetreten werden, wie so diese nicht angewendet wurden [BBH<sup>+</sup>05, Web08]. Technische Regeln, die in Verordnungen genannt werden, sind jedoch verbindlich einzuhalten wie beispielsweise die Technischen Regeln für Betriebssicherheit, die in der Betriebssicherheitsverordnung genannt werden [Web08].

Die Normenhierarchie ist in Abbildung 2.23 zusammenfassend dargestellt.

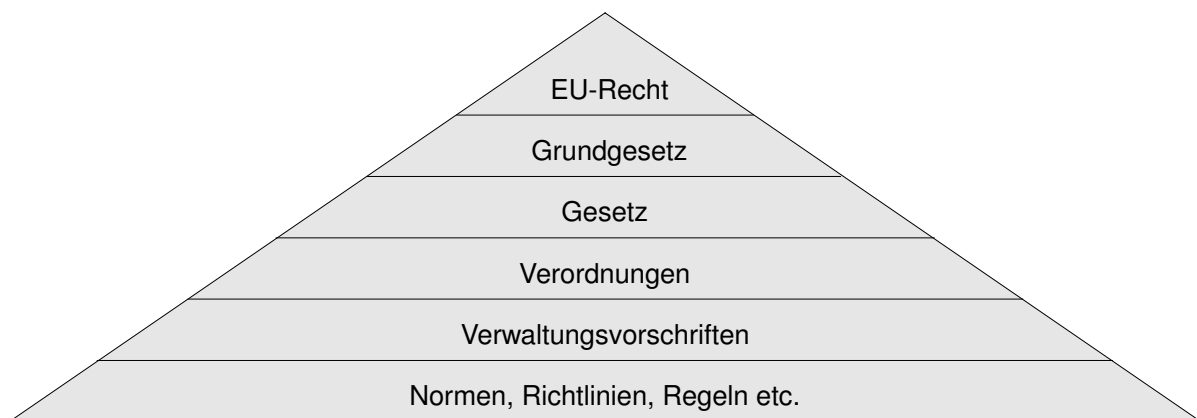


Abbildung 2.23: Normenhierarchie in Anlehnung an [Rüt05]

Folgende Versäumnisse bei der Nutzung der Dokumentation einer Anlage können das aufgeführte Schadenspotential nach sich ziehen [Web08] und können auf fahrlässiges Handeln hinweisen:

- Fehlende, mangelhaft dokumentierte oder nicht zugängliche notwendige Anweisungen für das Betriebs- und Servicepersonal,
- Fehlende Nachweise der durchgeführten Unterweisungen des Betriebs- und Servicepersonals,
- Fehlende konsistente Dokumentations- und Arbeitsbasis durch Unterschiede in der Papierversion und der elektronische Version der Anlagendokumentation,
- Bedien- oder Instandhaltungsfehler, die auf fehlende, falsche oder missverständliche Dokumente in der Anlagendokumentation zurückzuführen sind,
- Nicht-Fortschreibung der Genehmigungsunterlagen sowie Nicht-Anzeige von genehmigungsrelevanten Änderungen gegenüber der Behörde
- Unzureichendes Einpflegen von Änderungen an der Anlage sowie zugehöriger Dokumente in die Anlagen- und/oder Betriebsdokumentation.

## 2.5 Anforderungen an eine digitale Lebenslaufakte

In diesem Kapitel wurden unterschiedliche Modelle, Methoden und Technologien vorgestellt, die bei der Umsetzung von digitalen Lebenslaufakten berücksichtigt werden sollten. Die Betrachtung der einzelnen Realisierungsaspekte ist für die ganzheitliche Unterstützung der Betriebsprozesse unzureichend. Nur durch die integrierte Betrachtung aller Aspekte kann eine effiziente Unterstützung der Betriebsprozesse sichergestellt werden, und der Betrieb einer verfahrenstechnischen Anlage wirtschaftlich und sicher gestellt werden. Im Folgenden werden die Anforderungen vorgestellt, die an das in dieser Arbeit entwickelte Konzept der digitalen Lebenslaufakten erfüllen muss und so die integrierte Betrachtung aller Realisierungsaspekte sicherstellen sollen. Diese leiten sich aus auch aus den Handlungsfeldern ab, die in Abschnitt 2.1.2 detailliert vorgestellt wurden. Der Werkzeugaspekt wird bei der Realisierung des Konzeptes der digitalen Lebenslaufakten berücksichtigt und wird daher an dieser Stelle nicht betrachtet. Die einzelnen Anforderungen sind in Form eines Anforderungskatalogs in Tabelle 2.1 zusammengefasst.

---

Daten-, Informations- und Dokumentenaspekt:

Abbildung einer Anlage inklusive Meta-Daten und einer Anlagenstruktur

Abbildung einer Anlagendokumentation inklusive Meta-Daten und einer Dokumentationsstruktur

Einbindung von Dokumentenvorlagen

Abbildung von Prüfungen inklusive Meta-Daten

---

Rechtlicher Aspekt:

Abbildung einer Informationsbasis inklusive Rechtsquellen und Meta-Daten

Abbildung von Anforderungen an eine Anlagendokumentation

---

Prozessaspekt:

Prozesse zur Verwaltung und Pflege der abgebildeten Anlage

Lebenszyklen von Elementen der abgebildeten Anlage

Prozesse zur Verwaltung und Pflege der Anlagendokumentation

Lebenszyklen von Elementen der Anlagendokumentation

Prozesse zur Verwaltung und Pflege von Prüfungen

Lebenszyklen von Prüfungen

Prozesse zur Verwaltung und Pflege einer Informationsbasis

Lebenszyklen von Elementen der Informationsbasis

---

Integrationsaspekt:

Assoziationen zwischen Elementen aus des Daten-, Informations- und Dokumentenaspekt und Elementen des rechtlichen Aspektes

---

Tabelle 2.1: Anforderungskatalog

**Daten-, Informations- und Dokumentenaspekt:** Anlagendaten und die Anlagendokumentation müssen digital abgebildet werden. Dazu muss ein entsprechendes Informationsmodell zur Verwaltung der Anlagendaten und der Anlagendokumentation erstellt werden. Da viele Daten, Informationen und Dokumente entsprechend einer Anlagenstruktur und einer Dokumentationsstruktur geordnet werden, soll diese mit abgebildet werden können. Mit dieser Anforderung wird das Handlungsfeld *Ablage von Informationen und Dokumenten in digitaler Form* adressiert. Darüber hinaus müssen die abgebildeten Elemente mit Meta-Daten angereichert werden, um ein effizientes Finden von beispielsweise gesuchten Dokumenten der Anlagendokumentation sicher zu stellen. Einzelne Elemente wie Anlagenkomponenten sollten mit Hilfe von Klassifikationssystemen in Klassen unterteilt werden und über ein Nummernsystem eindeutig identifiziert werden können. Hierdurch wird das Handlungsfeld *Effizientes Finden von Daten, Informationen und Dokumenten* adressiert. Prüfungen müssen digital abgebildet werden. Dazu muss ein entsprechendes Informationsmodell zur Verwaltung der in der Prüfung benötigten und entstehenden Daten, Informationen und Dokumenten erstellt werden. Es müssen Dokumentenvorlagen bereitgestellt werden, um eine Vereinheitlichung von gleichen Dokumenten zu erreichen, wodurch die Qualität von Dokumenten sichergestellt werden kann. Diese Anforderung adressiert die Handlungsfelder *Vereinheitlichte und durchgängige Dokumentation* und *Sicherstellung der Qualität von Dokumenten*.

**Prozessaspekt:** Es müssen Prozesse zum Einpflegen, Ändern und Archivieren von Elementen der Anlage, der Anlagendokumentation und der Informationsbasis erarbeitet werden. Es müssen Prozesse zum Planen, Durchführen und Abschließen von Prüfungen erarbeitet werden. Der Lebenszyklus dieser Elemente muss entsprechend abgebildet, gesteuert und überwacht werden, um beispielsweise die Qualität und Aktualität der Anlage und der Anlagendokumentation sicherzustellen. Mit dieser Anforderung wird das Handlungsfeld *Sicherstellung der Qualität von Dokumenten* adressiert.

**Rechtlicher Aspekt:** Grundlegende Daten, Informationen und Dokumente, die beispielsweise zur Entscheidungsfindung verwendet wurden oder Rechtsquellen, die Anforderungen an Dokumente wie einen Prüfbericht stellen, müssen abgebildet werden. Dazu muss ein entsprechendes Informationsmodell zur Verwaltung der Informationsbasis erstellt werden. Das beinhaltet, dass die abgebildeten Elemente der Informationsbasis mit Meta-Daten angereichert werden, um ein effizientes Finden beispielsweise von gesuchten Rechtsquellen sicher zu stellen. Hierdurch wird das Handlungsfeld *Effizientes Finden von Daten, Informationen und Dokumenten* adressiert. Es muss ein entsprechendes Informationsmodell entwickelt werden, mit dem es möglich ist, Anforderungen an eine Anlagendokumentation abzubilden. Mit dieser Anforderung wird das Handlungsfeld *Formalisierung von gesetzlichen Anforderungen an eine Anlagendokumentation* adressiert. Dabei muss es möglich sein, allgemeine gesetzliche Anforderungen, die für alle Anlagen gelten, Anforderungen, die nur für bestimmte Anlagenarten gelten und unternehmensspezifische Anforderungen, wie sie beispielsweise aus unternehmensspezifischen Verfahrensanweisungen resultieren, abzubilden. Dies soll es explizit KMU ermöglichen digitale Technologien im Betrieb von verfahrenstechnischen Anlagen einzusetzen und die Anpassungskosten existierender Werkzeuge zu senken.

**Integrationsaspekt:** Es muss es möglich sein, eine Verbindung von Elementen aus dem Daten-, Informations- und Dokumentenaspekt zu Elementen des rechtlichen Aspektes herzustellen, um so einen Bezug zu den geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen der Anlagendokumentation oder durchgeführter Prüfungen herzustellen. So soll es beispielsweise möglich sein, von einem Prüfbericht auf eine Rechtsquelle zu verweisen, die den Inhalt des Prüfberichts fest legt. Ebenso soll es damit möglich sein, bei getroffenen Entscheidungen auf Elemente der Informationsbasis zu verweisen, um so die Entscheidungsgrundlage festzuhalten. Mit dieser Anforderung werden die Handlungsfelder *Querverweise zu geltenden Rechtsquellen* und *Dokumentation getroffener Entscheidungen über das Ergebnis hinaus* adressiert. Die abgebildeten Anlagendaten und die Anlagendokumentation müssen miteinander vernetzt werden, um so benötigte Informationen effizient finden zu können. Zusätzlich müssen auch abgebildete Prüfungen mit den Anlagendaten und der Anlagendokumentation vernetzt werden. Mit dieser Anforderung wird das Handlungsfeld *Effizientes Finden von Daten, Informationen und Dokumenten* adressiert.

## 2.6 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden die verschiedenen Aspekte vorgestellt, die bei der Realisierung von digitalen Lebenslaufakten zu berücksichtigen sind. Dabei wurde zunächst der Prozessaspekt betrachtet und Prozesse wie der Anlagenlebenszyklus definiert, Geschäftsprozesse, die für die digitale Lebenslaufakte von Bedeutung sind, analysiert und hinsichtlich Schwachpunkten ausgewertet und existierende Vorgehensweisen bei Freigabeprozessen vorgestellt. Im Anschluss daran wurde der Daten-, Informations- und Dokumentenaspekt betrachtet und existierende Produktdatenmodelle, Konzepte für Produktstrukturen, Nummern- und Klassifikationssysteme und Konzepte zur Umsetzung der Gesamtdokumentation einer Anlage vorgestellt. Da viele Werkzeuge innerhalb des Anlagenlebenszyklus eingesetzt werden, müssen diese bei der Realisierung der digitalen Lebenslaufakte berücksichtigt werden. Diese wurden hinsichtlich ihrer Funktion vorgestellt und eine Anbieteranalyse existierende IT-Lösungen für den Betrieb durchgeführt. Da viele rechtliche Rahmenbedingungen beim Betrieb von Anlagen eingehalten werden müssen beziehungsweise Gestaltungsspielräume ermöglichen, um eine Anlage wirtschaftlicher betreiben zu können, wurden diese ebenfalls untersucht. Auf Basis der untersuchten Realisierungsaspekte wurden dann Anforderungen an die digitale Lebenslaufakte abgeleitet.



## Kapitel 3

# Realisierungsstrategien für digitale Lebenslaufakten

Im Kapitel 2 wurden die Aspekte analysiert, die bei der Umsetzung digitaler Lebenslaufakten zu berücksichtigen sind. Im Ergebnis wurden Anforderungen an das Konzept der digitalen Lebenslaufakten spezifiziert. Um die Anforderungen umzusetzen und beispielsweise das benötigte Informationsmodell zu spezifizieren und modellieren, existieren in der Informatik verschiedene Vorgehensmodelle. Diese werden in diesem Kapitel vorgestellt und die Syntax der Unified Modeling Language beschrieben, mit der das Konzept der digitalen Lebenslaufakte modelliert wurde. Im Anschluss daran werden Ansätze für die Systemanpassung vorgestellt, da untersucht werden soll, ob das Konzept der digitalen Lebenslaufakte mit existierenden Werkzeugen umgesetzt werden kann. Dann werden Vorgehensweisen vorgestellt, mit denen die Einführung der digitalen Lebenslaufakte umgesetzt werden kann, damit diese erfolgreich genutzt wird. Das Kapitel schließt mit der Abgrenzung dieser Arbeit zu verwandten Arbeiten und einer Zusammenfassung.

### 3.1 Konzeptentwicklung und Informationsmodellierung

Für die Entwicklung von Konzepten existieren in der Informatik verschiedene Vorgehensmodelle, die die Abläufe zur Entwicklung von Software beschreiben. Im Folgenden werden verbreitete Softwareentwicklungsmodelle und Modellierungssprachen vorgestellt und eines für diese Arbeit ausgewählt.

#### 3.1.1 Vorgehensmodelle

In der Informatik existieren verschiedene Vorgehensmodelle, die bei der Softwareentwicklung eingesetzt werden. Diese eignen sich für unterschiedliche Entwicklungsprojekte, da jedes einzigartige Stärken und Schwächen hat [BPK08]. Vorgehensmodelle dienen dazu, das Software-Projekt zu planen und zu organisieren [SBD<sup>+</sup>10].

Das Wasserfallmodell ist ein sequentielles Modell und wurde 1970 erstmals von Royce veröffentlicht. Bei diesem Vorgehensmodell erfolgt die Softwareentwicklung in den in Abbildung 3.1 dargestellten Phasen. Die Phasen werden sequentiell durchlaufen. Jede Phase muss vollständig abgeschlossen sein, bevor die nächste Phase beginnt [SBD<sup>+</sup>10]. Ein Rücksprung zu der vorhergehenden Phase ist möglich. Es ist das verbreitetste Vorgehensmodell und existiert in unterschiedlichen Varianten [GBB<sup>+</sup>09].

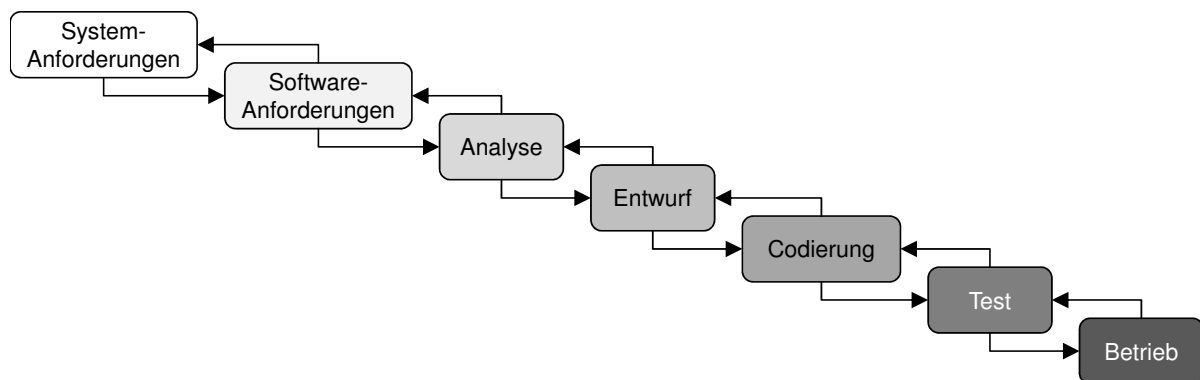


Abbildung 3.1: Wasserfallmodell nach [Roy70]

Dieses Modell definiert und grenzt wichtige Tätigkeiten im Softwareentwicklungsprozess voneinander ab, so dass die Planung von Software-Projekten erleichtert wird und die Entwicklungskosten abgeschätzt werden können. Nachteilig ist allerdings zu sehen, dass das Modell von der Annahme ausgeht, dass die Softwareentwicklung in sequentiellen Phasen abläuft. Dies ist jedoch bei den wenigstens Software-Projekten der Fall und in der Regel überlappen sich die einzelnen Phasen. [PP04]

Eine Erweiterung des Wasserfallmodells ist das V-Modell. Auch hier wird der Softwareentwicklungsprozess in Phasen unterteilt. Diese sind in Abbildung 3.2 dargestellt. Zusätzlich zum Wasserfallmodell werden Qualitätssicherungsmaßnahmen integriert. Die Verifikation und

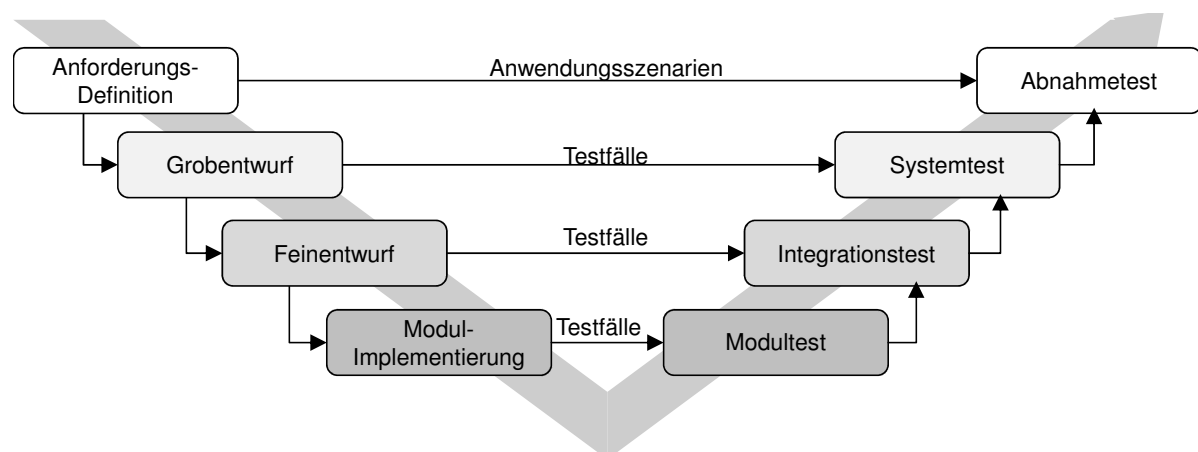


Abbildung 3.2: V-Modell nach [Boe79]



Validierung sind Bestandteile dieses Vorgehensmodells. Unter Verifikation wird die Prüfung der entwickelten Software gegen seine Spezifikation verstanden. Die Software wird auf die Einhaltung der technischen Anforderungen geprüft – also ob die Software richtig entwickelt wurde. Validierung bedeutet, dass die entwickelte Software auf Einhaltung der Kundenanforderungen geprüft wird. Es wird also untersucht, ob die richtige Software entwickelt wurde. [SBD<sup>+</sup>10]

Das V-Modell wird häufig für große Software-Projekte im öffentlichen Bereich eingesetzt, die hohe Anforderungen an die Softwarequalität stellen. Ähnlich wie beim Wasserfallmodell wird der strikte sequentielle Ablauf als nachteilig angesehen. [GBB<sup>+</sup>09]

Der Unified Process gehört zu den iterativ-inkrementellen Vorgehensmodellen. Dabei werden die einzelnen Arbeitsschritte mehrfach durchlaufen, wodurch die Software-Lösung schrittweise verbessert [PP04]. Die Vorgehensweise bei der Anwendung des Unified Process ist in Abbildung 3.3 dargestellt. Im Unified Process wird zwischen Phasen und Arbeitsschritten unterschieden. Es existieren die vier Phasen Beginn, Ausarbeitung, Konstruktion und Umsetzung, in denen jeder Arbeitsschritt zum Teil parallel angewandt wird. Dadurch sollen das Risiken minimiert werden. In jeder Phase werden die Arbeitsschritte unterschiedlich stark gewichtet. Abhängig von der Projektgröße werden in jeder Phase mehrere Iterationen durchgeführt. In der Phase *Beginn* werden wichtige Projektbedingungen wie ein Projektplan fest gelegt. In der Phase *Ausarbeitung* geht es im Wesentlichen um die Analyse von Anforderungen, Festlegung der Systemarchitektur und testen verschiedener Lösungsansätze. In der Phase *Konstruktion* liegen die Schwerpunkte auf der Entwicklung einer lauffähigen Software-Lösung und deren Test. Die Übergabe des Systems an den Kunden, Fehlerbehebung und Anwenderschulung sind Bestandteile der Phase *Umsetzung*. [GBB<sup>+</sup>09]

Die einzelnen Phasen werden anders als beim Wasserfall- oder V-Modell nicht sequentiell abgearbeitet und vor dem Beginn einer neuen Phase muss die vorhergehende Phase nicht vollständig abgeschlossen sein [GBB<sup>+</sup>09]. Dadurch können auch in späten Entwicklungsphasen geänderte Anforderungen berücksichtigt werden [GBB<sup>+</sup>09]. Der Unified Process zeichnet sich darüber hinaus dadurch aus, dass er die Verwendung der standardisierten Modellierungssprache Unified Modeling Language (UML) voraussetzt [Kle13].

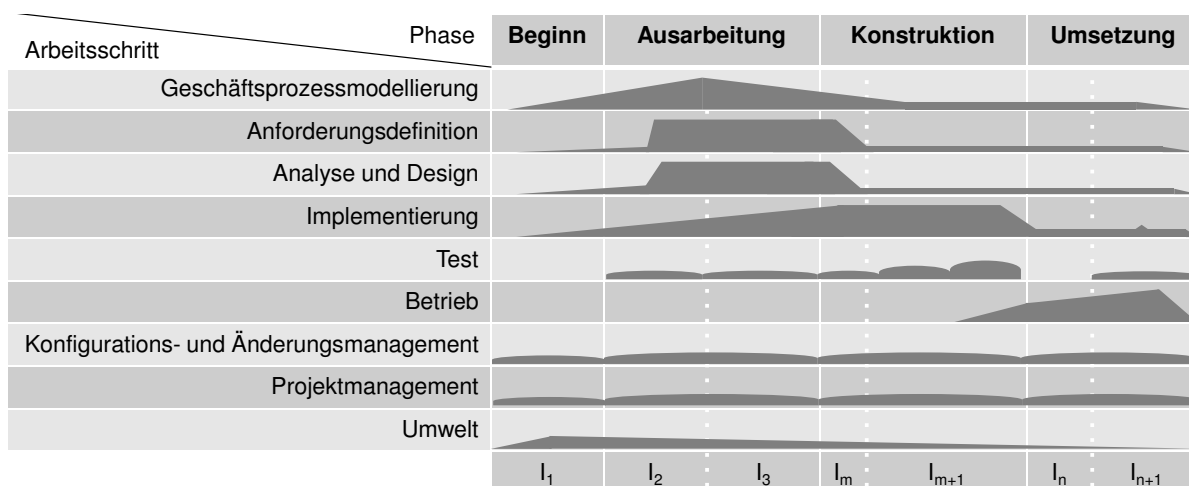


Abbildung 3.3: Rational Unified Process nach [JBR99]

Darüber hinaus existieren in der Informatik auch agile Vorgehensmodellen bei denen die Implementierung der Software-Lösung im Vordergrund steht und der Dokumentationsaufwand auf das Nötigste beschränkt wird [Han10].

Da in dieser Arbeit der Dokumentationsaspekt im Vordergrund steht und nicht ausgeschlossen werden kann, dass Anforderungen während der Entwicklung geändert werden müssen, fiel die Wahl auf den Unified Process. Darüber hinaus können mit UML alle Aspekte digitaler Lebenslaufakten modelliert werden.

### 3.1.2 Unified Modeling Language

Die Unified Modeling Language ist eine Sprache um Modelle von Softwaresystemen zu spezifizieren und visualisieren [OBS12]. UML wird von der Object Management Group ständig weiterentwickelt und standardisiert [OBS12]. Im Folgenden werden die in dieser Arbeit verwendeten Diagrammtypen und Modellelemente erläutert. In Abbildung 3.4 sind die in dieser Arbeit verwendeten Diagrammtypen dargestellt. Generell wird in der UML zwischen Struktur- und Verhaltensdiagrammen unterschieden [PP06]. In Strukturdiagrammen wird die physische Organisation der Systembestandteile und wie diese miteinander in Beziehung stehen dargestellt. In Verhaltensdiagrammen steht das Verhalten der Systembestandteile im Fokus [PP06]. Anwendungsfall-, Klassen-, Paket- und Objektdiagramme zählen zu den Strukturdiagrammen. Aktivitäts- und Zustandsdiagramme zählen zu den Verhaltensdiagrammen.

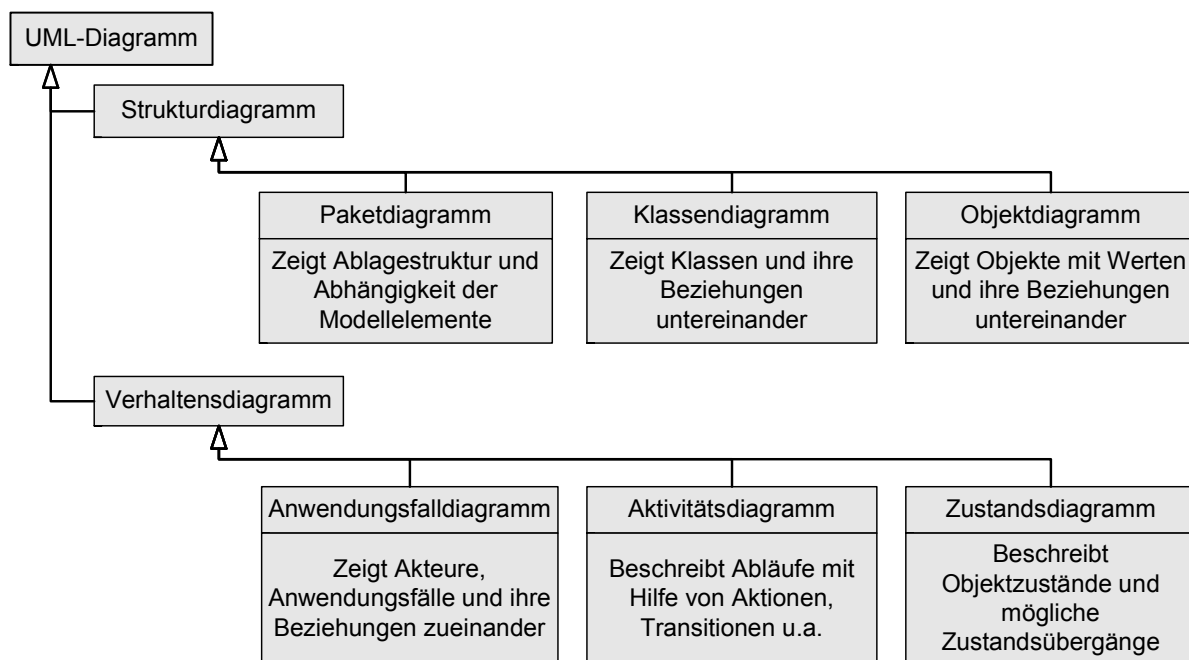


Abbildung 3.4: Verwendete UML-Diagrammtypen in Anlehnung an [OBS12]

In einem Anwendungsfalldiagramm werden Akteure, Anwendungsfälle die Beziehungen zwischen diesen Elementen dargestellt. Es zeigt, welche (Geschäfts-)Prozesse auftreten und wie diese miteinander zusammenhängen. Es zeigt keine Abläufe der Prozesse. Ein Anwendungsfall-

diagramm enthält eine Menge von Anwendungsfällen und eine Menge von Akteuren, die daran beteiligt sind. In Abbildung 3.5 sind die Notationselemente von Anwendungsfalldiagrammen, die in dieser Arbeit verwendet werden, dargestellt. [OBS12, OS13]

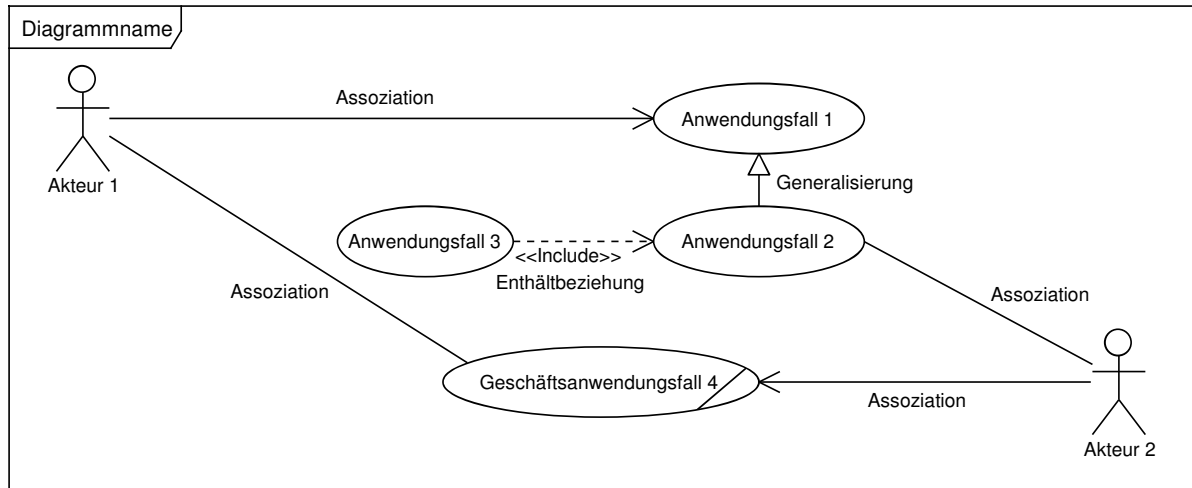


Abbildung 3.5: Elemente eines Anwendungsfalldiagramms

Folgende Elemente von Anwendungsfalldiagrammen werden in dieser Arbeit verwendet:

**Akteur:** Ein Akteur liegt außerhalb des zu realisierenden Systems und ist an der in dem Anwendungsfall beschriebenen Interaktion beteiligt. Ein Akteur kann sowohl ein Mensch als auch ein anderes technisches System sein. [OBS12, OS13]

**Anwendungsfall:** Ein Anwendungsfall beschreibt die Interaktionen von Akteuren mit einem (geschäftlichen oder technischen) System. Ein Anwendungsfall wird durch einen Akteur initiiert und führt zu einem für die Akteure wahrnehmbaren Ergebnis. Er wird in einem Anwendungsfalldiagramm in Form einer Ellipse dargestellt, in der die Bezeichnung des Anwendungsfalls steht. Es wird zwischen Geschäftsanwendungsfällen und Systemanwendungsfällen unterschieden. Ein Geschäftsanwendungsfall beschreibt einen geschäftlichen Ablauf ohne dass eine Systemunterstützung berücksichtigt wird. Ein Systemanwendungsfall beschreibt die Interaktionen mit Systemunterstützung. [OBS12, OS13]

**Assoziation:** Mit Assoziationen werden die Beziehungen zwischen den Modellelementen beschrieben. Im Anwendungsfall drücken sie die Relation zwischen Akteure und Anwendungsfällen aus. [OBS12, OS13]

**Generalisierung:** Eine Generalisierung, die auch als Spezialisierung oder Vererbung bezeichnet wird, ist eine Art der Assoziation zwischen einem allgemeinen und einem speziellen Element. Dabei wird erbt das spezielle Element die Eigenschaften des allgemeinen Elements und es werden dem speziellen Element weitere Eigenschaften hinzugefügt. [OBS12, OS13]

**Enthältbeziehung:** Mit eine Enthält-Beziehung, die eine spezielle Assoziation ist, wird ein Anwendungsfall in einen anderen Anwendungsfall eingebunden [OBS12, OS13].

Um den Ablauf von Anwendungsfällen zu beschreiben, werden Aktivitätsdiagramme eingesetzt. Dabei wird der Ablauf durch verschiedene Arten von Knoten, die durch Objekt- und Kontrollflüsse miteinander verbunden sind, dargestellt. Es wird zwischen Aktions-, Kontroll- und Objektknoten unterschieden. In Aktivitätsdiagrammen wird der Beginn des Ablaufs durch einen Startknoten und das Ende durch einen Endknoten dargestellt. In Abbildung 3.6 sind die Notationselemente von Aktivitätsdiagrammen, die in dieser Arbeit verwendet werden, dargestellt. [OBS12, OS13]

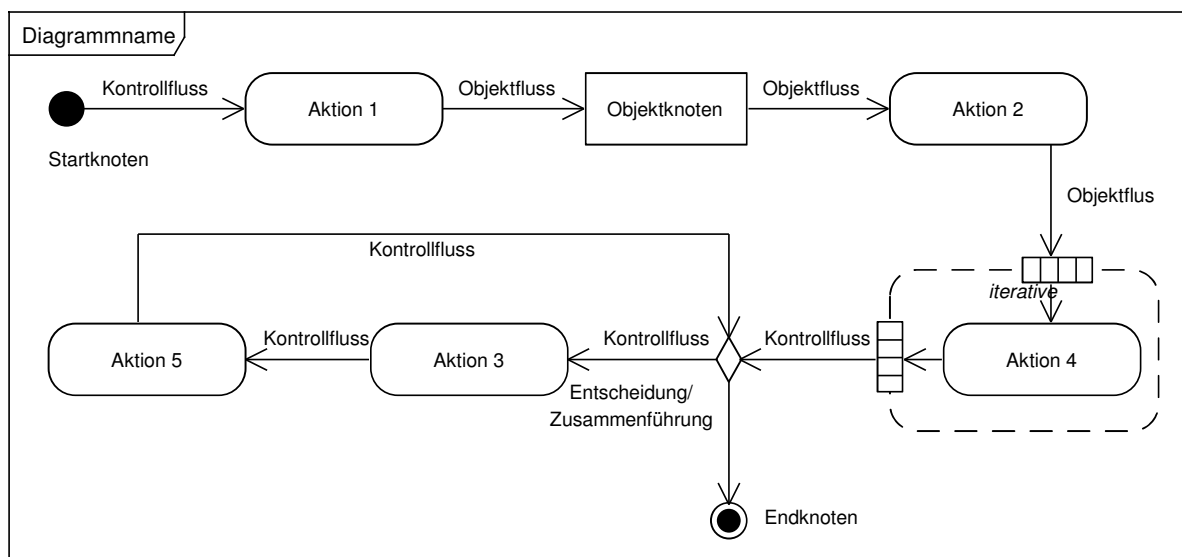


Abbildung 3.6: Elemente eines Aktivitätsdiagramms

Folgende Elemente von Aktivitätsdiagrammen werden in dieser Arbeit verwendet:

**Startknoten:** Mit einem Startknoten wird der Beginn einer Aktivität dargestellt. Er hat ausgehende Kontroll- oder Objektflüsse, aber keine eingehenden. [OBS12, OS13]

**Aktion:** Aktionen sind die kleinste Einheit, um Verhalten zu beschreiben. Eine Aktion hat in der Regel mindestens einen eingehenden und mindestens einen ausgehenden Kontroll- oder Objektfluss. [OBS12, OS13]

**Aktivität:** Das Verhalten, das in einem Aktivitätsdiagramm dargestellt wird, wird als Aktivität bezeichnet. Eine Aktivität kann in mehrere Aktionen unterteilt werden. [OBS12, OS13, PP06]

**Objektknoten:** Mit Hilfe von Objektknoten kann dargestellt werden, welche Datenobjekte in einer Aktivität erzeugt, verändert oder benötigt werden. [PP06]

**Mengenverarbeitungsbereich:** In Mengenverarbeitungsbereichen werden Mengen von Objektknoten wie Objektlisten verarbeitet. Die Verarbeitung in diesen Bereichen kann iterativ oder parallel erfolgen. [OBS12, OS13]

**Entscheidung und Zusammenführung:** Der Entscheidungs- und der Zusammenführungsknoten gehören zu den Kontrollknoten. Ein Entscheidungsknoten hat mindestens einen

ausgehenden Kontroll- oder Objektfluss. Über eine Entscheidung wird ermittelt, welcher der ausgehenden Kontrollflüsse fortgesetzt wird. Ein Zusammenführungsknoten ist das Gegenteil eines Entscheidungsknotens und hat mehrere eingehende Kontroll- oder Objektflüsse und nur einen ausgehenden Kontrollfluss. Er führt die eingehenden Kontrollflüsse zu einem zusammen. [OBS12, OS13, PP06]

**Kontrollfluss:** Kontrollflüsse dienen der Ablaufsteuerung und modelliert die Übergänge zwischen Kontrollknoten. [PP06]

**Objektfluss:** Bei Objektflüssen werden im Gegensatz zu Kontrollflüssen Objekte transportiert. Dadurch wird dargestellt, dass Objekte von einem Aktionsknoten erzeugt, verändert oder benötigt werden [OBS12, OS13]

**Endknoten:** Mit einem Endknoten wird das Ablaufende einer Aktivität dargestellt. Er hat eingehende Kontroll- oder Objektflüsse, aber keine ausgehenden. [OBS12, OS13]

Innerhalb einer Aktivität werden verschiedene Daten benötigt. Diese können mit Hilfe von Klassendiagrammen dargestellt werden. In einem Klassendiagramm werden Klassen und ihre Beziehungen zueinander dargestellt. In Abbildung 3.7 sind die Notationselemente von Klassendiagrammen, die in dieser Arbeit verwendet werden, dargestellt.

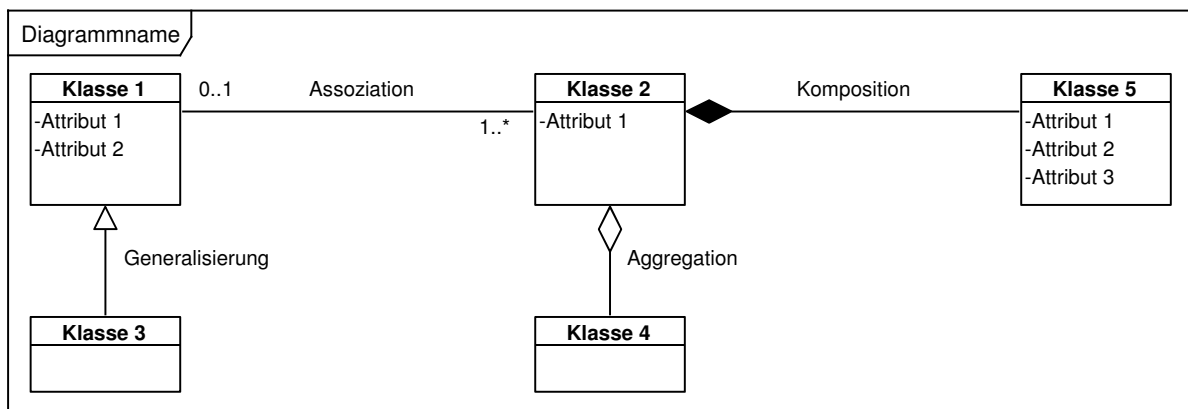


Abbildung 3.7: Elemente eines Klassendiagramms

Die folgenden Notationselemente werden in dieser Arbeit verwendet:

**Klasse:** Eine Klasse definiert Attribute, Operationen und eine Semantik für eine Menge von Objekten. Jedes Objekt einer Klasse enthält die von der Klasse definierten Attribut und belegt diese mit einem individuellen Wert. [OBS12, OS13]

**Assoziation:** Eine Assoziation wird benötigt, um die Verbindung zwischen Klassen zu beschreiben. Am Anfang oder Ende einer Assoziation kann die Multiplizität der Assoziation angegeben werden. Diese wird als einzelne Zahl oder Wertebereich auf jeder Seite der Assoziation notiert. Ist keine Multiplizität angegeben, ist diese 1..n. Die Multiplizität gibt an, wie viele Objekte einer Klasse mit wie vielen Objekten einer anderen Klasse in Beziehung stehen. Jeder Assoziation kann ein Namen gegeben werden. [OBS12, OS13]

**Generalisierung:** Eine Generalisierung drückt aus, dass eine spezielle Klasse alle Eigenschaften und Operationen von einer allgemeinen Klasse erbt und diese erweitern kann. [OBS12, OS13]

**Aggregation:** Mit einer Aggregation wird eine Ganzes-Teil-Hierarchie dargestellt. Eine Aggregation beschreibt, wie sich etwas Ganzes aus seinen Teilen logisch zusammensetzt. Die Klasse, die das Ganze repräsentiert, kann im Gegensatz zur Komposition ohne die Klassen, die die Teile repräsentieren, existieren [OBS12, OS13]

**Komposition:** Mit einer Komposition wird wie bei einer Aggregation eine Ganzes-Teil-Hierarchie dargestellt. Im Gegensatz zur Aggregation ist allerdings kann allerdings die Klasse, die das Ganze repräsentiert, nicht ohne ihre Teile existieren. [OBS12, OS13]

In einem Zustandsdiagramm werden Zustände und Zustandsübergänge dargestellt, die Elemente wie beispielsweise ein einzelnes Objekt annehmen kann. In Abbildung 3.8 sind die Notationselemente von Zustandsdiagrammen, die in dieser Arbeit verwendet werden, dargestellt.

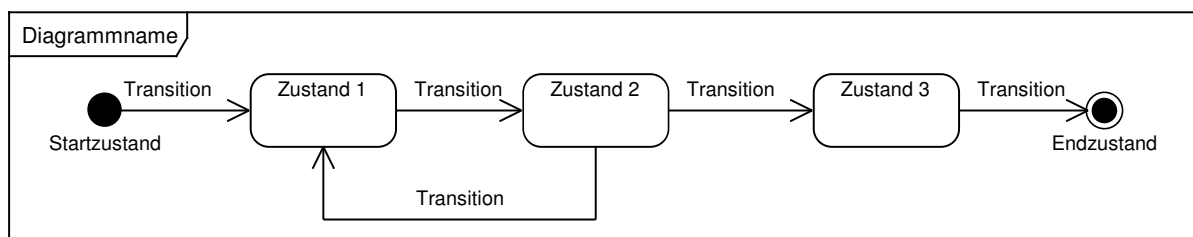


Abbildung 3.8: Elemente eines Zustandsdiagramms

Die folgenden Notationselemente werden in dieser Arbeit verwendet:

**Startzustand:** Der Startzustand ist ein spezieller Zustand, zu dem kein Zustandsübergang führt. Es kann lediglich ein Zustandsübergang von einem Startzustand zu einem anderen Zustand stattfinden. [OBS12, OS13]

**Zustand:** Ein Zustand stellt ein Augenblick im Verhalten eines Elementes wie beispielsweise einer Klasse dar. [PP06]

**Transition:** Ein Zustandsübergang verbindet Zustandsknoten miteinander. [OBS12, OS13]

**Endzustand:** Der Endzustand ist ein spezieller Zustand, von dem kein Zustandsübergang weg führt. Es kann lediglich ein Zustandsübergang von einem Zustand zu einem Endzustand stattfinden. [OBS12, OS13]

Das Paketdiagramm gehören zu den Strukturdiagrammen. Es zeigt eine bestimmte Sicht auf die Struktur des modellierten Systems und dienen dazu, das Gesamtmodell in kleinere, überschaubare Einheiten zu unterteilen. Jedes Element ist Teil von maximal einem Paket, aber kann in anderen Paketen referenziert werden. Pakete können verschachtelt werden und somit weitere Pakete enthalten. In Abbildung 3.9 sind die Notationselemente von Paketdiagrammen, die in dieser Arbeit verwendet werden, dargestellt.

Die folgenden Notationselemente von Paketdiagrammen werden in dieser Arbeit verwendet:

**Paket:** Pakete kapseln verschiedene Notationselemente wie beispielsweise Klassen. [OBS12, OS13]

**Enthältbeziehung:** Die Enthältbeziehung stellt eine hierarchische Struktur zwischen Paketen dar und bedeutet, dass ein Paket Mitglied eines anderen Pakets ist. [PP06]

**Abhängigkeitsbeziehung:** Wenn ein Paket Elemente eines anderen Paketes nutzt, entstehen Abhängigkeitsbeziehungen zwischen den Paketen. [OBS12, OS13]

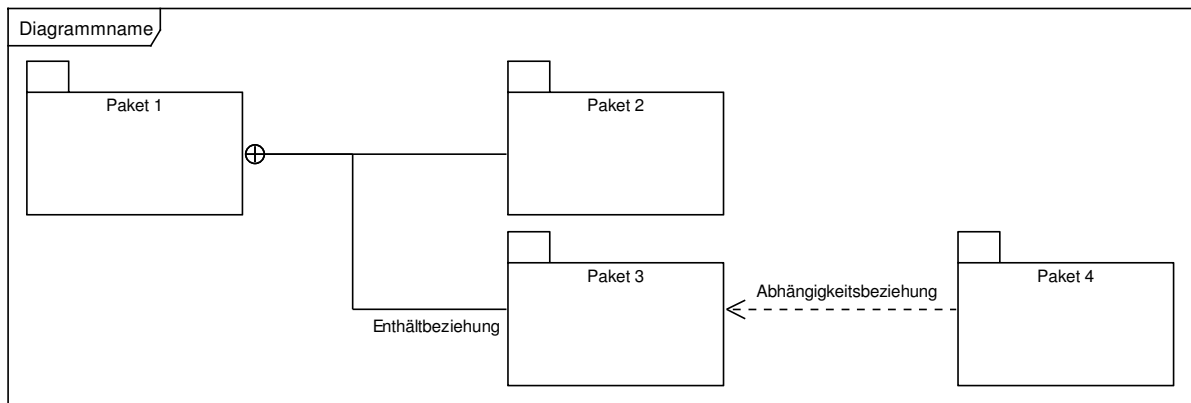


Abbildung 3.9: Elemente eines Paketdiagramms

Ebenso wie das Paketdiagramm gehört auch das Objektdiagramm zu den Strukturdiagrammen. Es zeigt Objekte, ihre Attributwerte und ihre Beziehungen untereinander zu einem bestimmten Zeitpunkt [Bal05]. In Abbildung 3.10 sind die Notationselemente von Paketdiagrammen, die in dieser Arbeit verwendet werden, dargestellt.

Die folgenden Notationselemente von Paketdiagrammen werden in dieser Arbeit verwendet:

**Objekt:** Ein Objekt ist eine Instanz oder ein Exemplar einer Klasse. Ein Objekt belegt die Attribute seiner Klasse mit individuellen Werten. [OBS12, OS13]

**Objektbeziehung:** Objekte werden über Objektbeziehungen miteinander verbunden. Diese Beziehung ist eine Instanz einer Assoziation im Klassendiagramm. [Rum11]

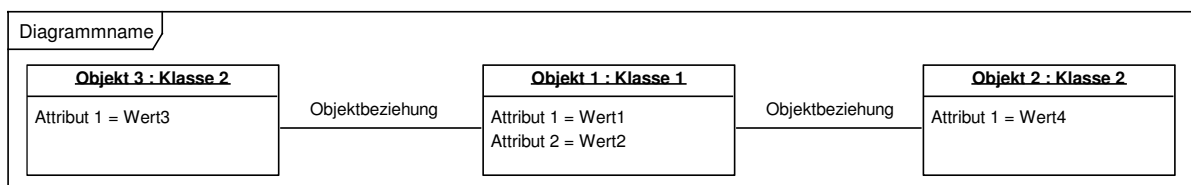


Abbildung 3.10: Elemente eines Objektdiagramms

### 3.1.3 Anwendung von UML im Unified Process

Im Folgenden werden kurz die wesentlichen Schritte bei der Anwendung von UML beschrieben, die auch zur Auswertung der geführten Experteninterviews und zur Erstellung des Konzeptes der digitalen Lebenslaufakte angewandt wurden. Detaillierte Informationen zu einzelnen Schritten bei der Anwendung von UML können beispielsweise in [OBS12, ZBG<sup>+</sup>01] gefunden werden.

Im ersten Schritt wird die Systemidee entwickelt und Interessenshalter identifiziert. Im nächsten Schritt wird der Systemkontext aufgenommen. Dazu werden alle Akteure, die mit dem System zusammenarbeiten identifiziert und die Beziehung zwischen den Akteuren und dem zu erstellenden System modelliert. Akteure können dabei sowohl Nutzergruppen oder Fremdsysteme sein. [OBS12]

Nach der Ermittlung des Systemkontext wird damit begonnen, die Anforderungen an das System mit Hilfe von Anwendungsfällen aufgenommen und beschrieben. Dazu werden im nächsten Schritt Geschäftsanwendungsfälle identifiziert. Für jeden Anwendungsfall werden das auslösende Ereignis und die Ergebnisse bestimmt, um den Beginn und das Ende des Geschäftsanwendungsfalles zu ermitteln. Im Anschluss daran werden Vorbedingungen, Nachbedingungen sowie eingehende und ausgehende Informationen identifiziert. Die Ergebnisse werden in Anwendungsfallbeschreibungen festgehalten. [OBS12]

Parallel zur Beschreibung der Anwendungsfälle werden Materialien, Gegenstände, Beispiele und Muster im Anwendungsbereich identifiziert und studiert. Diese Materialien werden hinsichtlich Relevanz für das zu entwickelte System bewertet. [OBS12]

Im nächsten Schritt werden Systemanwendungsfälle identifiziert. Als Basis dienen die beschriebenen Geschäftsanwendungsfälle. Daraus werden Systemanwendungsfälle abgeleitet, indem entschieden wird, wie die Geschäftsanwendungsfälle systemtechnisch umgesetzt werden sollen. Die Systemanwendungsfälle werden mit Hilfe von Anwendungsfallbeschreibungen beschrieben. [OBS12]

Dann werden die wichtigsten Fachklassen, Aufzählungen und Konfigurationswerte identifiziert und in einem Domänenmodell fest gehalten. Die Beziehungen zwischen den Klassen, Multiplizitäten und Assoziationsnamen werden ebenfalls modelliert. [OBS12]

Nachdem die Anwendungsfälle mit Anwendungsfallbeschreibungen und Domänenmodelle spezifiziert wurden, können Systemablaufmodelle entwickelt werden. Dazu wird jeder Anwendungsfall in mindestens einen elementaren Schritt zerlegt und der Standardablauf wird in einem Aktivitätsdiagramm dokumentiert. Für jeden Schritt wird in dem Anwendungsfalldiagramm Ausnahmen und mögliche Verzweigungen modelliert und der Objektfluss beschrieben. [OBS12]

Nachdem alle Abläufe modelliert wurden, können alle Systemanwendungsfälle in einem Anwendungsfallmodell dargestellt werden und gleiche Schritte in den einzelnen Anwendungsfällen identifiziert werden. Gleiche Schritte können als Systemanwendungsfälle herausgelöst werden, um im Ergebnis ein redundanzfreies Modell zu erhalten [OBS12].

Ausgehend von den Domänenmodellen in der Analysephase werden Design-Klassenmodelle abgeleitet. Dabei werden die Beziehungen zwischen den Klassen detailliert und weitergeleitet und beispielsweise unter Verwendung von Entwurfsmuster Design-Problematiken gelöst. Den Design-Klassen werden Attribute zugeordnet. Dann wird das Modell rekonstruiert und Klassen auf Grund möglicher Gemeinsamkeiten zwischen den Klassen, die auf Basis gleicher Attribute identifiziert werden können, generalisiert. Dann werden mögliche Zustände von Objekten identifiziert und beispielsweise in Zustandsautomaten modelliert. [OBS12]



Weitere Schritte sind die Ableitung von Test oder Systemarchitekturen, die in dieser Arbeit nicht angewandt wurden und daher an dieser Stelle nicht vorgestellt werden. Informationen zu weiteren Schritten können beispielsweise in [OBS12, ZBG<sup>+</sup>01] gefunden werden.

## 3.2 Systemadaption

Bei der Systemadaption, die auch als Systemanpassung oder Customizing bezeichnet wird, wird eine Software-Lösung an die Spezifik eines Unternehmens angepasst. Nach [ADE<sup>+</sup>11] werden drei Stufen des Customizings unterschieden:

- administrative Ebene,
- logische Ebene oder
- funktionale Ebene,

Bei der administrativen Ebene werden alle Grundlegenden Aspekte und Aspekte bezüglich der Benutzerverwaltung und -organisation angepasst [ADE<sup>+</sup>11]. Die Einstellungen in der administrativen Ebene erfolgen häufig über Parametrisierung. Bei der Parametrisierung werden nach [Ada02] vorgegebene Funktionen, Prozesse oder Formate verwendet, um die Anpassung zu realisieren. Die Anpassungsmöglichkeiten sind daher durch die vom System bereitgestellten Funktionalitäten beschränkt [Ada02]. Durch diese Art der Anpassung werden häufig Fehler bei der Systempflege vermieden wie sie beispielsweise bei Systemupdate auftreten können [Ada02].

Aspekte wie Workflows, Meta-Modelle für Produkte, Zustände, Klassifikationen, Regeln oder Nummernsysteme werden in der logischen Ebene eingestellt [ADE<sup>+</sup>11]. Diese Einstellungen können in derzeit existierenden Systemen über zwei Wege erfolgen: zum einen können diese Einstellungen über eine grafische Benutzeroberfläche mit entsprechenden Eingabemasken erfolgen und zum anderen über Schriftsprachen [ADE<sup>+</sup>11]. Auch hier ist demnach die Anpassung über eine Parametrisierung möglich. Meta-Modelle von Produkten oder Workflows können nach [Ada02] durch Anpassung beziehungsweise Erweiterung der Referenzmodelle angepasst werden.

Bei der funktionalen Ebene erfolgen Eingriffe in die Systemfunktionen, um benötigte zusätzliche Systemfunktionalitäten hinzuzufügen [ADE<sup>+</sup>11]. Dazu wird in der Regel sowohl das Datenschema des Systems als auch der Quelltext des Systems geändert [ADE<sup>+</sup>11]. Diese Art der Anpassung entbindet den Hersteller des Systems im Allgemeinen von seinen Gewährleistungspflichten [Ada02]. Außerdem führt diese Art der Systemanpassung beim Versionswechsel des Systems häufig zu Problemen, so dass die erweiterten Funktionalitäten nicht mehr verwendet werden können oder das Kernsystem nicht mehr richtig funktioniert [Ada02]. Das Customizing sollte möglichst nur auf den ersten zwei Ebenen stattfinden, da die benötigten Hilfsmittel meist anwendernah bereitgestellt werden und diese Anpassungen auch von dem Unternehmen selbst durchgeführt werden können [ADE<sup>+</sup>11]. Nur die Erstanpassung sollte mit einem externen Dienstleister durchgeführt und entsprechende Mitarbeiterschulungen angeboten werden [ADE<sup>+</sup>11]. Darüber hinaus sollte diese Anpassung für die spätere Pflege ausführlich dokumentiert werden [ADE<sup>+</sup>11]. Dadurch können die Pflegeaufwände für solch ein System minimiert werden und die Einbindung externer Dienstleister kann auf das nötigste beschränkt werden [ADE<sup>+</sup>11].

Bei der Einführung von Softwaresystemen stehen die unternehmensspezifischen Prozesse und Organisationsstrukturen im Mittelpunkt, da diese durch den Einsatz einer Software-Lösung unterstützt werden sollen. Bei der Anpassung von Standardsoftwaresystemen wird nach [Ada02] in diesem Zusammenhang von Prozessanpassung oder Softwareanpassung gesprochen. Bei der Softwareanpassung wird die Software-Lösung an die unternehmensspezifischen Prozesse und Organisationsstrukturen angepasst. Dadurch wird eine optimale Unterstützung der ablaufenden Prozesse gewährleistet, jedoch ist diese Art der Anpassung auch mit hohen Kosten für die Anpassung verbunden. Darüber hinaus muss die Software-Lösung eine flexible Anpassung zu lassen. Bei der Prozessanpassung werden die unternehmensspezifischen Prozesse an die Funktionalität der Software-Lösung angepasst. Dadurch wird im Allgemeinen keine optimale Prozessunterstützung erreicht, jedoch sind die Kosten für die Systemanpassung, -einführung und -pflege deutlich geringer als bei der Systemanpassung. In der Regel wird bei einer Anpassung eine Mischung aus der System- und Prozessanpassung durchgeführt. [Ada02, ADE<sup>+</sup>11]

### 3.3 Systemeinführung

In [VDI 2219] wird unter anderem die Einführungsstrategie von Produktdatenmanagementsystemen definiert. Da Produktdaten ebenfalls ein Schwerpunkt digitaler Lebenslaufakten sind, kann die in [VDI 2219] beschriebene Vorgehensweise auch für die Einführung digitaler Lebenslaufakten verwendet werden. Diese Vorgehensweise besteht, wie in Abbildung 3.11 dargestellt, aus den fünf Schritten Projektdefinition, Ist-Analyse, Soll-Konzeption, Systemauswahl und Einführung und Betrieb.



Abbildung 3.11: Vorgehensweise zur Systemeinführung nach [VDI 2219]

In der Projektdefinition wird das Projektteam zusammengestellt, die Zielstellung und Verantwortlichkeiten definiert. Unter Umständen kann auch die Einbindung externer Berater in den Einführungsprozess sinnvoll sein, um eine unabhängige Sichtweise zu gewährleisten. [VDI 2219]

Der Fokus der Analysephase liegt auf der Erfassung der Organisation, der IT-Infrastruktur und relevanter Geschäftsprozesse. Dabei sollten Informationsflüsse analysiert und dokumentiert werden, um die ablaufenden Prozesse zu überprüfen und gegebenenfalls zu optimieren. [VDI 2219]

In der Phase der Soll-Konzeption werden schwerpunktmäßig organisatorische und technische Rahmenbedingungen festgelegt. Im Ergebnis entsteht eine Grobspezifikation für das spätere System, das Informationen darüber enthält, welche Funktionalitäten wie umgesetzt werden sollen. Parallel dazu wird eine Marktanalyse existierender Systeme vorgenommen, um diese im Schritt Systemauswahl vergleichen und bewerten zu können. [VDI 2219]

Auf Basis der Grobspezifikation und der Marktanalyse werden in der Phase Systemauswahl zunächst Kriterien für die Bewertung der recherchierten Systeme festgelegt. Dann erfolgt eine Bewertung der Systeme und maximal drei Systeme werden in einer Vorauswahl bestimmt.

Dann werden Angebote für diese drei Systeme eingeholt und tiefergehende Analysen durchgeführt. [VDI 2219]

In der Phase Einführung und Betrieb erfolgt die Systemanpassung an die Spezifik des Unternehmens. Wurden alle erforderlichen Anpassungen vorgenommen, wird ein Systemtest in einer eigenständigen Testumgebung vorgenommen, um die Umsetzung an Hand festgelegter Kriterien zu überprüfen. Hier sollte der Fokus auf die umgesetzten Nutzeranforderungen liegen, um von Beginn an eine hohe Benutzerakzeptanz zu erreichen. Wenn die Prüfung erfolgreich war, erfolgt die schrittweise Einführung des Systems in das Unternehmen. [VDI 2219]

Bei der Systemeinführung wird nach [ES09] grundsätzlich zwei Realisierungsstrategien unterschieden:

**Vertikale Realisierung:** Bei dieser Realisierung wird das System zunächst für einen Kernbereich eingeführt und nach erfolgreicher Einführung bei einem Kernbereich wird der Einsatz des Systems auf das ganze Unternehmen angewandt. Durch die schrittweise Einführung soll das Risiko der Gesamtinvestition minimiert werden. Von Vorteil ist, dass gewonnene Erfahrungen aus den einzelnen Teilschritten in Folgeschritten einfließen können und so der Erfolg der Einführung maximiert wird

**Horizontale Realisierung:** Bei dieser Realisierung werden von Beginn an alle relevanten Bereiche des Unternehmens berücksichtigt. Dies bedeutet allerdings auch einen erhöhten Anfangsaufwand.

Die Auswahl einer dieser Realisierungsstrategien erfolgt immer unternehmensspezifisch. Es kann also keine generelle Aussage getroffen werden, welche der beiden Realisierungsstrategien die beste Wahl ist. [ES09]

In der Literatur existieren verschiedene Einführungsstrategien, die in [Bit09] detailliert beschrieben und analysiert werden. Dazu wurde die Vorgehensweise aus [VDI 2219] als Referenz für eine Vorgehensweise bei der Systemeinführung genutzt. Dabei wurde festgestellt, dass Defizite beispielsweise bezüglich der Orientierung am Faktor »Mensch« oder Prozessen existieren [ES09]. Auch in [ADE<sup>+</sup>11] wird der Mitarbeitermotivation und der Beachtung Human Factors eine große Bedeutung bei der Einführung entsprechender Systeme zugesprochen. Daher wurde in [Bit09, Sch10b] die in [VDI 2219] dargestellte Vorgehensweise um Human Factor und Prozessbetrachtungen ergänzt.

Bei dieser erweiterten Vorgehensweise wird die Projektdefinition um eine Befragung unter den Kunden und Zulieferern bezüglich Effizienz der Prozesse ergänzt. Zusätzlich wird ein grober Projektplan erarbeitet und Einführungsaspekte fest gelegt wie beispielsweise die betrachteten Produkte oder Standorte. [Bit09, Sch10b, ES09]

In der Ist-Analyse liegt der Fokus auf der Analyse relevanter Geschäftsprozesse. Diese Analysen dienen dazu Schwachstellen zu identifizieren und zu bewerten. Aus diesen Analysen werden erforderliche Systemfunktionalitäten in Form von Anforderungen abgeleitet. Diese sollten in einem nächsten Schritt priorisiert werden und sowohl eine Aufwandsabschätzung und die Ermittlung des Einsparpotentials der einzelnen Anforderungen durchgeführt werden, so dass im Ergebnis eine Übersicht über die Relevanz der Anforderungen entsteht. [Bit09, Sch10b, ES09]

In der Phase der Soll-Konzeption werden die aufgenommenen Prozesse optimiert und Soll-Prozesse spezifiziert. Zusätzlich dazu wird in der erweiterten Vorgehensweise eine PLM-Matrix

erstellt, in der Prozesse, Benutzerrollen, Funktionalitäten und Systemkomponenten miteinander in Beziehung gesetzt werden. Im Ergebnis entsteht ein unternehmensspezifisches Gesamtkonzept, das beispielsweise den Anforderungskatalog, ein Integrationskonzept für existierender Systeme und einen Maßnahmenkatalog enthält. Auf Basis des Gesamtkonzeptes wird ein detaillierter Projektplan erstellt. [Bit09, Sch10b, ES09]

Die Phase Systemauswahl wird in der erweiterten Vorgehensweise um die Bewertung der vorausgewählten Systeme durch spätere Benutzer ergänzt. Dies kann beispielsweise durch Anbieterpräsentationen oder hausinterne Testinstallationen umgesetzt werden. Danach bewerten die Benutzer die Systeme an Hand von Fragenkatalogen, um so die Nutzerakzeptanz der einzelnen Systeme bewerten zu können. [ES09]

In der erweiterten Vorgehensweise werden in der Phase Einführung und Betrieb Veranstaltungen organisiert, bei denen die Mitarbeiter in die Einführung und kontinuierliche Pflege des Systems mit eingebunden werden, um so die Nutzerakzeptanz zu erhöhen. Eine hohe Nutzerakzeptanz und die Einbindung der Mitarbeiter entscheiden oft über den Erfolg oder Misserfolg einer Systemeinführung. [ES09, ADE<sup>+</sup>11]

### 3.4 Verwandte Arbeiten

Im Bereich Modellierung von Daten und Informationen zu verfahrenstechnischen Anlagen existieren einige verwandte Arbeiten, die an dieser Stelle vorgestellt werden. Die vorliegende Arbeit wird zusätzlich von diesen Arbeiten abgegrenzt.

So existiert beispielsweise mit der ISO 15926 (Industrial automation systems and integration – Integration of life-cycle data for process plants including oil and gas production facilities) ein Standard, der die in den verschiedenen Lebenszyklusphasen anfallenden Daten von Prozessanlagen in den verschiedenen Disziplinen wie Automatisierung oder Prozess integriert [FJG<sup>+</sup>10]. Die ISO 15926-Initiative ging aus anderen ISO-Initiativen hervor, deren Schwerpunkt die Modellierung verfahrenstechnischer Anlagen war, wie beispielsweise die ISO 10303-Initiative (STEP) [Ada08]. Der Standard besteht aus verschiedenen Teilen mit unterschiedlichen Schwerpunkten [FJG<sup>+</sup>10]. So wird beispielsweise in Teil 2 ein Meta-Modell definiert [FJG<sup>+</sup>10]. In der ISO 15926 werden zusätzlich zur Modellierung der Anlage auch die Änderung der Anlage über die Zeit, die beispielsweise durch Instandhaltungsmaßnahmen ausgelöst werden [FJG<sup>+</sup>10]. Die ISO 15926 im Gegensatz zu dem in dieser Arbeit vorgeschlagenen Konzept allerdings nicht die Anforderungen an die Dokumentation einer Anlage ab, die aus den rechtlichen Rahmenbedingungen resultieren. Ebenso werden Aspekte bezüglich eines Expertenbasierten Bewertungsverfahrens für die Prüffristenverlängerung nach BetrSichV nicht explizit betrachtet. Die Aspekte, die bezüglich der Modellierung der Anlage in der ISO 15926, von vielen Experten und Unternehmen im verfahrenstechnischen Bereich erarbeitet wurden und für diese Arbeit relevant waren, wurden für das Konzept der digitalen Lebenslaufakte übernommen. Somit kann das Konzept der digitalen Lebenslaufakte als Erweiterung der ISO 15926 um rechtliche Anforderungen bezüglich der Anlagendokumentation und Abbildung von erforderlichen Daten für die Prüffristenverlängerung angesehen werden.

In dem Projekt EUMONIS sollen Dienstleistungs- und Kooperationskonzepte für den Betrieb von erneuerbaren Energieanlagen erstellt und realisiert werden [FIR13]. Einzigartig an diesem Projekt ist, dass die drei Bereiche der Wind-, Solar- und Bioenergie integrativ betrachtet

werden [FIR13]. Innerhalb von EUMONIS sollen Monitoring- und Steuerungssystemen zur Unterstützung von Geschäftsmodellen von Komponentenlieferanten, Anlagenherstellern, Energieparkbetreibern, Netzbetreibern und externen Dienstleistern aufgebaut werden [DIN13]. Zusätzlich dazu sollen Schnittstellen, Austauschformaten, Vorgehensweisen, Methoden projektübergreifend und branchenbezogen harmonisiert werden [FIR13]. Innerhalb dieses Projektes soll eine digitale Lebenslaufakte für den zwischenbetrieblichen Datenaustausch, um eine technische Betriebsführung zu erreichen [Sch13b, SH13]. Dazu sollen nach [DIN13] die drei folgenden DIN-Spezifikationen erstellt werden:

- DIN SPEC 91303: Bestandteile und Struktur einer Lebenslaufakte für Erneuerbare-Energie-Anlagen
- DIN SPEC 91310: Klassifikation von Dienstleistungen für die Instandhaltung und technische Betriebsführung von Erneuerbare-Energie-Anlagen
- DIN SPEC 91312: Datenaustausch für Erneuerbare-Energie-Anlagen auf Basis eines standardisierten Datenmodells und Schnittstellenspezifikationen

Seitens des Gremiums, das die DIN-Spezifikationen erarbeiten soll, wurde eine Zusammenarbeit angefragt, so dass die in dieser Arbeit erzielten Ergebnisse in die Standardisierung mit einfließen können und das Konzept der digitalen Lebenslaufakte auf Erneuerbare-Energien-Anlagen übertragen wird und in einer anderen Domäne validiert werden kann.

## 3.5 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden zunächst Vorgehensmodelle zur Systemmodellierung und -umsetzung aus der Informatik vorgestellt. Dabei wurde der Unified Process für diese Arbeit ausgewählt. Dieser setzt die Verwendung der Unified Modeling Language voraus. Die Notation der in dieser Arbeit verwendeten Elemente und Diagramme der UML wurden vorgestellt. Im Anschluss daran wurden Ansätze vorgestellt, mit denen eine Systemanpassung durchgeführt werden kann, um die digitale Lebenslaufakte mit existierenden Systemen umzusetzen. Danach wurden Vorgehensweisen zur Systemeinführung dargestellt und die zu berücksichtigenden Aspekte wie eine hohe Nutzerakzeptanz herausgearbeitet.



## Kapitel 4

# Konzept der digitalen Lebenslaufakte

Durch die Ist-Analyse wurde gezeigt, dass derzeit mehrere Defizite im Bereich der Betriebsunterstützung verfahrenstechnischer Anlagen existieren. Es wurden entsprechende Handlungsfelder aufgezeigt und Maßnahmen identifiziert, mit denen die aufgetretenen Problemfelder geschlossen werden können. In diesem Kapitel wird das erarbeitete Konzept der digitalen Lebenslaufakte vorgestellt, das die in Kapitel 2.5 beschriebenen Anforderungen erfüllen soll. Dazu wird zunächst eine Spezifikation erstellt und Anwendungsfälle vorgestellt, die entsprechende Prozesse beinhalten, die durch die digitale Lebenslaufakte unterstützt werden soll. Dann erfolgt der Entwurf eines Informationsmodells, mit dem diese Prozesse unterstützt werden sollen. Zur Entwicklung der Anwendungsfälle, der Anwendungsfallabläufe, des Informationsmodells und der zugehörigen Zustandsautomaten wurden anerkannte Methoden und Vorgehensweisen aus der Softwareentwicklung mit dem Unified Process eingesetzt, der in Kapitel 3 vorgestellt wurde.

### 4.1 Anwendungsfälle digitaler Lebenslaufakten

Innerhalb der Lebenszyklusphase Betrieb werden, wie bereits in Anhang A.2 beschrieben, die Anwendungsfälle *Revision durchführen* und *Anlage nutzen* ausgeführt. Die Akteure, die an diesen Anwendungsfällen teilnehmen, wurden in Anhang A.2.1 detailliert beschrieben. Im Folgenden wird auf die spezifizierten Prozesse dieser beiden Anwendungsfälle eingegangen, wie sie mit der Unterstützung digitaler Lebenslaufakten durchgeführt werden. Als Basis für die Spezifikation wurden Anwendungsszenarien erarbeitet, die auf den Prozessen aus der Anforderungsanalyse basieren und Aspekte wie beispielsweise Freigabeprozesse berücksichtigen, die Kapitel 2 erläutert wurden. Um die daraus entwickelten Anwendungsfälle von den analysierten Anwendungsfällen unterscheiden zu können, werden diese als *Revision durchführen (Soll)* und *Anlage nutzen (Soll)* bezeichnet.

### 4.1.1 Anwendungsfall »Revision durchführen (Soll)«

Der Anwendungsfall *Revision durchführen (Soll)* beinhaltet, wie in Abbildung 4.1 dargestellt, den Anwendungsfall *Prüftechnischen Teil durchführen (Soll)*. Der Prüftechnische Teil kann, wie in Kapitel A.2.2 dargestellt, entsprechend der Experten-Methode in der TÜV-Ausprägung durchgeführt werden. Diese ist in dem Anwendungsfall *Prüftechnischen Teil entsprechend Experten-Methode durchführen (TÜV-Ausprägung) (Soll)* enthalten. Im Folgenden wird exemplarisch der Prozess zur Durchführung einer Prüfung, der im prüftechnischen Teil vorgesehen ist, vorgestellt, wie er mit Unterstützung einer digitalen Lebenslaufakte durchgeführt wird. Dieser Prozess wurde um die Abläufe zur Einpflege, Genehmigung und Freigabe von wichtigen Dokumenten wie dem Prüfplan oder dem Prüfbericht, die in der Anforderungsanalyse identifiziert wurden, in die digitalen Lebenslaufakte ergänzt.

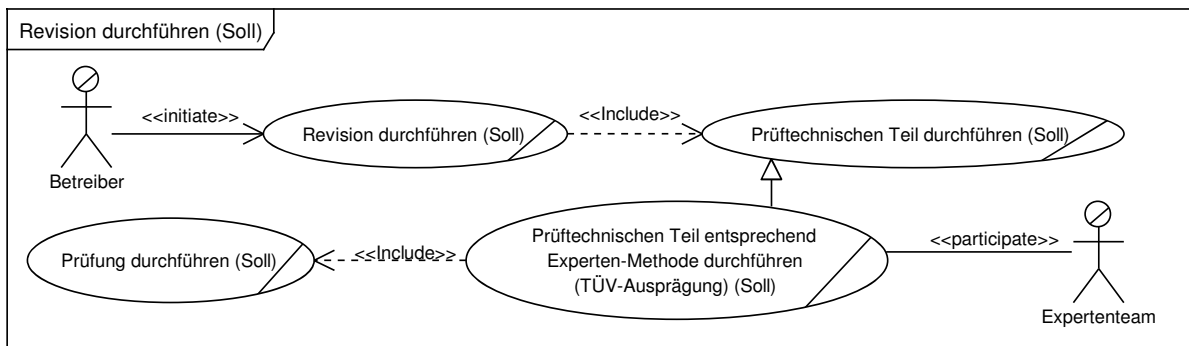


Abbildung 4.1: Anwendungsfalldiagramm »Revision durchführen (Soll)«

Der Anwendungsfall *Prüfung durchführen* ist in Tabelle 4.1 zusammengefasst. Die ersten drei Schritte sind in Abbildung 4.2 in Form eines Aktivitätsdiagramms dargestellt.

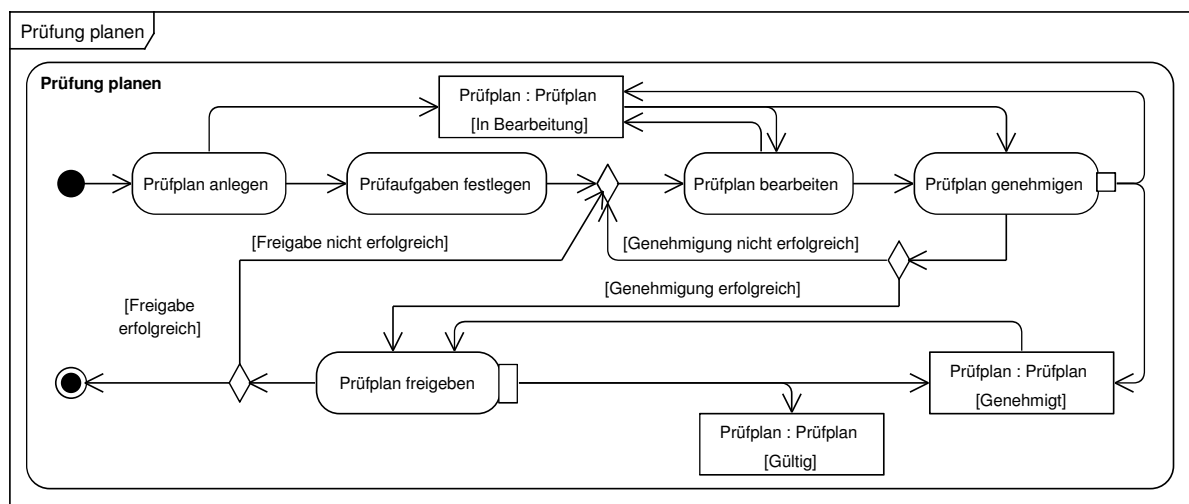


Abbildung 4.2: Aktivitätsdiagramm »Prüfung planen«



Als erste Tätigkeit legt der Betreiber eine Prüfung zu dem prüfenden Erzeugnis an. Dazu wählt der Betreiber das entsprechende Erzeugnis aus und legt eine Prüfung an. Das Expertenteam plant im nächsten Schritt die durchzuführende Prüfung und einzelne Prüfaufgaben werden festgelegt. Die Prüfaufgaben werden dann in einem Prüfplan zusammengefasst. Dazu wird ein Prüfplan angelegt und bearbeitet. Nach der Bearbeitung wird der Prüfplan genehmigt

Name:	Prüfung durchführen
Kurzbeschreibung:	An einem Erzeugnis soll eine Prüfung durchgeführt werden.
Akteur:	Prüfdienstleister, Betreiber, Expertenteam
Auslöser:	An einem Erzeugnis soll eine Prüfung durchgeführt werden.
Ergebnis(se):	Die Erzeugnisse wurden geprüft. Eventuelle Mängel wurden festgehalten. Die durchgeführte Prüfung ist dokumentiert.
Eingehende Daten:	Prüfaufgabe, Qualifikation des Prüfdienstleisters und des Unternehmens, in dem er angestellt ist, Rechtsquellen, die den Stand der Technik beispielsweise bezüglich des eingesetzten Prüfverfahrens beschreiben.
Vorbedingungen:	Das zu prüfende Erzeugnis kann als überwachungsbedürftige Anlage nach BetrSichV eingestuft werden.
Nachbedingungen:	Die durchgeführte Prüfung ist dokumentiert.
Grober Ablauf:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Prüfung wird angelegt.</li> <li>2. Prüfaufgaben festlegen.</li> <li>4. Der Prüfplan wird angelegt, bearbeitet, genehmigt und freigegeben.</li> <li>5. Die Prüfung wird durchgeführt.</li> <li>6. Eine Ordnungsprüfung wird durchgeführt.</li> <li>7. Falls die Ergebnisse der Ordnungsprüfung nicht in Ordnung sind, müssen die Mängel beseitigt werden und es wird erneut eine Ordnungsprüfung durchgeführt.</li> <li>8. Für jede Prüfaufgabe innerhalb der Prüfung wird diese vorbereitet, durchgeführt, falls es erforderlich, wird eine Prüfung der sicheren Funktion durchgeführt und das Prüfergebnis aufgezeichnet.</li> <li>9. Die Durchführung der Prüfung ist abgeschlossen und wird dokumentiert.</li> <li>10. Jedes Prüfergebnis der Prüfaufgaben wird befundet.</li> <li>11. Es wird ein Prüfbericht angelegt, bearbeitet, genehmigt und freigegeben.</li> <li>12. Falls erforderlich, wird eine Prüfbescheinigung angelegt, bearbeitet, genehmigt und freigegeben.</li> <li>13. Die Prüfung ist abgeschlossen.</li> </ol>

Tabelle 4.1: Anwendungsfallbeschreibung »Prüfung durchführen«

und freigegeben. Damit soll sichergestellt werden, dass alle erforderlichen Informationen im Prüfplan enthalten sind. Erst wenn der Prüfplan freigegeben wurde, kann die Prüfung fortgesetzt werden.

Sobald der Prüfplan genehmigt wurde, kann die Prüfung in die Phase der Durchführung überführt werden. In der Durchführungsphase führt der Prüfdienstleister eine Ordnungsprüfung durch. Mit der Ordnungsprüfung prüft der Prüfdienstleister, ob alle relevanten Dokumente vorhanden und verfügbar sind. Ist dies nicht der Fall, müssen die fehlenden Dokumente vom Betreiber erstellt oder beschafft werden. Im Anschluss führt der Prüfdienstleister jede der im Prüfplan enthaltenen Prüfaufgaben aus. Bevor der Prüfdienstleister die Prüfaufgabe durchführen kann, wird zuvor die Prüfaufgabe vorbereitet. Dazu gehört beispielsweise, dass der Prüfdienstleister die notwendigen Hilfsmittel bereitstellt. Sobald die Vorbereitung der Prüfaufgabe abgeschlossen ist, wird die Prüfaufgabe durchgeführt. Gleichzeitig werden die Prüfergebnisse aufgezeichnet. Erst wenn die Aufzeichnung der Prüfergebnisse abgeschlossen ist und die Prüfaufgabe durchgeführt wurde, kann, falls es erforderlich ist, der Prüfdienstleister eine Prüfung der sicheren Funktion durchführen. Dieser Ablauf ist zusammenfassend in Abbildung 4.3 dargestellt. Dieser Prozess entspricht dem analysierten Prozess zur Erledigung einer Prüfaufgabe ergänzt um Objekte wie Prüfaufgaben und Prüfergebnisse, die in der Lebenslaufakte abgelegt werden müssen.

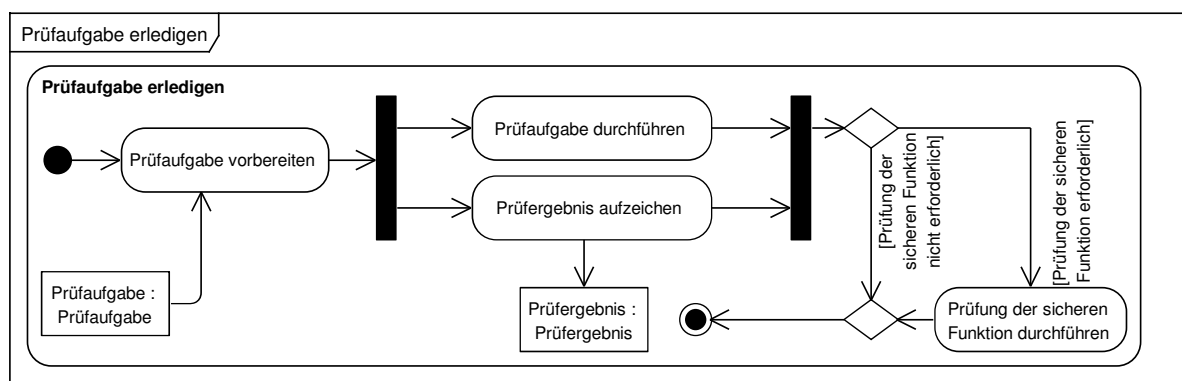


Abbildung 4.3: Aktivitätsdiagramm »Prüfaufgabe erledigen«

Nachdem alle Prüfaufgaben erledigt sind, geht die Prüfung in die Dokumentationsphase über. Der Prüfdienstleister befundet die aufgezeichneten Prüfergebnisse. Anschließend erstellt der Prüfdienstleister einen Prüfbericht. Hierzu legt der Prüfdienstleister einen neuen, leeren Prüfbericht an. Als nächstes bearbeitet der Prüfdienstleister den angelegten Prüfbericht. Dabei werden alle relevanten Informationen zu der Prüfung eingegeben. Nach der Bearbeitung wird dieser genehmigt und freigegeben. Dieser Ablauf ist zusammenfassend in Abbildung 4.4 dargestellt. Der Ablauf zum Erstellen und Genehmigen eines Prüfberichtes entspricht dem Ablauf aus der Analyse, der um die Aspekte zum Einpflegen, Bearbeiten, Genehmigen und Freigeben ergänzt wurde. Diese Vorgehensweise entspricht der standardisierten Vorgehensweise aus [DIN EN ISO 11442] zum Dokumentenmanagement Technischer Dokumente und kann im Allgemeinen von Systemen wie Dokumentenmanagementsystemen oder Produktdatenmanagementsystemen umgesetzt werden. Diese Vorgehensweise wird auch auf alle folgenden Technischen Dokumente angewandt.

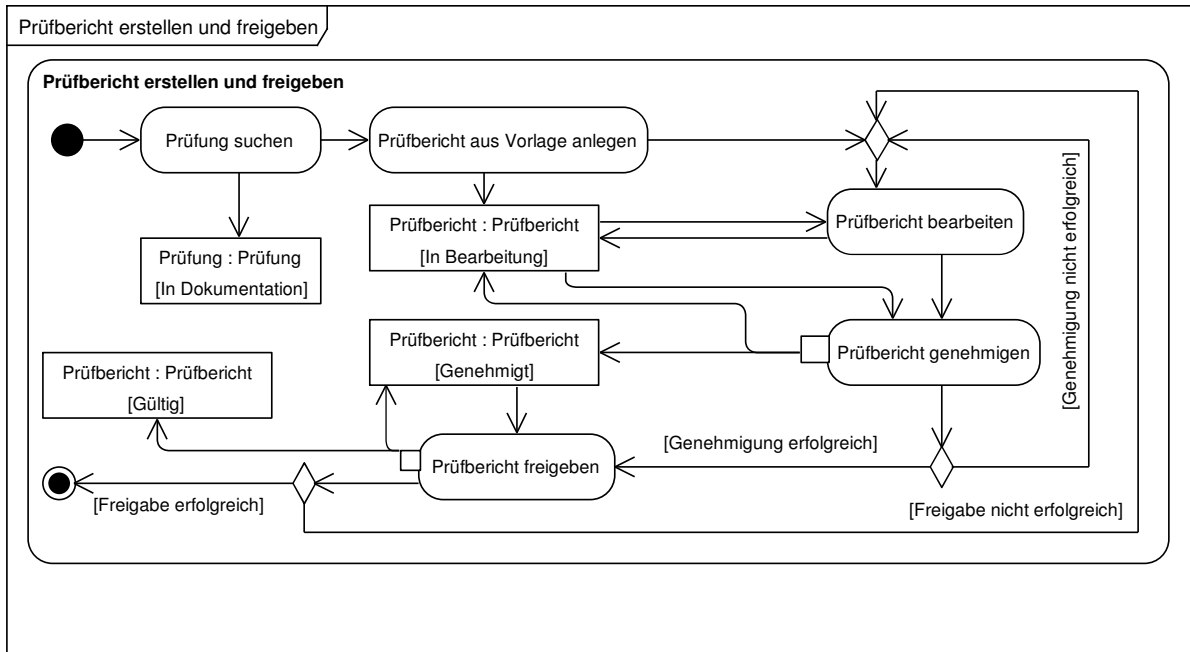


Abbildung 4.4: Aktivitätsdiagramm »Prüferbericht erstellen und freigeben«

Abschließend erstellt der Prüfdienstleister eine Prüfbescheinigung, sofern diese erforderlich ist. Dazu legt der Prüfdienstleister eine neue, leere Prüfbescheinigung an. Als nächstes bearbeitet der Prüfdienstleister die angelegte Prüfbescheinigung. Nach der Bearbeitung wird diese genehmigt und freigegeben. Dieser Ablauf ist zusammenfassend in Abbildung 4.5 dargestellt.

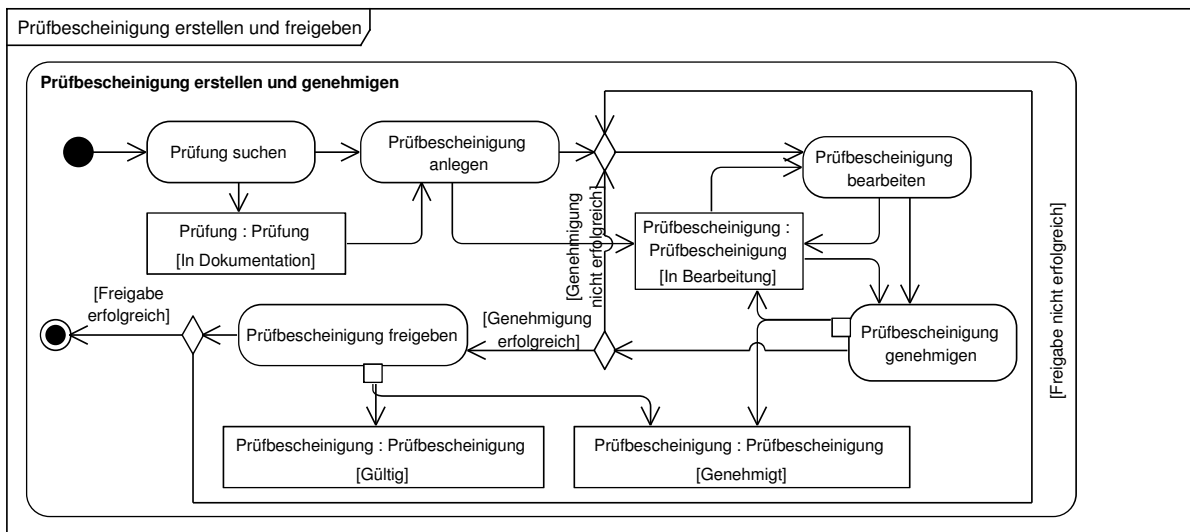


Abbildung 4.5: Aktivitätsdiagramm »Prüfbescheinigung erstellen und freigeben«

Der komplette Ablauf des Anwendungsfalls »Prüfung durchführen«, der in den vorhergehend beschrieben wurde, ist in Abbildung 4.6 dargestellt.

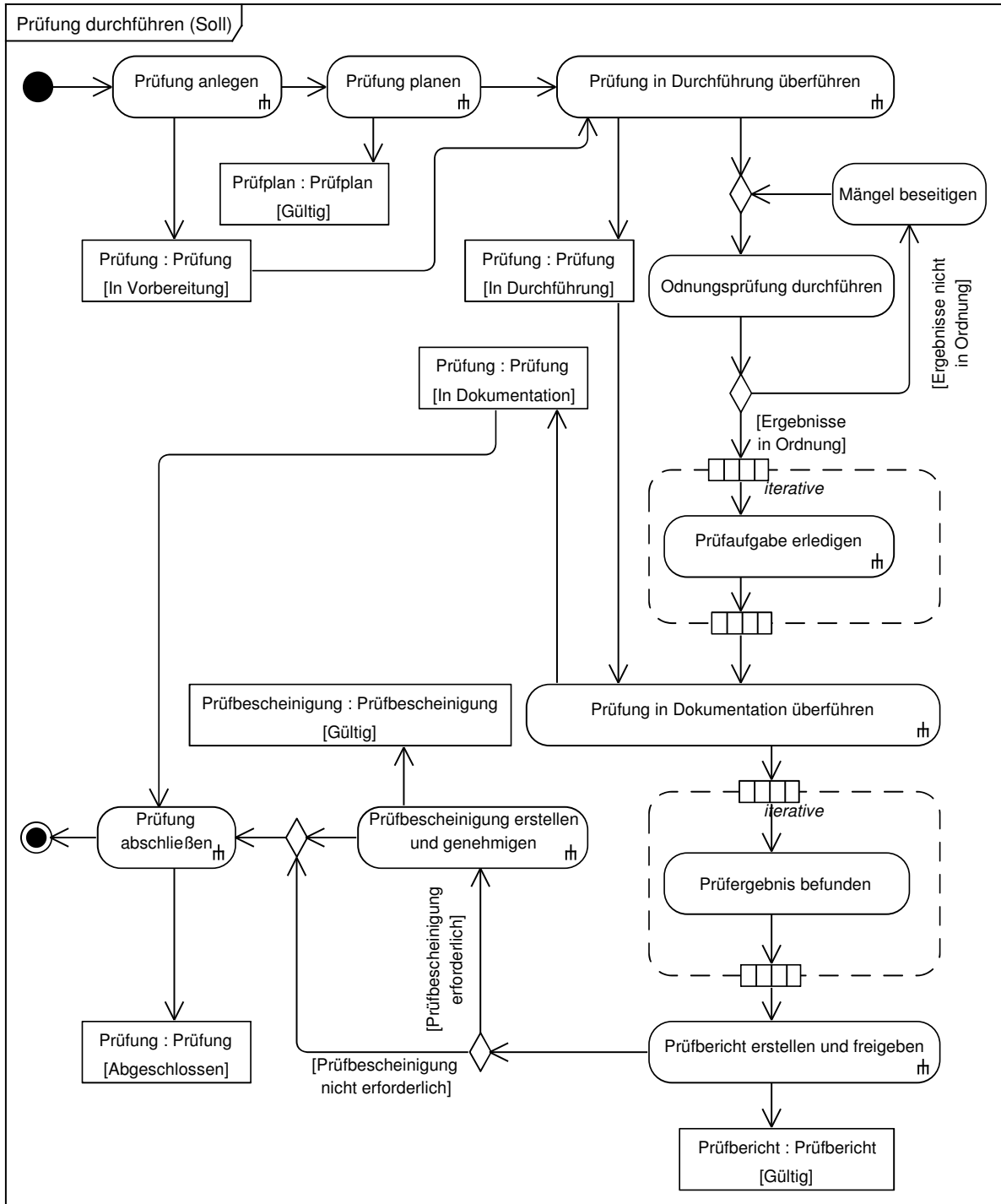


Abbildung 4.6: Aktivitätsdiagramm »Prüfung durchführen«

In diesem Abschnitt wurde der Anwendungsfall *Revision durchführen (Soll)* vorgestellt. Es wurde detailliert beschrieben, wie die Durchführung einer Prüfung ablaufen muss, um die Qualität der erzeugten Daten, Informationen und Dokumente sicherzustellen. Damit wurden Anwendungsfälle definiert, die die Anforderung *Prozesse zur Verwaltung und Pflege von Prüfungen*, die in Kapitel 2.5 spezifiziert worden sind, adressiert und umsetzt.

Ein weiterer Anwendungsfall in der Lebenszyklusphase Betrieb, der mit dem erarbeiteten Konzept unterstützt werden soll, ist der Anwendungsfall *Anlage nutzen (Soll)*, der im Folgenden Abschnitt vorgestellt wird.

#### 4.1.2 Anwendungsfall »Anlage nutzen (Soll)«

Der Anwendungsfall *Anlage nutzen (Soll)* beinhaltet, wie in Abbildung 4.7 dargestellt, die Anwendungsfälle *Technische Dokumentation überprüfen (Soll)* und *Anlagendokumentation pflegen (Soll)*. Diese leiten aus den in Kapitel A.2.3 vorgestellten Anwendungsfällen *Technische Dokumentation überprüfen* und *Anlagendokumentation pflegen* ab. Zusätzlich wurden die zwei Anwendungsfälle *Anlagendaten pflegen* und *Informationsbasis pflegen* ergänzt, um die Anforderung *Prozesse zur Verwaltung und Pflege der abgebildeten Anlage* und *Prozesse zur Verwaltung und Pflege einer Informationsbasis*, die in Kapitel 2.5 spezifiziert wurden, zu erfüllen. Diese vier Anwendungsfälle werden im Folgenden detailliert vorgestellt.

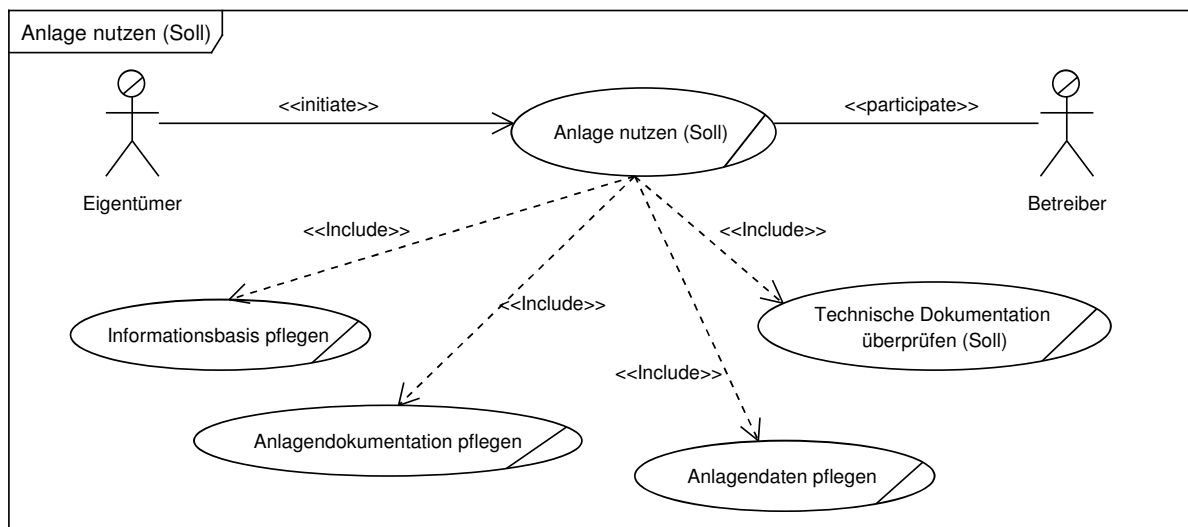


Abbildung 4.7: Anwendungsfalldiagramm »Anlage nutzen (Soll)«

Im Folgenden wird der Anwendungsfall *Technische Dokumentation überprüfen (Soll)* detailliert. Der Anwendungsfall »Technische Dokumentation überprüfen« ist in Tabelle 4.2 zusammengefasst und wird im Folgenden näher beschrieben.

Im ersten Schritt kündigt sich die Behörde zu einem bestimmten Termin beim Betreiber an, um die Technische Dokumentation eines Erzeugnisses zu prüfen. Die Behörde teilt dem Betreiber mit, um welches Erzeugnis es sich handelt. Daraufhin erstellt der Betreiber einen Bericht über die Technische Dokumentation. Dafür nutzt er die Funktionalität der digitalen Lebenslaufakte und wählt zuerst das Erzeugnis aus, dessen Technische Dokumentation überprüft werden

Name:	Technische Dokumentation überprüfen (Soll)
Kurzbeschreibung:	Die Technische Dokumentation eines Erzeugnisses wird durch die zuständige Behörde überprüft.
Akteur:	Betreiber, Behörde
Auslöser:	Die Behörde kündigt beim Betreiber die Überprüfung der Technischen Dokumentation eines Erzeugnisses an.
Ergebnis(se):	Die Technische Dokumentation ist aktuell und vollständig. Die Überprüfung der Behörde war erfolgreich.
Eingehende Daten:	Das überprüfte Erzeugnis, die zum Erzeugnis gehörenden Gruppen und Einzelteile inklusive Zustandsinformation, Informationen über erforderliche Dokumentenarten, zum Erzeugnis und den Gruppen/Einzelteilen zugeordnete Dokumente, Zustand der zugeordneten Dokumente
Vorbedingungen:	Keine
Nachbedingungen:	Keine
Grober Ablauf:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Behörde kündigt sich zu der Überprüfung an.</li> <li>2. Der Betreiber führt eine Überprüfung der Technischen Dokumentation durch.</li> <li>3. Es wird ein Bericht erstellt, in dem die Mängel an der Technischen Dokumentation aufgelistet werden.</li> <li>4. Der Betreiber beseitigt identifizierte Mängel.</li> <li>5. Die Behörde erscheint zu dem angekündigten Termin beim Betreiber.</li> <li>6. Der Betreiber stellt die Technische Dokumentation zusammen.</li> <li>7. Der Betreiber legt der Behörde die aktuelle Technische Dokumentation vor.</li> <li>8. Die Behörde prüft die Technische Dokumentation und wertet die Ergebnisse aus.</li> <li>9. Die Ergebnisse der Überprüfung werden in einem Bericht festgehalten und dem Betreiber zugesendet.</li> <li>10. Der Betreiber beseitigt eventuell aufgetretene Mängel.</li> </ol>

Tabelle 4.2: Anwendungsfallbeschreibung »Technische Dokumentation überprüfen (Soll)«

soll. Von diesem werden die zugeordneten Einzelteile und Gruppen ermittelt. Für jede Gruppe werden wiederum die Einzelteile und Gruppen ermittelt etc. Dies geschieht so lange, bis alle Gruppen mit ihren Einzelteilen untersetzt wurden. Für jede so ermittelte Braugruppe und jedes Einzelteil wird nun ermittelt, welche Dokumentenarten erforderlich sind. Das Wissen, welche Dokumentenart zu einem Erzeugnis erforderlich ist oder optional vorgehalten werden sollte, ist in dem Informationsmodell der digitalen Lebenslaufakte hinterlegt. Dieses wird in Abschnitt 4.2.2 detailliert erläutert. Ebenso wird ermittelt, welche Dokumente zu den Grup-

pen und Einzelteilen zugeordnet wurden. Im Anschluss wird ein Vergleich durchgeführt, der feststellt, ob zu einer erforderlichen Dokumentenart ein Dokument zugeordnet wurde. Für jedes Dokument wird der Zustand ermittelt. Zustände von Dokumenten werden in Abschnitt 4.2.1 beschrieben. Nur, wenn das Dokument im Zustand Gültig vorliegt, ist die Bedingung erfüllt, dass die erforderliche Dokumentenart zu einer Gruppe beziehungsweise zu einem Einzelteil vorliegt. Diese Informationen werden dem Betreiber in Form eines Berichtes grafisch aufbereitet und bereitgestellt. Der Betreiber hat nun die Möglichkeit fehlende Dokumente nachzupflegen, oder Zustandsübergänge einzelner Dokumente zu initiieren, so dass aufgetretene Mängel beseitigt werden.

Nachdem alle Mängel beseitigt wurden, wird die Technische Dokumentation zusammengestellt. Diese wird der Behörde zum vereinbarten Zeitpunkt vorgelegt. Diese überprüft die Technische Dokumentation, wertet die Überprüfung aus und erstellt einen Bericht. Falls Mängel festgestellt wurden, hat der Betreiber die Möglichkeit diese zu beheben.

Der komplette Ablauf des Anwendungsfalls *Technische Dokumentation überprüfen (Soll)* ist in Abbildung 4.8 dargestellt.

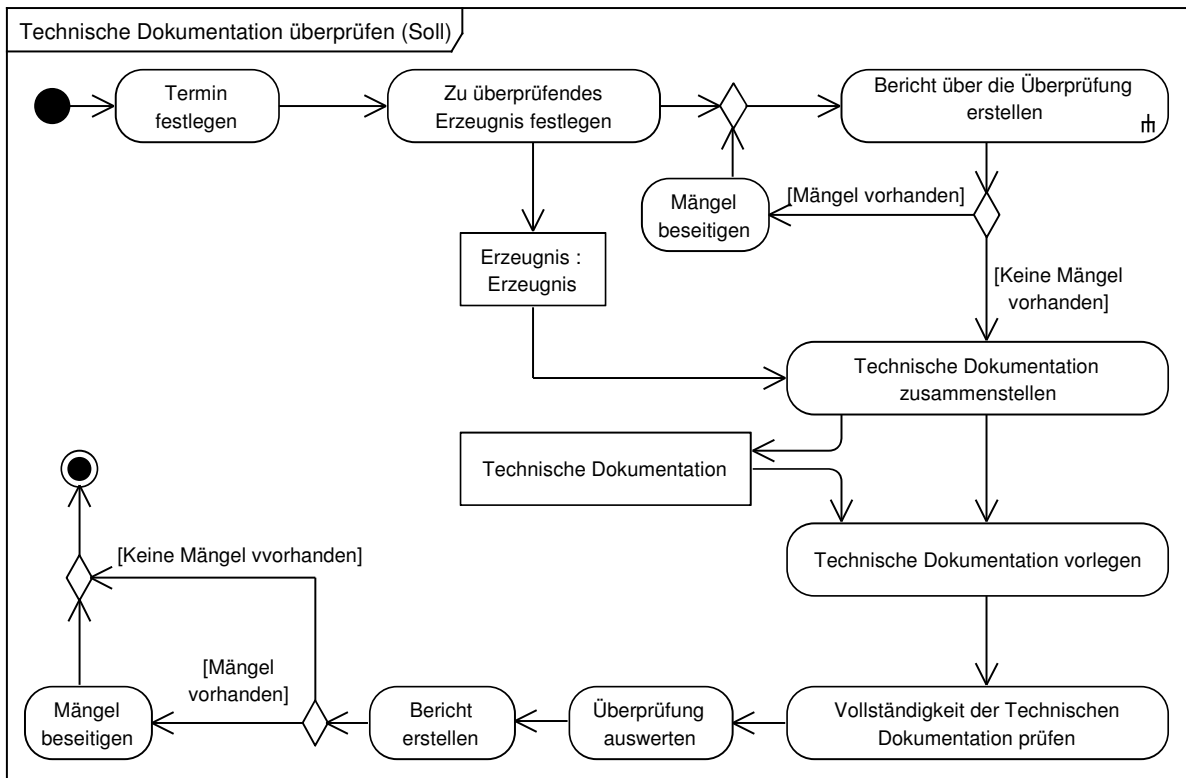


Abbildung 4.8: Aktivitätsdiagramm »Technische Dokumentation überprüfen (Soll)«

Die Pflege der Anlagendokumentation, der Anlagendaten und der Informationsbasis ist die Voraussetzung, um den Anwendungsfall *Technische Dokumentation überprüfen (Soll)* durchführen zu können. Nur so kann eine Überprüfung der Technischen Dokumentation durchgeführt werden. Im Folgenden wird der Anwendungsfall *Anlagendaten pflegen* detailliert vorgestellt, der alle Tätigkeiten zur Pflege erforderlicher anlagenspezifischer Daten enthält.

Der Anwendungsfall *Anlagendaten pflegen* umfasst alle Tätigkeiten, mit denen der Betreiber in der Lage ist, die Anlage mit ihrer Struktur abzubilden. In Abbildung 4.9 sind diese Tätigkeiten in Form von Anwendungsfällen dargestellt. Der Anwendungsfall *Anlagenstruktur und Erzeugnisse einpflegen* beinhaltet den Anwendungsfall *Erzeugnis einpflegen*.

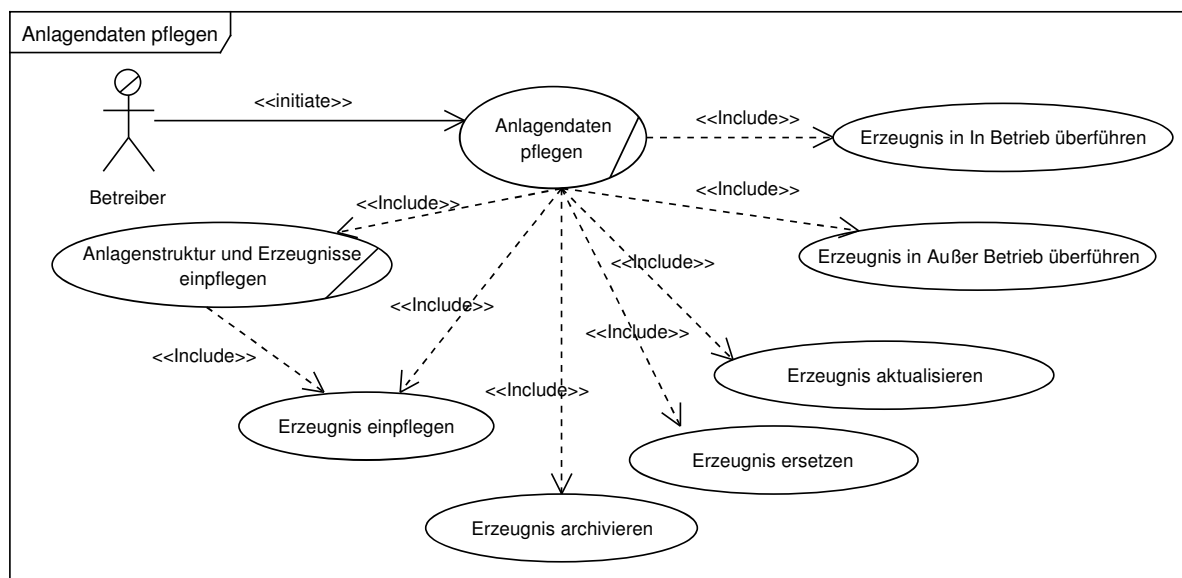


Abbildung 4.9: Anwendungsfalldiagramm »Anlagendaten pflegen«

Zusätzlich zu diesen beiden Anwendungsfällen muss der Betreiber die Möglichkeit haben, Erzeugnisse zu aktualisieren. Diese Möglichkeit ist in dem Anwendungsfall *Erzeugnis aktualisieren* enthalten. Es können dabei sowohl die Meta-Daten aktualisiert werden als auch die Struktur, der beinhaltenden Gruppen und Einzelteile.

Ebenso muss es möglich sein, eingepflegte Erzeugnisse zu archivieren, wenn sie ausgebaut wurden, so dass alle zugeordneten Dokumente ebenfalls archiviert werden, um beispielsweise gesetzliche Aufbewahrungsfristen für bestimmte Dokumente einhalten zu können. Diese Tätigkeit beinhaltet der Anwendungsfall *Erzeugnis archivieren*.

Falls ein Erzeugnis durch ein neueres ausgetauscht wird, muss der Betreiber die Möglichkeit haben, ein eingepflegtes Erzeugnis mit einem neuen Erzeugnis zu ersetzen, um die Aktualität der eingepflegten Anlage sicher zu stellen. Dies ist in dem Anwendungsfall *Erzeugnis ersetzen* enthalten. Nur mit einem aktuellen Abbild der Anlage kann beispielsweise der Anwendungsfall *Technische Dokumentation überprüfen (Soll)* korrekt ausgeführt werden. Andernfalls liefert der Anwendungsfall falsche Ergebnisse.

Da Erzeugnisse in ihrem Lebenszyklus mehrere Stillstände beispielsweise auf Grund von Wartungsmaßnahmen erleben, können sie zu diesem Zweck in und außer Betrieb genommen werden, was durch die Anwendungsfälle *Erzeugnis in In Betrieb überführen* und *Erzeugnis in Außer Betrieb überführen* ausgedrückt wird. So können Stillstandszeiten erfasst werden, um beispielsweise Aussagen zur Gesamtanlageneffektivität zu machen und entsprechende Störquellen für eine Abweichung der vereinbarten Gesamtanlageneffektivität zu identifizieren.



Im Folgenden werden exemplarisch die Anwendungsfälle *Anlagenstruktur und Erzeugnisse einpflegen* und *Erzeugnis einpflegen* vorgestellt, da an Hand dieser beiden Anwendungsfälle die in dieser Arbeit erstellten Prozessabläufe besonders anschaulich vorgestellt werden können.

Im Folgenden wird der Anwendungsfall *Anlagenstruktur und Erzeugnisse einpflegen* detailliert. Dieser Anwendungsfall ist in Tabelle 4.3 zusammengefasst und wird im Folgenden näher beschrieben.

Name:	Anlagenstruktur und Erzeugnisse einpflegen
Kurzbeschreibung:	Die Erzeugnisse und deren Struktur werden initial eingepflegt.
Akteur:	Betreiber
Auslöser:	Es soll eine Anlagenstruktur und die darin enthaltenen Gruppen und Einzelteile gepflegt werden.
Ergebnis(se):	Die Anlage, ihre Gruppen und Einzelteile wurden eingepflegt und in eine Struktur eingeordnet.
Eingehende Daten:	Die Anlage, die Gruppen und Einzelteile aus denen sie besteht.
Vorbedingungen:	Keine
Nachbedingungen:	Die Anlage und ihre Struktur wurde eingepflegt.
Grober Ablauf:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Der Betreiber pflegt die Anlage ein.</li> <li>2. Wenn die Anlage aus weiteren Gruppen oder Einzelteilen besteht, werden diese eingepflegt.</li> <li>3. Sobald alle Gruppen und Einzelteile eingepflegt wurden, ist der Ablauf beendet.</li> </ol>

Tabelle 4.3: Anwendungsfallbeschreibung »Anlagenstruktur und Erzeugnisse einpflegen«

Dieser Anwendungsfall wird vom Betreiber durchgeführt. Im Ergebnis sind alle Gruppen und Einzelteile mit den zugehörigen Meta-Daten wie Name oder Identifikationsnummer eingepflegt und in eine Anlagenstruktur einsortiert. Dazu wird am Anfang die Anlage eingepflegt. Enthält die Anlage weitere Gruppen oder Einzelteile, werden diese ebenfalls eingepflegt und so weiter. Der Ablauf ist in Abbildung 4.10 dargestellt.

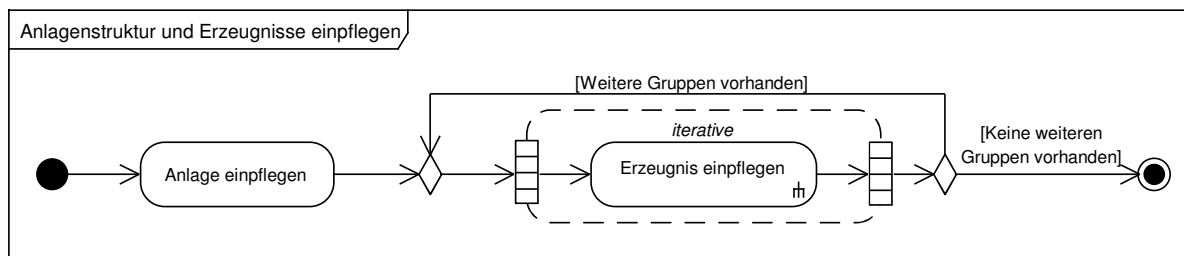


Abbildung 4.10: Anwendungsfalldiagramm »Anlagenstruktur und Erzeugnisse einpflegen«

Um ein Erzeugnis einzupflegen, wird zuerst der Erzeugnistyp festgelegt. Die Unterscheidung von Erzeugnissen in Erzeugnistypen ist erforderlich, um Anforderungen bezüglich der Anlagendokumentation abzubilden. Der Zusammenhang zwischen Erzeugnistypen und der Anlagendokumentation wird in Abschnitt 4.2.2 detailliert vorgestellt. Dann werden die entsprechenden Meta-Daten angegeben wie beispielsweise Bezeichnung und Identifikationsnummer. Am Ende werden die Eingaben gespeichert. Der Ablauf des Anwendungsfalls *Erzeugnis einpflegen* ist in Abbildung 4.11 dargestellt.

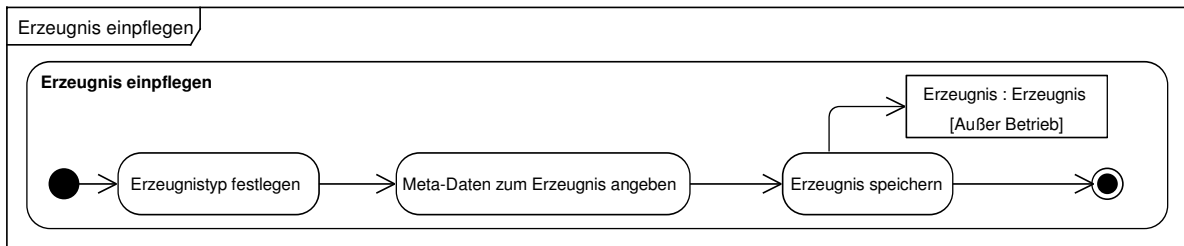


Abbildung 4.11: Anwendungsfalldiagramm »Erzeugnis einpflegen«

Zu einer Anlage muss eine entsprechende Anlagendokumentation gepflegt werden. Alle dafür benötigten Tätigkeiten sind in dem Anwendungsfall *Anlagendokumentation pflegen (Soll)* zusammengefasst. In Abbildung 4.12 sind die dafür erforderlichen Anwendungsfällen zusammenfassend dargestellt.

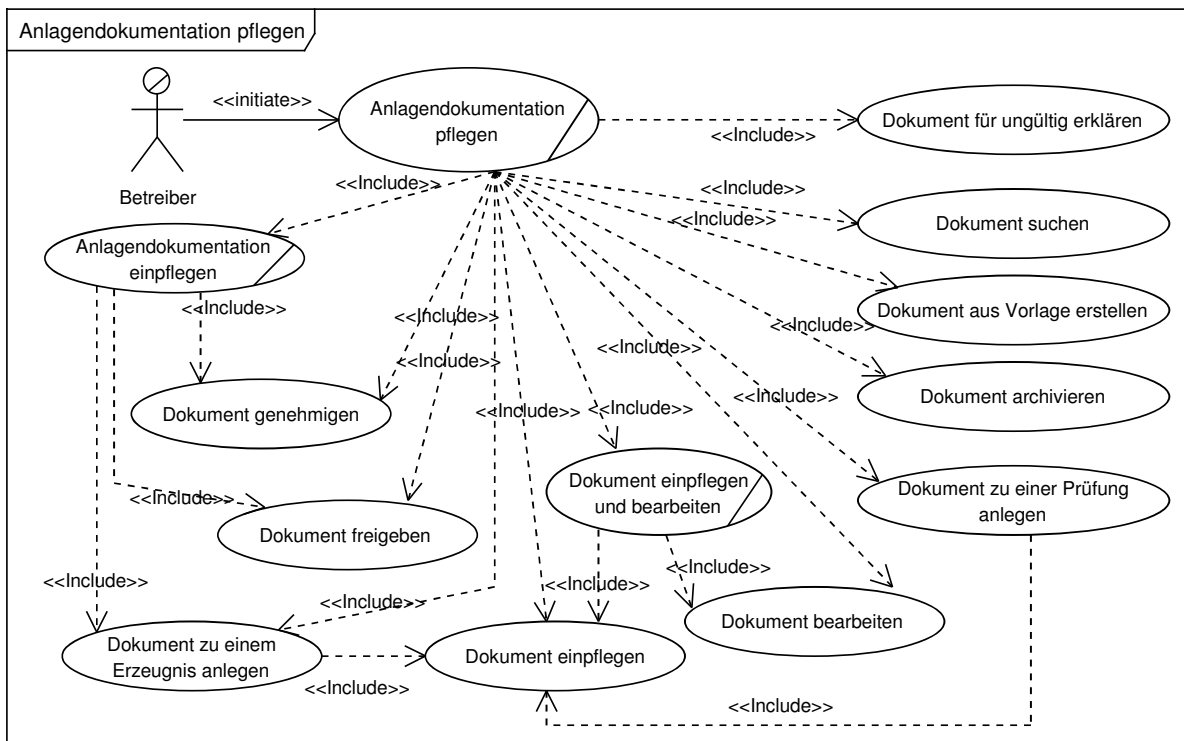


Abbildung 4.12: Anwendungsfalldiagramm »Anlagendokumentation pflegen (Soll)«

Der Anwendungsfall *Anlagendokumentation einpflegen* hat das Ziel, eine Anlagendokumentation mit den zugehörigen Dokumenten und einer Dokumentationsstruktur einzupflegen. Der Anwendungsfall *Anlagendokumentation einpflegen* enthält den Anwendungsfall *Dokument zu einem Erzeugnis anlegen* und dieser beinhaltet den Anwendungsfall *Dokument einpflegen*.

Zusätzlich zu diesen beiden Anwendungsfällen muss der Betreiber die Möglichkeit haben, Dokumente zu bearbeiten, um beispielsweise die Meta-Daten oder den Inhalt eines Dokuments zu aktualisieren. Diese Möglichkeit ist in dem Anwendungsfall *Dokument bearbeiten* enthalten.

Ebenso muss es möglich sein, Dokumente zu archivieren, wenn sie beispielsweise veraltet sind oder wenn das zugehörige Erzeugnis ausgesondert wurde. Da für Dokumente der Anlagendokumentation gewisse Aufbewahrungsfristen eingehalten werden müssen, dürfen diese Dokumente nicht einfach gelöscht oder vernichtet werden, sondern müssen entsprechend archiviert werden. Diese Tätigkeit beinhaltet der Anwendungsfall *Dokument archivieren*.

Im Sinne des Qualitätsmanagements müssen Dokumente genehmigt und freigegeben werden. Diese Vorgehensweise entspricht der definierten Vorgehensweise aus [DIN EN ISO 11442] zum Dokumentenmanagement Technischer Dokumente. Die Genehmigungs- und Freigabeprozesse werden durch die Anwendungsfälle *Dokument genehmigen* und *Dokument freigeben* abgebildet.

Die Abläufe zum Suchen eines Dokuments der Anlagendokumentation sind in dem Anwendungsfall *Dokument suchen* enthalten.

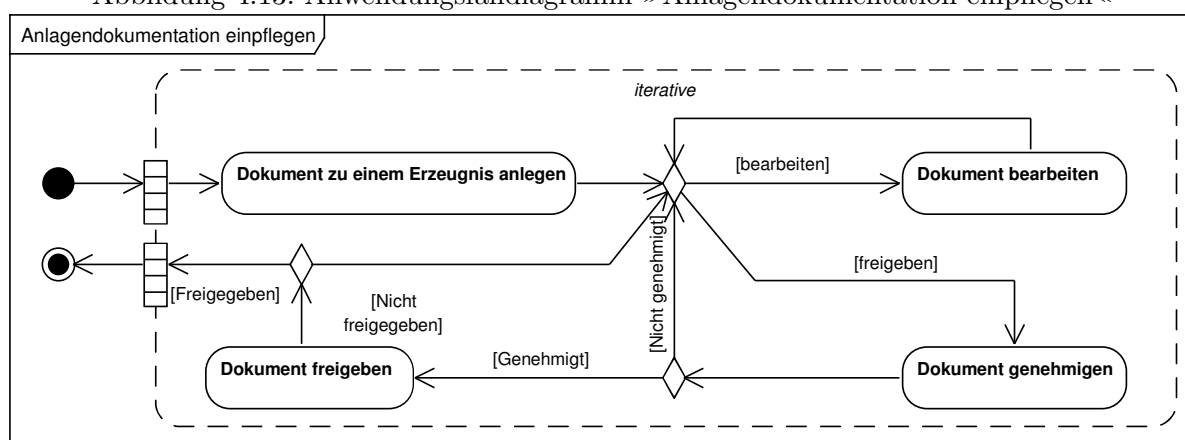
Im Folgenden werden exemplarisch die Anwendungsfälle *Anlagendokumentation einpflegen* und *Dokument einpflegen* vorgestellt, da an Hand dieser beiden Anwendungsfälle die in dieser Arbeit erstellten Prozessabläufe besonders anschaulich vorgestellt werden können. Der Anwendungsfall *Anlagendokumentation einpflegen* ist in Tabelle 4.4 zusammengefasst.

Name:	Anlagendokumentation einpflegen
Kurzbeschreibung:	Die Anlagendokumentation wird eingepflegt.
Akteur:	Betreiber
Auslöser:	Der Betreiber will die Anlagendokumentation seiner Anlage einpflegen.
Ergebnis(se):	Die Anlagendokumentation wurde eingepflegt und die Dokumente wurden Erzeugnissen zugeordnet.
Eingehende Daten:	Anlagendokumentation
Vorbedingungen:	Keine
Nachbedingungen:	Die Anlagendokumentation wurde eingepflegt.
Grober Ablauf:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Der Betreiber pflegt jedes Dokument ein.</li> <li>2. Wenn die Bearbeitung des Dokumentes abgeschlossen ist, wird es genehmigt.</li> <li>3. Wenn die Genehmigung erfolgreich war, wird das Dokument freigegeben.</li> <li>4. Wenn die Freigabe erfolgreich war, ist der Anwendungsfall beendet.</li> </ol>

Tabelle 4.4: Anwendungsfallbeschreibung »Anlagendokumentation einpflegen«

Dieser Anwendungsfall wird vom Betreiber durchgeführt. Im Ergebnis sind alle Dokumente mit den zugehörigen Meta-Daten wie Name oder Identifikationsnummer eingepflegt, in eine Dokumentationsstruktur eingeordnet und entsprechenden Erzeugnissen zugeordnet. Um dieses Ergebnis zu erreichen, wird jedes Dokument eingepflegt und dem zugehörigen Erzeugnis zugeordnet. Wenn Änderungen am Dokument mehr erforderlich sind, kann es nochmals bearbeitet werden. Wenn keine Änderungen mehr erforderlich sind, kann es genehmigt werden. War die Genehmigung nicht erfolgreich kann es nochmals bearbeitet werden. War die Genehmigung erfolgreich, kann das Dokument freigegeben werden. War die Freigabe nicht erfolgreich, kann das Dokument nochmals bearbeitet werden. War die Freigabe für alle Dokumente erfolgreich, ist der Ablauf beendet. Der Ablauf ist in Abbildung 4.13 dargestellt.

Abbildung 4.13: Anwendungsfalldiagramm »Anlagendokumentation einpflegen«



Um ein Dokument einzupflegen, wird zuerst die Dokumentenart festgelegt. Die Unterscheidung von Dokumenten in Dokumentenarten ist erforderlich, um Anforderungen bezüglich der Anlagendokumentation abzubilden. Dies wird in Abschnitt 4.2.2 detailliert vorgestellt. Dann werden die entsprechenden Meta-Daten angegeben wie beispielsweise Bezeichnung und Identifikationsnummer. Am Ende werden die Eingaben gespeichert und das Dokument wurde eingepflegt. Der Ablauf des Anwendungsfalls *Dokument einpflegen* ist in Abbildung 4.14 dargestellt.

Bestimmte Dokumente einer Anlagendokumentation können einen Bezug zu Rechtsquellen haben. Um diesen abbilden zu können, muss eine entsprechende Informationsbasis, in der erforderliche Rechts- und Erkenntnisquellen abgebildet werden, verwaltet und gepflegt werden. Der Anwendungsfall *Informationsbasis pflegen* umfasst die dafür erforderlichen Tätigkeiten. Dieser ist in Abbildung 4.15 zusammenfassend dargestellt.

Der Betreiber muss die Möglichkeit haben, eine Rechts- und Erkenntnisquelle einzupflegen, was der Anwendungsfall *Rechts- und Erkenntnisquelle einpflegen* beinhaltet.

Zusätzlich zu diesem Anwendungsfall muss der Betreiber die Möglichkeit haben, Rechtsquellen zu aktualisieren, um die zugehörigen Meta-Daten zu bearbeiten oder eine neue Version der Rechtsquelle einzupflegen. Diese Möglichkeit ist in dem Anwendungsfall *Rechts- und Erkenntnisquelle aktualisieren* enthalten.

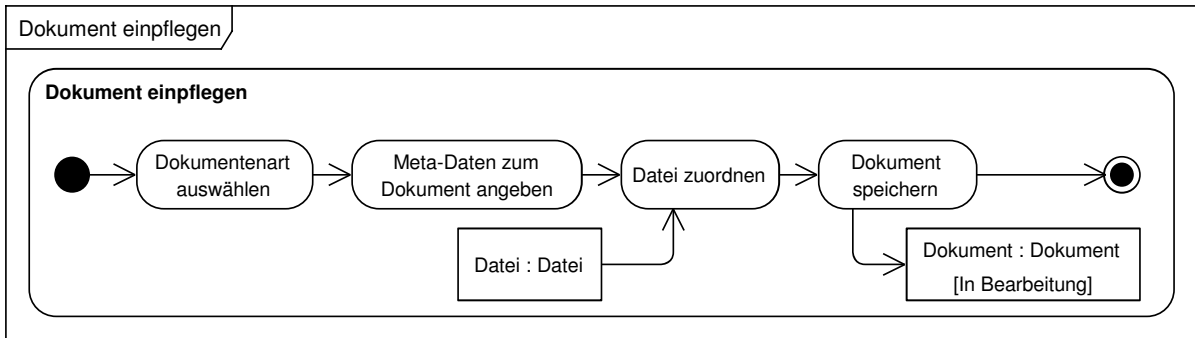


Abbildung 4.14: Anwendungsfalldiagramm »Dokument einpflegen«

Ebenso muss es möglich sein, Rechtsquellen zu ersetzen, wenn sie beispielsweise durch andere Rechtsquellen abgelöst worden sind. Diese Tätigkeit beinhaltet der Anwendungsfall *Rechts- und Erkenntnisquelle in Ersetzt überführen*.

Im Sinne des Qualitätsmanagements müssen Rechtsquellen genehmigt und freigegeben werden. Da Rechts- und Erkenntnisquellen als Dokument verwaltet werden, lehnt sich die Vorgehensweise zum Genehmigen und Freigeben von Rechts- und Erkenntnisquellen an die definierten Vorgehensweise aus [DIN EN ISO 11442] an. Der Freigabeprozess wird durch den Anwendungsfall *Rechts- und Erkenntnisquelle in Gültig überführen* abgebildet.

Die Abläufe zum Suchen einer Rechts- und Erkenntnisquelle in der Informationsbasis sind in dem Anwendungsfall *Rechts- und Erkenntnisquelle suchen* enthalten.

Des Weiteren muss es möglich sein, eingepflegte Rechtsquellen zu Dokumenten der Anlagendokumentation, Erzeugnissen oder Prüfungen zuzuordnen, um abzubilden, dass diese entsprechend der zugeordneten Rechts- und Erkenntnisquellen zum Beispiel erstellt worden sind.

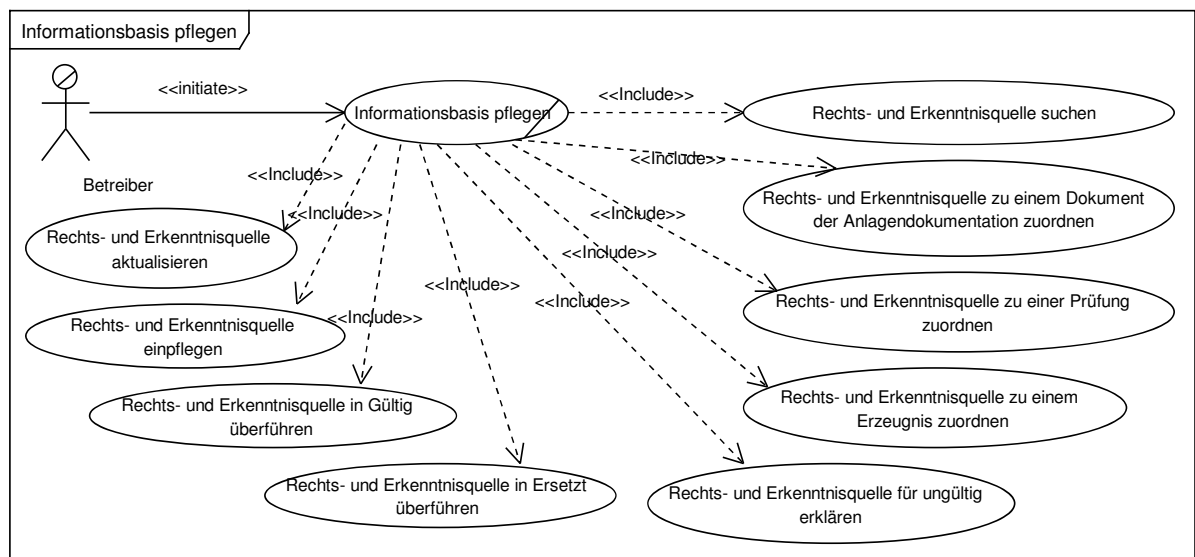


Abbildung 4.15: Anwendungsfalldiagramm »Informationsbasis pflegen«

Dies wird durch die Anwendungsfälle *Rechts- und Erkenntnisquelle zu einem Dokument der Anlagendokumentation zuordnen*, *Rechts- und Erkenntnisquelle zu einem Erzeugnis zuordnen* und *Rechts- und Erkenntnisquelle zu einer Prüfung zuordnen* abgebildet.

Der Anwendungsfall *Rechts- und Erkenntnisquelle einpflegen* ist in Tabelle 4.5 zusammengefasst und wird im Folgenden näher beschrieben.

Name:	Rechts- und Erkenntnisquelle einpflegen
Kurzbeschreibung:	Eine neue Rechts- und Erkenntnisquelle wird eingepflegt.
Akteur:	Betreiber
Auslöser:	Der Betreiber muss eine neue für ihn relevante Rechts- und Erkenntnisquelle einpflegen.
Ergebnis(se):	Die Rechts- und Erkenntnisquelle wurde eingepflegt und kann nun Dokumente, Erzeugnissen oder Prüfungen zugeordnet werden.
Eingehende Daten:	Rechts- und Erkenntnisquelle
Vorbedingungen:	Keine
Nachbedingungen:	Die Rechts- und Erkenntnisquelle wurde eingepflegt.
Grober Ablauf:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Der Betreiber wählt die Rechts- und Erkenntnisquellenart aus.</li> <li>2. Der Betreiber gibt die Metainformationen zu der Rechts- und Erkenntnisquelle ein.</li> <li>3. Die Datei, die die Rechts- und Erkenntnisquelle beinhaltet wird zugeordnet.</li> <li>4. Die Rechts- und Erkenntnisquelle wird gespeichert.</li> </ol>

Tabelle 4.5: Anwendungsfallbeschreibung »Rechts- und Erkenntnisquelle einpflegen«

Um eine Rechts- und Erkenntnisquelle einzupflegen, wird zuerst die Art der Rechts- und Erkenntnisquelle festgelegt. Arten von Rechts- und Erkenntnisquellen sind beispielsweise Gesetze, DIN-Norm, VDI-Richtlinie und so weiter. Dann werden die entsprechenden Meta-Daten angegeben wie beispielsweise Bezeichnung und Identifikationsnummer. Am Ende werden die Eingaben gespeichert und die Rechts- und Erkenntnisquelle wurde eingepflegt. Dieser Ablauf ist in Abbildung 4.16 zusammenfassend dargestellt.

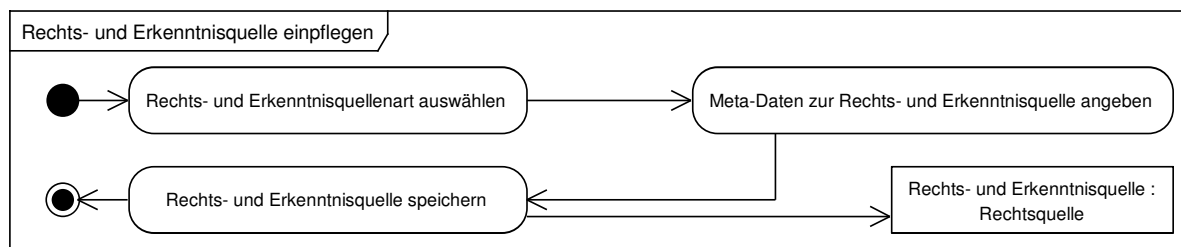


Abbildung 4.16: Anwendungsfalldiagramm »Rechts- und Erkenntnisquelle einpflegen«

Die Pflege von Rechts- und Erkenntnisquellen, die durch den Anwendungsfall *Informationsbasis pflegen* abgebildet wurde, erfüllte die Anforderung *Prozesse zur Verwaltung und Pflege einer Informationsbasis*, die in Kapitel 2.5 beschrieben wurde. In diesem Unterabschnitt wurden des Weiteren beschrieben, wie die Anforderungen *Einbindung von Dokumentenvorlagen* am Beispiel des Anwendungsfalles *Prüfung durchführen* erfüllt wurde. Dort wurde der Prüfbericht basierend auf einer Vorlage erstellt.

Die Anforderung *Prozesse zur Verwaltung und Pflege der abgebildeten Anlage* wurde von dem in dieser Arbeit entwickelten Konzept erfüllt, in dem Soll-Prozesse für die Verwaltung und Pflege der Anlagendokumentation in dem Anwendungsfall *Anlagendaten pflegen* erarbeitet wurden.

Es wurde die Anforderung *Prozesse zur Verwaltung und Pflege der Anlagendokumentation* von dem in dieser Arbeit entwickelten Konzept erfüllt, in dem Soll-Prozesse für die Verwaltung und Pflege der Anlagendokumentation in dem Anwendungsfall *Anlagendokumentation pflegen (Soll)* erarbeitet wurden.

Soll-Prozesse für die Durchführung einer Prüfung wurden in dem Anwendungsfall *Prüfung durchführen* erarbeitet, um die Anforderung *Prozesse zur Verwaltung und Pflege von Prüfungen* zu erfüllen.

Im nächsten Abschnitt wird das in dieser Arbeit entwickelte Datenschema vorgestellt. Dieses Datenschema ist erforderlich, um die restlichen Anforderungen, die in Kapitel 2.5 spezifiziert wurden, erfüllen zu können. Innerhalb der vorgestellten Anwendungsfälle wurden bereits einzelne Elemente des in dieser Arbeit entwickelten Datenschemas verwendet. Diese und weitere Elemente werden im folgenden Abschnitt detailliert beschrieben.

## 4.2 Konzeption eines Informationsmodells

In diesem Kapitel wird das Informationsmodell vorgestellt, in dem die Daten, Informationen und Dokumente abgebildet werden, die innerhalb der in dieser Arbeit entwickelten Anwendungsfälle erzeugt oder benötigt werden. Das Informationsmodell wurde zunächst in drei Ebenen gegliedert: einer Meta-Ebene, einer Anlagentypenebene und einer unternehmensspezifischen Ebene [JHE10]. Die Unterteilung in diese drei Ebenen war erforderlich, um allgemeine Anforderungen, die für alle Anlagen gelten, Anforderungen, die nur für bestimmte Anlagentypen gelten und unternehmensspezifische Anforderungen, wie sie beispielsweise aus unternehmensspezifischen Verfahrensanweisungen resultieren, getrennt voneinander abzubilden.

In der Meta-Ebene befindet sich ein Meta-Schema, in dem die Elemente des Informationsmodells enthalten sind, die unabhängig von dem Typ der Anlage oder unternehmensspezifischen Vorgaben sind, wie beispielsweise die Elemente *Erzeugnis* oder *Dokument*. Ebenso sind dort die Beziehungen zwischen den Elementen enthalten, die unabhängig vom Anlagentyp oder unternehmensspezifischen Vorgaben sind, wie beispielsweise, dass einem Erzeugnis Dokumente zugeordnet werden können.

In der Anlagentyp-Ebene befinden sich mehrere Anlagentyp-Schemata, die nur für bestimmte Anlagentypen erforderlich sind. Ein Anlagentyp ist beispielsweise Verfahrenstechnische Anlage zur Verwertung von Biomasse. Teilweise werden Elemente aus der Meta-Ebene innerhalb eines Anlagentyp-Schemas verfeinert oder aber auch neue Elemente hinzugefügt. Dies ist

notwendig, da in für unterschiedliche Anlagentypen zum Teil verschiedene Daten, Informationen und Dokumente verwaltet werden müssen und unterschiedliche gesetzliche Anforderungen gelten.

In der unternehmensspezifischen Ebene wird die Spezifik der jeweiligen Unternehmen in einem Unternehmensschema modelliert, so dass es möglich ist, Unternehmensvorgaben bezüglich der Anlagendokumentation abzubilden, wie beispielsweise unternehmensspezifische Dokumentenarten.

Das entwickelte Informationsmodell besteht also aus einem Meta-Schema, mehreren Anlagentyp-Schemata und mehreren Unternehmensschemata, wie in Abbildung 4.17 dargestellt.

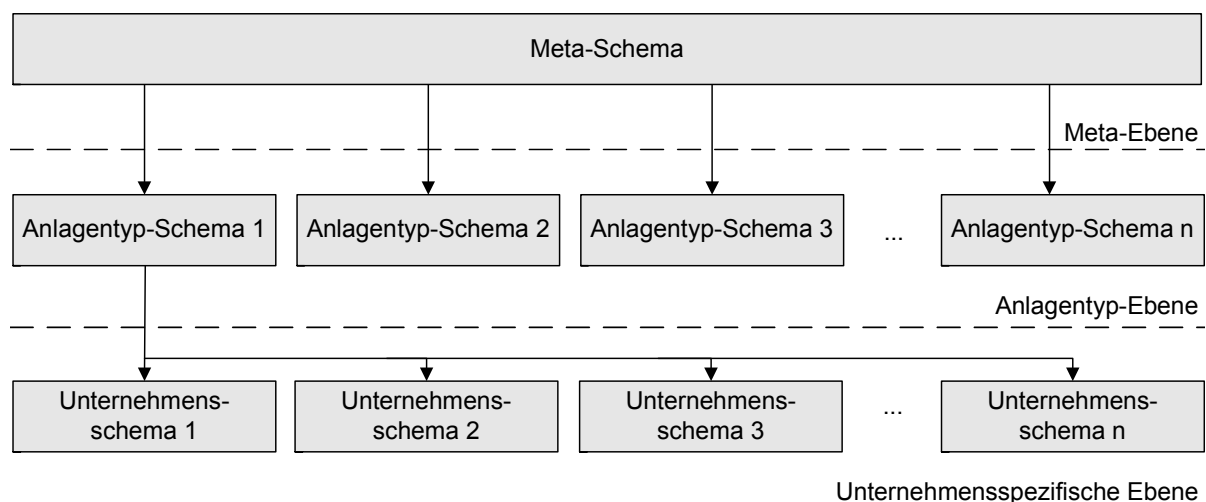


Abbildung 4.17: Konzept für die Informationsstrukturierung

Das Meta-Schema, die einzelnen Anlagentyp-Schemata und die einzelnen Unternehmensschemata sind innerhalb des in dieser Arbeit entwickelten Informationsmodells in jeweils ein eigenes Pakete gekapselt. Pakete dienen dazu, das Informationsmodell zu untergliedern und die Klassen des Informationsmodells zu strukturieren [PP06]. Die einzelnen Schemata wurden in Pakete strukturiert, so dass es möglich ist, das Informationsmodell für eine konkrete Anlage aus den einzelnen Paketen zusammensetzen. Das Informationsmodell für eine konkrete Anlage besteht bei dieser Strukturierung im Idealfall aus drei Paketen: dem Meta-Schema, dem Anlagentyp-Schema, dem diese Anlage entspricht, und einem Unternehmensschema. Falls keine unternehmensspezifischen Anforderungen in Bereich der Anlagendokumentation existieren, kann das Informationsmodell für eine konkrete Anlage auch nur aus zwei Paketen bestehen: dem Meta-Schema und einem Anlagentyp-Schema, wie in Abbildung 4.18 dargestellt.

Die Strukturierung des Gesamtschemas in einzelne Pakete stellt die Erweiterbarkeit des in dieser Arbeit entwickelten Informationsmodells sicher, so dass für weitere Anlagentyp oder Unternehmen eigene Paket angelegt werden können.

Im Folgenden werden das Paket Meta und ein exemplarisch in dieser Arbeit entwickeltes Anlagentyp-Schema beschrieben. Darüber hinaus, wird dann beschrieben, wie unternehmensspezifische Anforderungen hinsichtlich der Anlagendokumentation in einem Unternehmensschema abgebildet werden können.



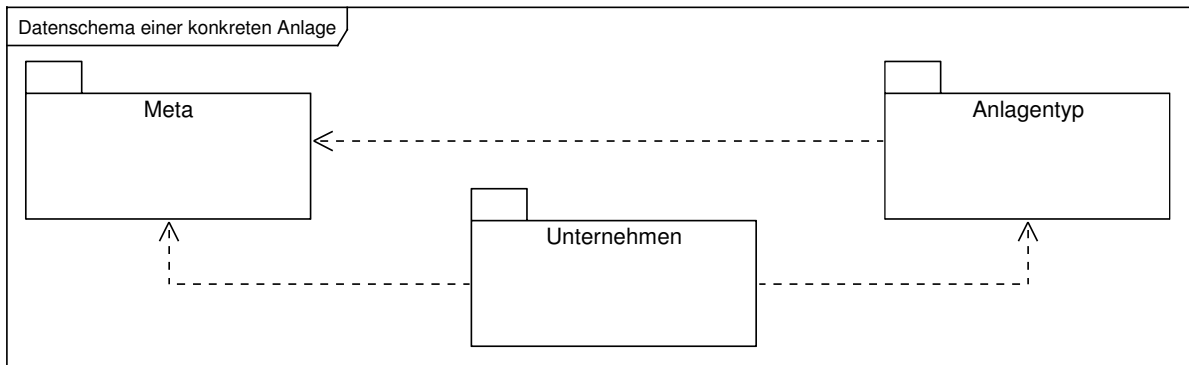


Abbildung 4.18: Strukturierung des Informationsmodells für eine konkrete Anlage

#### 4.2.1 Das Paket »Meta«

In dem Meta-Schema, das in dem Paket *Meta* modelliert wurde, wurden alle Klassen und deren Assoziationen modelliert, die für alle Anlagentypen gleichermaßen gelten. Das Paket *Meta* wurde, wie in Abbildung 4.19 dargestellt, in die Pakete *Anlage*, *Informationsbasis*, *Dokumentation*, *Prüfakte* und *Unternehmen* strukturiert.

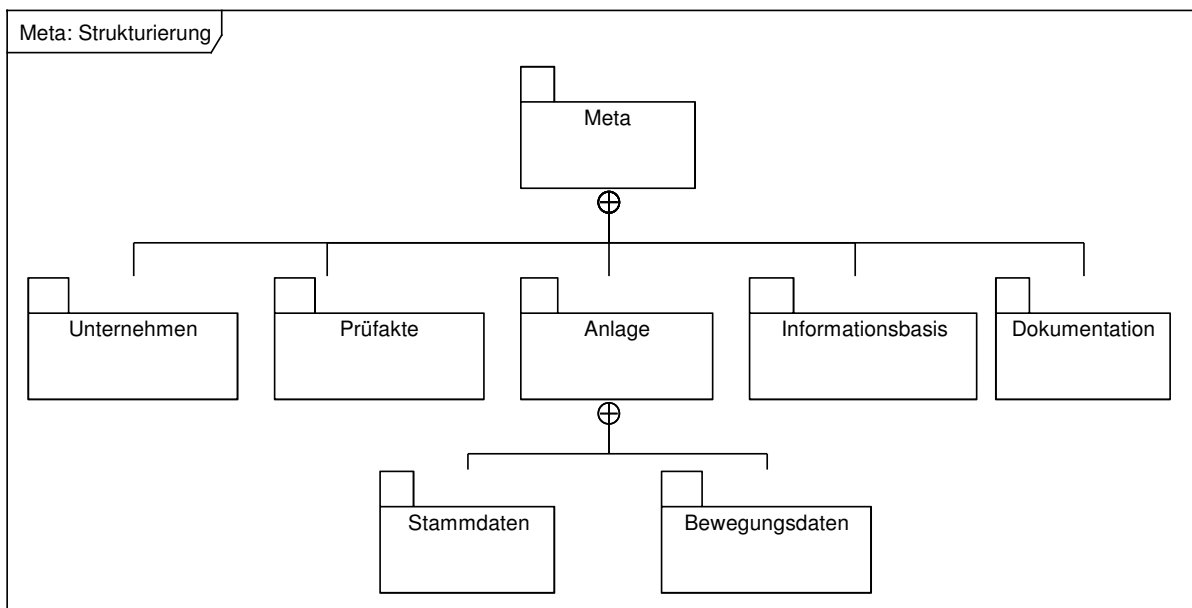


Abbildung 4.19: Strukturierung des Paketes »Meta«

Diese Strukturierung dient Unterteilung des Gesamtmodells in kleinere überschaubare Einheiten [OBS12, OS13, Bal05]. Ebenso ist es durch diese Kapselung möglich das Informationsmodell in Zukunft um weitere Pakete zu ergänzen, um so beispielsweise auch Aspekte der Instandhaltung innerhalb des Informationsmodells abzubilden, die in dieser Arbeit nicht betrachtet wurden.

Das Paket *Anlage* befasst sich mit der Abbildung des betrachteten Anlage. Es enthält zwei weitere Pakete: *Stammdaten* und *Bewegungsdaten*. »*Stammdaten* enthalten *Eigenschaftsbeschreibungen mit längerfristiger Gültigkeit der Aussage [EGH<sup>+</sup> 89]*«. »*Bewegungsdaten* geben den aktuellen Prozesszustand wieder und damit den derzeitigen Zustand der Sachverhalte in den *Stammdaten [EGH<sup>+</sup> 89]*«. Das Paket *Bewegungsdaten* wird derzeit nicht weiter detailliert, da innerhalb der in dieser Arbeit betrachteten Geschäftsprozesse weder Bewegungsdaten erzeugt noch benötigt wurden. Dieses Paket wurde allerdings schon eingeführt, um das Informationsmodell entsprechend zu untersetzen, sobald Geschäftsprozesse unterstützt werden sollen, in denen Bewegungsdaten erforderlich sind, wie beispielsweise Prozesse für zustandsorientierte Instandhaltungsstrategien.

Das Paket *Informationsbasis* beinhaltet Informationsobjekte wie Gesetze, Normen, Standards und Richtlinien. Jede Anlage beziehungsweise die in der Anlage enthaltenen Erzeugnisse müssen Anforderungen erfüllen, die in diesen Informationsobjekte festgehalten sind.

Das Paket *Dokumentation* befasst sich mit der Anlagendokumentation und den darin enthaltenen Dokumenten.

Das Paket *Prüfakte* befasst sich mit Prüfungen von überwachungsbedürftigen Anlagen nach [BetrSichV].

Das Paket *Unternehmen* befasst sich mit der Abbildung von Unternehmensstrukturen.

Die Inhalte der einzelnen Pakete, die innerhalb dieser Arbeit entwickelt und modelliert wurden, werden im Folgenden näher beschrieben. Diese Elemente und deren Zustandsautomaten leiten sich entsprechend der Vorgehensweisen des Unified Process aus den erstellten Anwendungsfällen, Anwendungsfallabläufen und den analysierten Domänenmodellen ab. Zunächst wird das Paket *Stammdaten*, das sich innerhalb des Paketes *Anlage* befindet, genauer beschrieben.

Zentrales Element innerhalb des Paketes *Stammdaten* ist die Klasse *Erzeugnis*. Ein Erzeugnis kann wieder weitere Erzeugnisse enthalten. Eine Anlage kann dabei als spezielles Erzeugnis gesehen werden. Ein Erzeugnis wird von einem Hersteller gefertigt und kann aus mehreren Werkstoffen bestehen, wie in Abbildung 4.20 dargestellt.

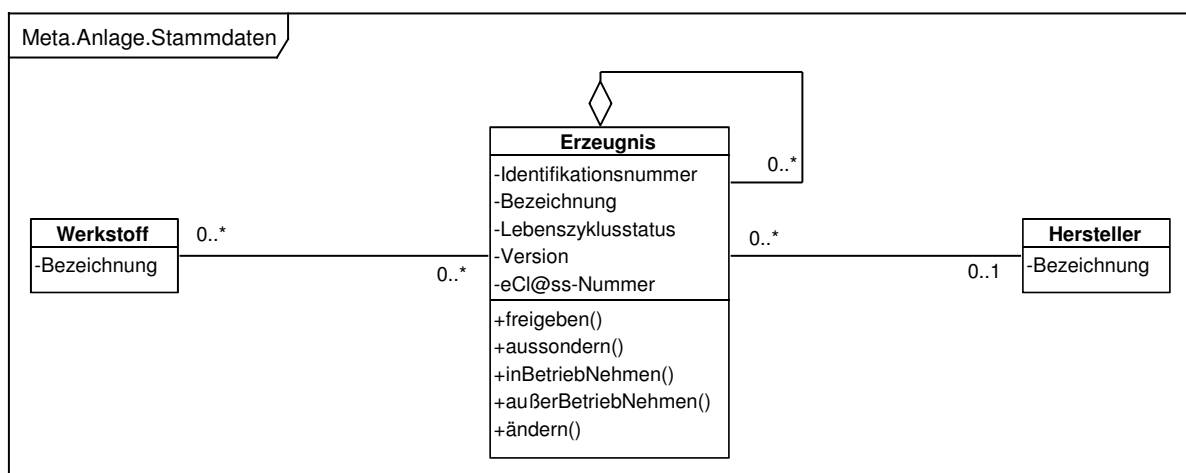


Abbildung 4.20: Klassendiagramm »Meta.Anlage.Stammdaten«

Ein Erzeugnis durchläuft während der Lebenszyklusphase Betrieb verschiedene Zustände. Innerhalb dieser Arbeit wurde ein entsprechender Lebenszyklus entwickelt, der die Zustände innerhalb des Betriebes eines Erzeugnisses abbildet und sich somit vom Produktlebenszyklus unterscheidet, da dieser alle Lebenszyklusphasen von der Planung bis zur Außerbetriebnahme beinhaltet. Diese Arbeit fokussiert sich auf die Lebenszyklusphase Betrieb, so dass hier ein für diese Phase spezialisierter Lebenszyklus entwickelt werden musste. Dieser leitet sich aus den erstellten Anwendungsfällen und Anwendungsfallabläufen ab. Der Lebenszyklus eines Erzeugnisses ist in Abbildung 4.21 dargestellt. So wird am Anfang geplant, das Erzeugnis in Betrieb zu nehmen. Wenn die Planung abgeschlossen ist, wird es frei gegeben und befindet sich anschließend im Zustand Außer Betrieb. Es kann dann in Betrieb genommen werden. Am Ende seines Lebenszyklus wird es ausgesondert und sein Lebenszyklus ist beendet.

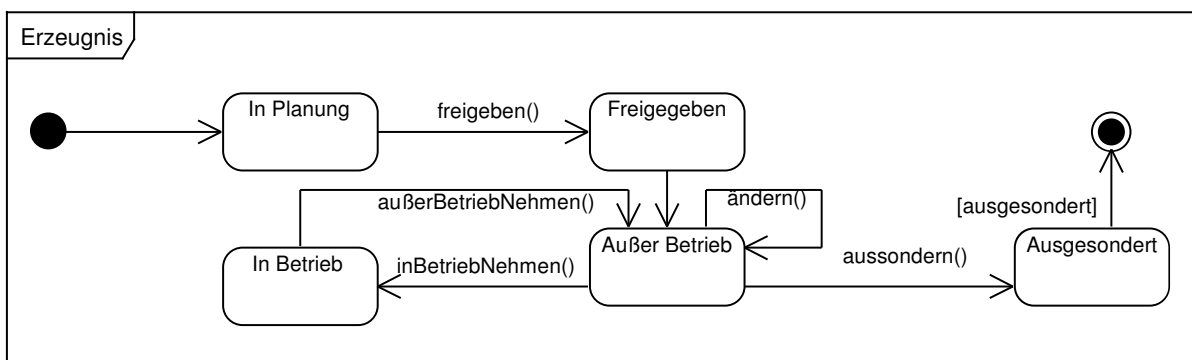


Abbildung 4.21: Zustandsdiagramm »Erzeugnis«

Zu einem Erzeugnis können verschiedene Dokumente zugeordnet werden. Diese Abbildung innerhalb des Paketes *Dokumentation* realisiert und das Paket *Dokumentation* greift auf die Klasse Erzeugnis aus dem Paket *Stammdaten* zu. Der Inhalt des Paketes *Dokumentation* ist in Abbildung 4.22 in Form eines Klassendiagramms dargestellt.

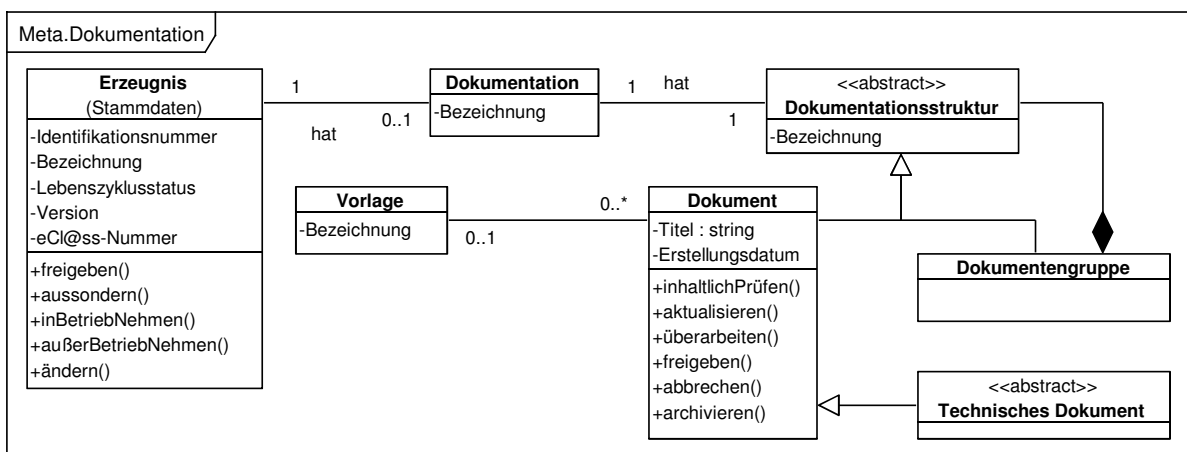


Abbildung 4.22: Klassendiagramm »Meta.Dokumentation«

Eine Dokumentation wird dafür einem Erzeugnis zugeordnet. Eine Dokumentation hat, wie in Kapitel dargestellt, eine hierarchische Dokumentationsstruktur. Diese kann in Anlehnung an [DIN 6789-1] entweder eine Dokumentengruppe oder ein Dokument sein. Dokumentengruppen dienen dazu, eine Dokumentation an Hand physikalischer und logischer Gesichtspunkte zu strukturieren und kann in weitere Dokumentengruppen untergliedert werden [DIN 6789-1]. Ein Dokument kann entsprechend einer Vorlage erstellt worden sein. Ein spezielles Dokument ist ein Technisches Dokument.

Um die Dokumentationsstruktur in Dokumentengruppen und Dokumente zu unterteilen, wurde in dieser Arbeit das Entwurfsmuster *Kompositum* verwendet. Dieses Entwurfsmuster dient dazu, um Objekte zu Baumstrukturen zusammenzufügen und somit Teil-Ganzes-Hierarchien zu repräsentieren [GHJ+10]. Da Dokumentationsstrukturen nach [DIN 6789-1] und [Web08] Baumstrukturen darstellen, wurde für die Modellierung dieser Struktur dieses Entwurfsmuster gewählt.

Dokumente durchlaufen während ihres Lebens verschiedene Zustände [KS14]. Um Genehmigungs- und Freigabeprozesse durchführen zu können, wie sie im Abschnitt 4.1 in dem in dieser Arbeit entwickelten Konzept für digitale Lebenslaufakte spezifiziert wurden, müssen diese Zustände und die Zustandsübergänge modelliert werden. Im Folgenden wird der Lebenszyklus für Dokumente vorgestellt, der für das in dieser Arbeit entwickelte Konzept für digitale Lebenslaufakte verwendet wird. Dieser leitet sich aus den erstellten Anwendungsfällen und Anwendungsfallabläufen ab. In Abbildung 4.23 ist der in dieser Arbeit entwickelte Lebenszyklus eines Dokumentes dargestellt.

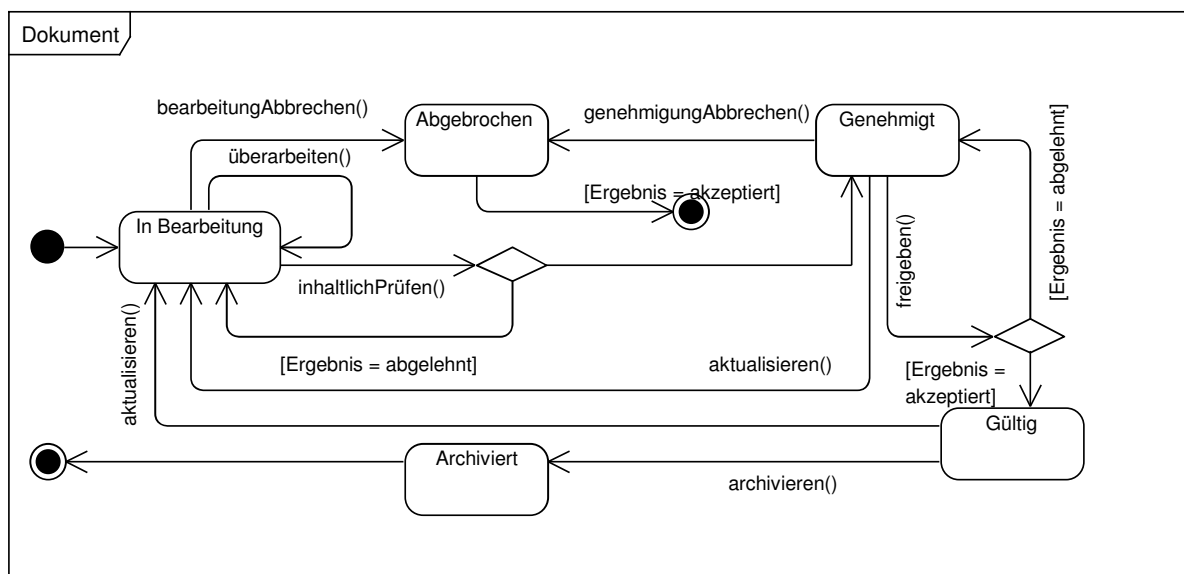


Abbildung 4.23: Lebenszyklus eines Dokuments

Am Anfang dieses Lebenszyklus befindet sich das Dokument im Zustand *In Bearbeitung*. Falls in diesem Zustand weitere Änderungen notwendig sind, wird das Dokument geändert und befindet sich weiterhin im Zustand *In Bearbeitung*. Falls die Bearbeitung abgebrochen werden muss, wird das Dokument in den Zustand *Abgebrochen* überführt. Falls die Bearbeitung des Dokumentes abgeschlossen ist, wird es inhaltlich geprüft. Wenn diese Prüfung erfolgreich war,

geht es in den Zustand *Genehmigt* über. Falls die Überprüfung nicht erfolgreich war, bleibt es im Zustand *In Bearbeitung*. Wenn das Dokument genehmigt wurde, kann die Bearbeitung des Dokumentes abgebrochen werden und es geht in den Zustand *Abgebrochen* über. Falls erneut Bearbeitungen notwendig sind, wird das Dokument wieder in den Zustand *In Bearbeitung* überführt. Das Dokument kann in dem Zustand *Genehmigt* auch freigegeben werden. Wenn die Freigabeprüfung erfolgreich war, wird das Dokument in den Zustand *Gültig* überführt. Wenn die Freigabeprüfung nicht erfolgreich war, bleibt das Dokument im Zustand *Genehmigt*. Von dort aus kann es dann in den Zustand *In Bearbeitung* überführt werden, so dass erforderliche Änderungen erfolgen können. Wenn das Dokument freigegeben wurde und somit in dem Zustand *Gültig* ist, kann es durch die Überführung in den Zustand *In Bearbeitung* überarbeitet werden, sofern dies erforderlich ist. Es ist außerdem möglich das Dokument zu archivieren und für ungültig zu erklären. Wenn das Dokument archiviert wurde, befindet es sich im Zustand *Archiviert*. Wenn das Dokument für ungültig erklärt wurde, befindet es sich im Zustand *Ungültig*.

Das Paket *Informationsbasis* befasst sich mit allgemein gültigen Informationsquellen zu Anlagen. In diesem Paket werden Dokumente, die beispielsweise zur Entscheidungsfindung verwendet wurden oder Rechtsquellen, die Anforderungen an Dokumente wie einen Prüfbericht stellen, abgebildet. Jedes dieser Dokumente ist ein Informationsobjekt, welches dann weiter spezialisiert wird. Informationsobjekte werden dann in die Klassen Rechtsquelle und Standarderkennnisquelle unterteilt, um unterscheiden zu können, ob es sich um Rechtsverbindliche Dokumente handelt bzw. Dokumente, die den Stand der Technik widerspiegeln oder allgemeingültige Informationsquellen, die keinen rechtlichen Charakter haben. Zu Rechtsquellen gehören beispielsweise Gesetze wie das Produktsicherheitsgesetz [ProdSG], DIN-Normen wie die DIN 6789-1 [DIN 6789-1], die sich mit der Technischen Dokumentation von Produkten befasst, oder EU-Richtlinien wie die Maschinenrichtlinie [2006/42/EG]. Das in dieser Arbeit entwickelte Informationsmodell für das Paket *Informationsbasis* ist in Abbildung 4.24 zusammenfassend dargestellt.

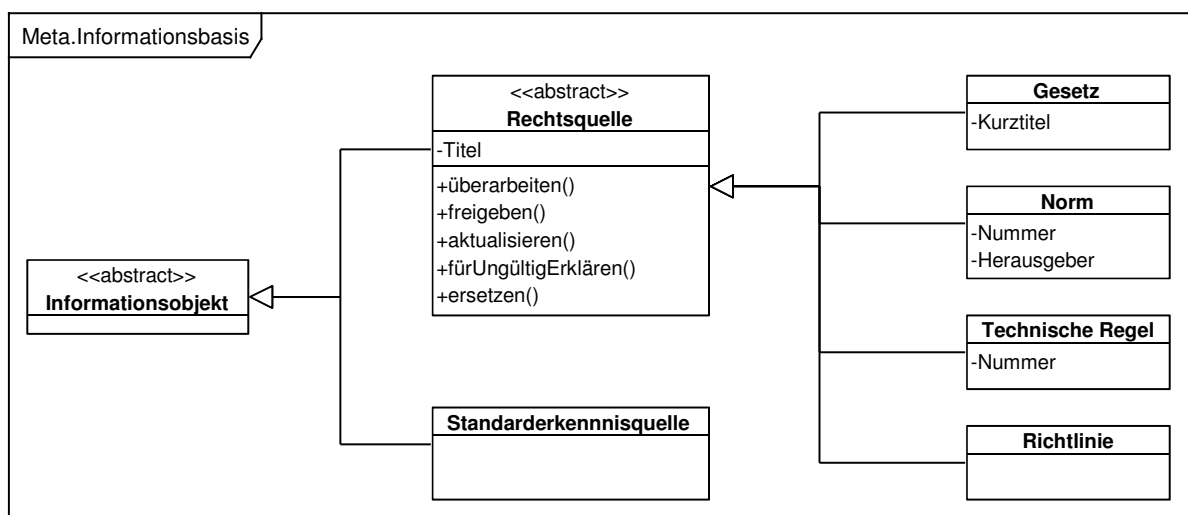


Abbildung 4.24: Klassendiagramm »Meta.Informationsbasis«

Informationsquellen durchlaufen während ihres Lebens ebenso wie Dokumente einen Lebenszyklus. Um die Anwendungsfälle durchführen zu können, wie sie im Abschnitt 4.1 in dem in dieser Arbeit entwickelten Konzept für digitale Lebenslaufakte spezifiziert wurden, müssen die Zustände und die Zustandsübergänge dieses Lebenszyklus modelliert werden. In Abbildung 4.25 ist exemplarisch der Lebenszyklus einer Rechtsquelle dargestellt, der in dieser Arbeit entwickelt wurde. Dieser wird im Folgenden vorgestellt.

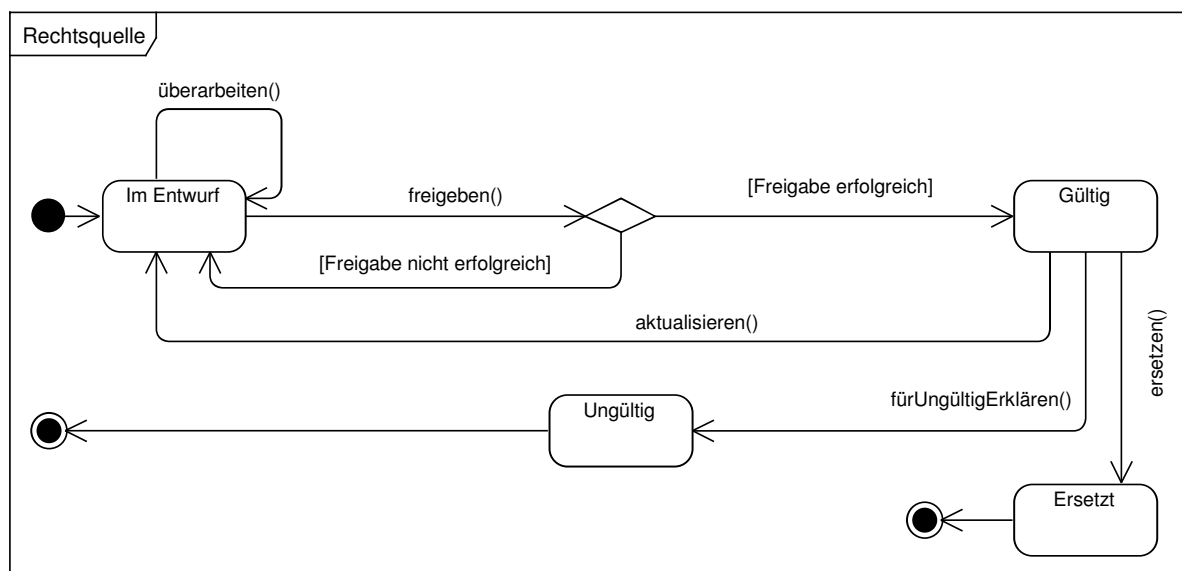


Abbildung 4.25: Lebenszyklus einer Rechtsquelle

Am Anfang dieses Lebenszyklus befindet sich die Rechtsquelle im Zustand *Im Entwurf*. Falls in diesem Zustand weitere Änderungen notwendig sind, wird die Rechtsquelle geändert und befindet sich weiterhin im Zustand *Im Entwurf*. Falls die Bearbeitung des Dokumentes abgeschlossen ist, wird es geprüft und freigegeben und geht nach erfolgreicher Freigabe in den Zustand *Gültig* über. Falls die Überprüfung nicht erfolgreich war, bleibt es im Zustand *Im Entwurf*. Falls erneut Bearbeitungen notwendig sind, wird die Rechtsquelle wieder in den Zustand *Im Entwurf* überführt. Soll die Rechtsquelle durch eine andere ersetzt werden, wird sie in den Zustand *Ersetzt* überführt. Falls die Rechtsquelle ersatzlos gestrichen werden soll, wird sie in den Zustand *Ungültig* überführt.

Das Paket *Unternehmen* befasst sich mit der Abbildung von Qualifikationen eines Unternehmens und dessen Mitarbeitern. Für ein Unternehmen arbeiten mehrere Personen. Eine spezielle Person ist ein Prüfdienstleister. Eine Person kann ebenso wie ein Unternehmen verschiedene Qualifikationen besitzen. Diese werden durch Qualifikationsnachweise nachgewiesen. Eine spezielle Qualifikation ist eine Akkreditierung beispielsweise eines Unternehmens als zugelassene Überwachungsstelle nach [BetrSichV]. Qualifikationen können in Rechtsquellen beschrieben werden. Das in dieser Arbeit entwickelte Informationsmodell für das Paket *Unternehmen* ist in Abbildung 4.26 zusammenfassend dargestellt.

Das Paket *Prüfakte* bildet Prüfungen unter anderem nach [BetrSichV] ab. Eine Prüfung, in der ein Erzeugnis überprüft wird, hat einen Namen, einen Start- und einen Endtermin. Eine Prüfung wird entsprechend einer Rechtsquelle durchgeführt. So werden beispielsweise die er-

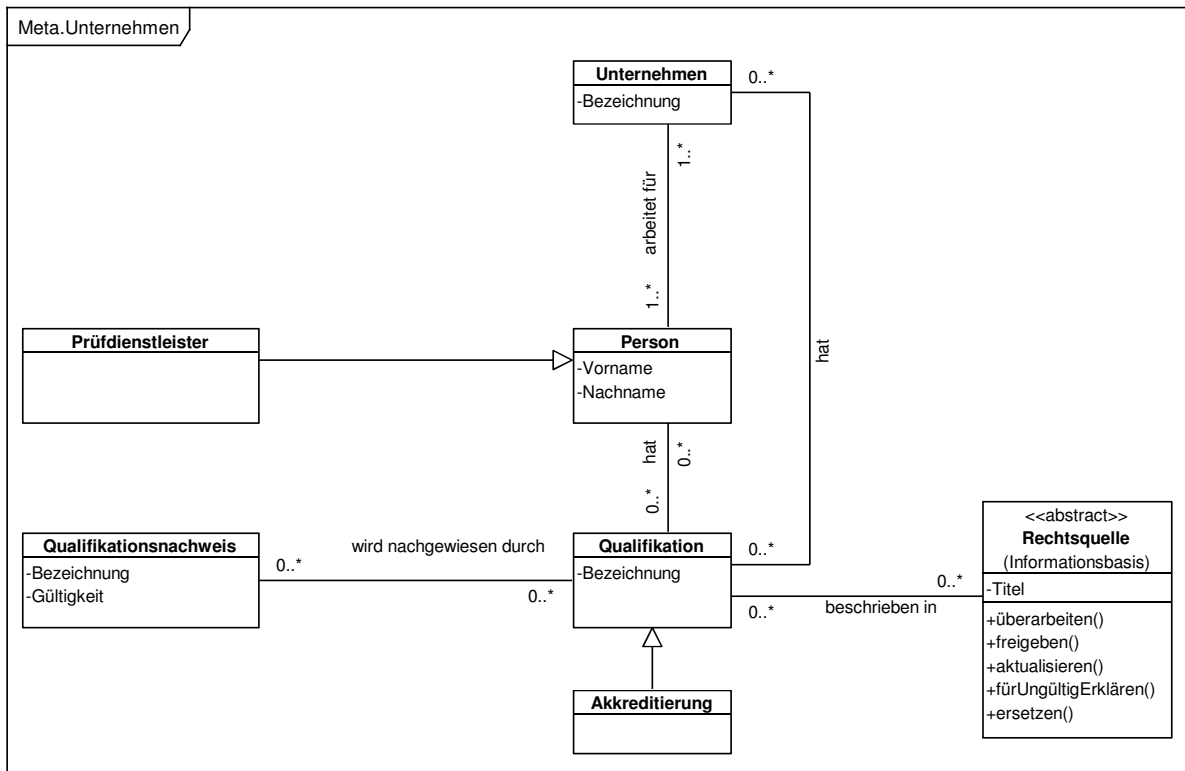


Abbildung 4.26: Klassendiagramm »Meta.Unternehmen«

forderlichen Prüfungen für metallische industrielle Rohrleitungen in [DIN EN 13480-5] und die erforderlichen Prüfungen für unbefeuerte Druckbehälter in [DIN EN 13445-5] beschrieben. Zu jeder Prüfung gehört ein Prüfplan. In diesem Prüfplan sind alle Prüfaufgaben aufgeführt. Eine Prüfaufgabe wird beschrieben durch ein Mess- und Prüfverfahren, das von einem Prüfdienstleister an einem Prüfpunkt durchgeführt wird. Wenn eine Prüfung durchgeführt wird, wird zu jeder Prüfaufgabe das Ergebnis ermittelt. Nachdem die Prüfung abgeschlossen ist, werden die Prüfergebnisse befundet. Die Ergebnisse und Befunde werden in einem Prüfbericht zusammengefasst. Der Prüfbericht enthält des Weiteren noch die erforderlichen Qualifikationsnachweise des Prüfdienstleisters und des Unternehmens, bei dem er beschäftigt ist. Zu einer durchgeführten Prüfung wird noch eine Prüfbescheinigung erstellt, sofern die Prüfung nach [BetrSichV] durchgeführt wurde. Die Prüfbescheinigung muss am Betriebsort der überwachungsbedürftigen Anlage aufbewahrt und auf Verlangen der zuständigen Behörde vorgezeigt werden. Das in dieser Arbeit entwickelte Informationsmodell für das Paket *Prüfakte* ist in Abbildung 4.27 zusammenfassend dargestellt.

Da es sich bei den Klassen *Prüfplan*, *Prüfbericht* und *Prüfbescheinigung* um Technische Dokumente handelt, durchlaufen diese den in Abbildung 4.23 dargestellten und für die Klasse *Dokument* im Paket *Dokumentation* erarbeiteten Lebenszyklus. Zur Durchführung der in Abschnitt 4.1 definierten Anwendungsfälle war es nicht erforderlich, einen speziellen Lebenszyklus für die Dokumente in dem Paket *Prüfakte* zu erstellen.

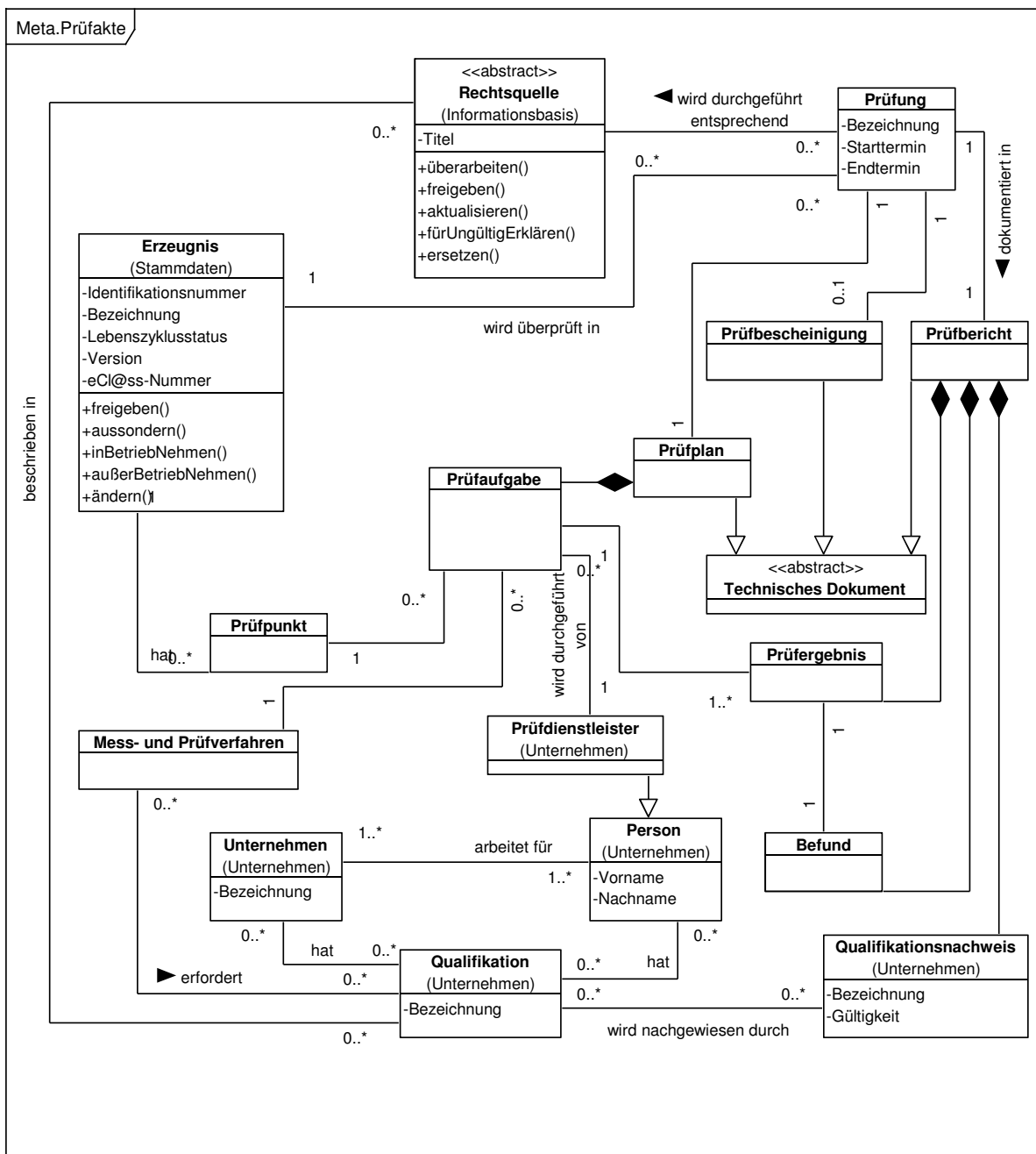


Abbildung 4.27: Klassendiagramm »Meta.Prüfakte«

Prüfungen durchlaufen während ihres Lebens ebenso wie Dokumente und Informationsobjekte einen Lebenszyklus. Um die Anwendungsfälle durchführen zu können, wie sie im Abschnitt 4.1 in dem in dieser Arbeit entwickelten Konzept für digitale Lebenslaufakte spezifiziert wurden, müssen die Zustände und die Zustandsübergänge dieses Lebenszyklus modelliert werden. In Abbildung 4.28 ist der Lebenszyklus einer Prüfung dargestellt. Dieser wird im Folgenden vorgestellt.



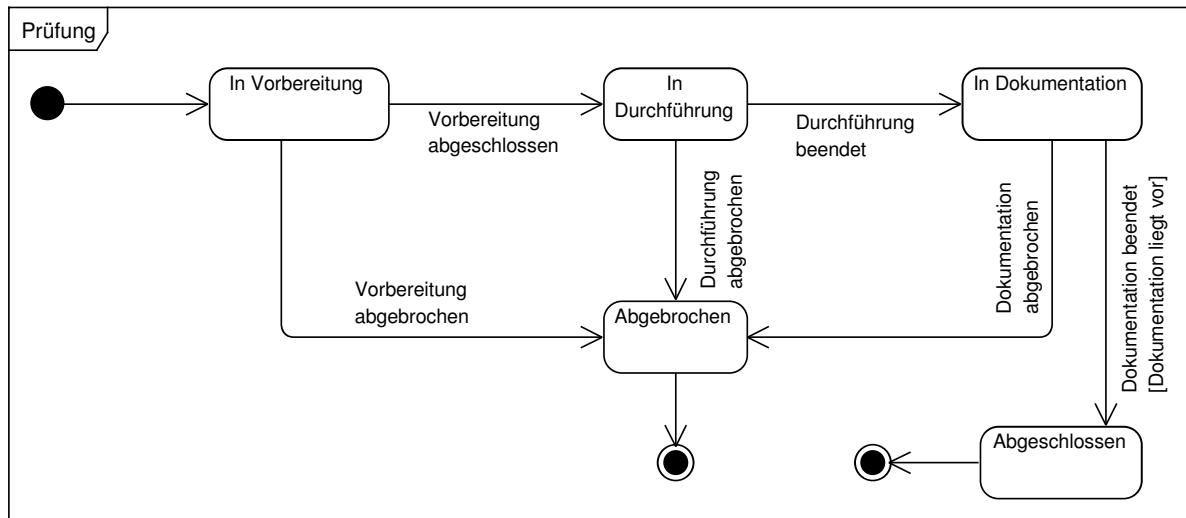


Abbildung 4.28: Lebenszyklus einer Prüfung

Am Anfang dieses Lebenszyklus befindet sich die Prüfung im Zustand *In Vorbereitung*. In diesem Zustand wird beispielsweise der Prüfplan erstellt. Wenn die Vorbereitungen abgeschlossen ist, wird die Prüfung durchgeführt und geht in den Zustand *In Durchführung*. Alternativ kann die Prüfung auch abgebrochen werden und sie geht in den Zustand *Abgebrochen* über. Wenn die Prüfung durchgeführt wurde, muss sie noch dokumentiert werden, so dass Sie dann in den Zustand *In Dokumentation* übergeht. Alternativ besteht auch hier wieder die Möglichkeit, die Prüfung abzurechnen und sie in den Zustand *Abgebrochen* zu überführen. Wenn die Dokumentation beendet wurde und alle erforderlichen Dokumente vorliegen, kann die Prüfung in den Zustand *Abgeschlossen* überführt werden. Andernfalls kann die Prüfung abgebrochen werden.

In den vorangegangenen Abschnitten wurden die einzelnen Pakete vorgestellt, die in der Meta-Ebene spezifiziert wurden. Um nun Anforderungen für eine Anlagendokumentation abzubilden, ist es erforderlich, Pakete für Anlagentypen zu spezifizieren, da in für unterschiedliche Anlagentypen zum Teil verschiedene Dokumentenarten verwaltet werden müssen und unterschiedliche gesetzliche Anforderungen hinsichtlich der Anlagendokumentation gelten.

#### 4.2.2 Anlagentyp-Schema für verfahrenstechnische Anlagen zur Verwertung von Biomasse

Zum Aufbau der Anlagentyp-Schemata wird ein Bottom-up-Ansatz angewendet. Ein Top-Down-Ansatz wäre prinzipiell auch möglich, allerdings wäre die vollständige Anlagentypisierung auf Grund der hoch komplexen Anforderungen aus geltenden Rechtsquellen für diese Arbeit zu umfangreich gewesen. Die Anforderungen, die an die Dokumentation einer verfahrenstechnischen Anlage gestellt werden, sind von vielen Faktoren abhängig wie beispielsweise der verbauten Baugruppen oder Einzelteile, dem Genehmigungsverfahren, eingesetzten Gefahrenstoffen oder Immissionen. Daraus ergibt sich eine Vielzahl theoretische Kombinationsmöglichkeiten, so dass in dieser Arbeit für die Typisierung der Anlagen ein Bottom-up-Ansatz gewählt wurde. In

dieser Arbeit wurden die Anforderungen hinsichtlich der Dokumentation am Beispiel verschiedener real betriebener Anlagen analysiert und formalisiert. Die Dokumentationsanforderungen von fünf Anlagen, die vom Fraunhofer IFF geplant und realisiert wurden, wurden analysiert. Eine dieser Anlagen wird in Abschnitt 5.2 detailliert vorgestellt. Diese in dieser Arbeit untersuchten Anlagen können alle als verfahrenstechnische Anlage zur Verwertung von Biomasse (VAVBM) klassifiziert werden, so dass im Folgenden ein entsprechendes Informationsmodell für diesen Anlagentyp entwickelt wurde.

Für diesen Anlagentyp wurde innerhalb des in dieser Arbeit entwickelten Informationsmodells das Paket *VAVBM* angelegt. Um die Anforderungen an die Anlagendokumentation dieses Anlagentyps abzubilden, wurde das Paket *VAVBM*, wie in Abbildung 4.29 dargestellt, in die Pakete *Dokumentation* und *Anlage* untergliedert. Das Paket *Anlage* ist in die Pakete *Stammdaten* und *Bewegungsdaten* unterteilt. Die Strukturierung in diese Pakete orientiert sich an der Strukturierung des Paketes *Meta*, wie es in Abschnitt 4.2.1 vorgestellt wurde. Das Paket *Bewegungsdaten* wird nicht weiter detailliert, da innerhalb der in dieser Arbeit betrachteten Geschäftsprozesse weder Bewegungsdaten erzeugt noch benötigt wurden. Dieses Paket wurde allerdings schon eingeführt, um das Informationsmodell entsprechend zu untersetzen, sobald Geschäftsprozesse unterstützt werden sollen, in denen Bewegungsdaten erforderlich sind.

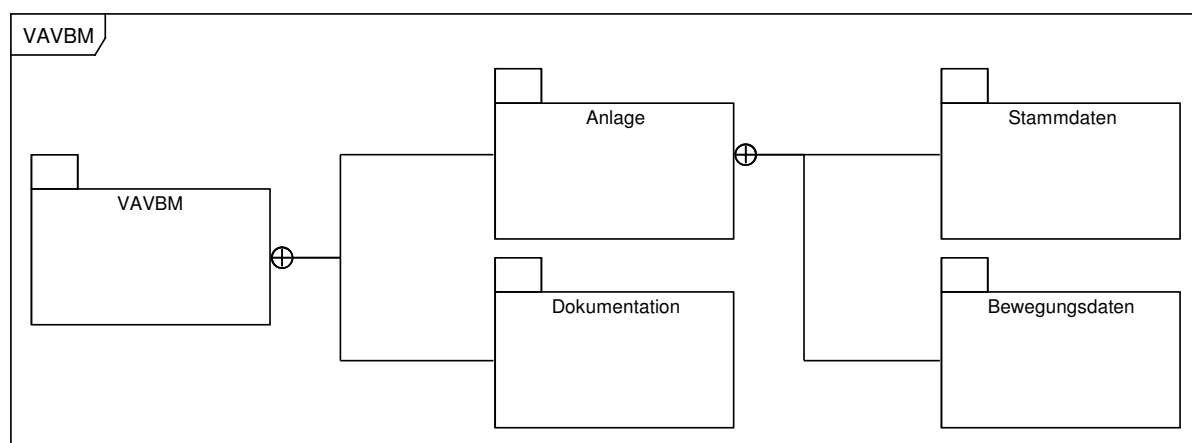


Abbildung 4.29: Strukturierung des Paketes »VAVBM«

Im Folgenden wird zunächst das in dieser Arbeit entwickelte Informationsmodell des Paketes *Anlage.Stammdaten*, das sich in dem Paket *VAVBM* befindet, vorgestellt. In dem Paket *Meta.Anlage.Stammdaten* wurde definiert, dass jedes Bauteil einer Anlage und die Anlage selbst als Erzeugnisse abgebildet werden. Um nun die rechtlichen Anforderungen abzubilden, die nur für bestimmte Erzeugnisse gelten, ist es erforderlich, Erzeugnisse zu klassifizieren. In Abschnitt 2.2.2 wurden verschiedene Klassifikationssysteme vorgestellt. Das Einzelteil-Verschließungssystem von Opitz legt nach [Bug96, GHM<sup>+</sup>05] den Fokus der Klassifikation auf Rotationssteile von Werkstücken, so dass diese Art der Klassifikation für die betrachteten Anlagen eher weniger geeignet ist. Sachmerkmalleisten bieten die Möglichkeit, Klassifikationssysteme zu ergänzen und können dazu dienen, ein Klassifikationssystem aufzubauen [Bug96, GHM<sup>+</sup>05]. Ein Nachteil ist, dass mit Sachmerkmal-Leisten keine hierarchische Struktur aufgebaut werden kann und Merkmale vererbt werden können [GHM<sup>+</sup>05]. Ein übergreifendes Klassifikationssystem, das branchenübergreifend eingesetzt werden kann, und Sachmerkmalleisten nutzt stellt

eCl@ss dar [Bec13]. Darüber hinaus ist die Basis für die Merkmalleisten, die in eCl@ss verwendet werden, eine genormte Grundlage, wodurch eine standardisierte Klassifikation in Zukunft möglich ist. Darüber hinaus ist es möglich mit Hilfe von eCl@ss standardisierte Stammdaten zu Erzeugnissen anzulegen [NN12]. eCl@ss kann im gesamten Produktlebenszyklus eingesetzt werden und unterstützt neben einer betriebswirtschaftlichen Sicht auch eine technische Sicht auf die betrachteten Erzeugnisse [Sch10c]. Der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. unterstützt die Weiterentwicklung dieses Standards und empfiehlt seinen Mitgliedern ihn einzusetzen [Mül07b]. Somit ist eCl@ss geeignet, die betrachteten Erzeugnisse in dieser Arbeit zu klassifizieren und standardisierte Stammdaten für diese Erzeugnisse vorzugeben. In Tabelle 4.6 sind die Klassifikationssysteme mit ihrer Bewertung zusammengefasst.

Bewertungskriterium	Opitz-Schlüssel	Sachmerkmalleisten	eCl@ss
Eignung für die betrachteten Anlagen	-	+	+
Standardisierte Merkmale	-	+	+
Vordefinierte Klassen	+	-	+

+ ... Anforderung wird erfüllt  
- ... Anforderung wird nicht erfüllt

Tabelle 4.6: Bewertung der Klassifikationssysteme

Die eCl@ss-Klassen und deren Merkmale werden in das erarbeitete Informationsmodell als Erzeugnistypen übernommen. Die Klasse *Erzeugnis* wird auf eine *eCl@ss-Klasse* vererbt und die Merkmale werden als Attribute der Klasse mit übernommen. Es wäre als alternative Modellierung möglich gewesen, die eCl@ss-Klassen als Attribut in der Klasse *Erzeugnis* anzugeben und keine eigenen Klassen zu definieren. Diese Modellierung wurde in dieser Arbeit jedoch nicht verwendet, da sonst die Anforderungen, die bezüglich der Anlagendokumentation in dem Informationsmodell abgebildet werden sollen, mit Hilfe der Object Constraint Language (OCL) [OMG10b] modelliert werden müssten. Die einzelnen OCL Constraints würden sich auf die Assoziationen zwischen Erzeugnis und Dokument beziehungsweise Erzeugnis und Technisches Dokument beziehen, wodurch die so formulierten Anforderungen nach [Rum11] schnell unübersichtlich werden.

In Abbildung 4.30 ist die Spezifikation des Informationsmodells für die folgenden exemplarischen eCl@ss-Klassen dargestellt:

- Energieerzeugungsanlage (komplett, Sonstige, nicht klassifiziert) (eCl@ss-Nummer: 33-04-90-90),
- Doppelrohrwärmeaustauscher (eCl@ss-Nummer: 36-04-01-08),
- Behälter (geschlossen, nicht klassifiziert) (eCl@ss-Nummer: 36-03-01-90),
- Geländer (nicht klassifiziert) (eCl@ss-Nummer: 22-31-01-90),
- Schlauchfilter (für Gase) (eCl@ss-Nummer: 36-20-19-09) und
- Stetigförderer (pneumatisch, nicht klassifiziert) (eCl@ss-Nummer: 36-12-05-90)

Da einige der eCl@ss-Klassen weit mehr als 60 Attribute besitzen, werden zur besseren Übersichtlichkeit in Abbildung 4.30 maximal zehn zufällige Attribute dargestellt.

Die Anforderungen, die bezüglich einer Anlagendokumentation existieren, wurden in dem in dieser Arbeit entwickelten Informationsmodell in dem Paket *VAVBM.Dokumentation* modelliert. Zunächst wurde in diesem Paket eine Struktur für eine Anlagendokumentation modelliert. Diese Struktur sollte dem Stand der Technik, wie er in der Branche des verfahrenstechnischen Anlagenbaus überwiegend praktiziert wird, entsprechen. Jedoch existiert für die Strukturierung einer Technischen Dokumentation keine Norm oder Richtlinie, so dass sich die angewandten Strukturierungen in den Unternehmen unterscheiden.

In dieser Arbeit wurde daher ein allgemeiner Vorschlag für die Strukturierung einer Anlagendokumentation erarbeitet und in dem entwickelten Informationsmodell integriert. Diese

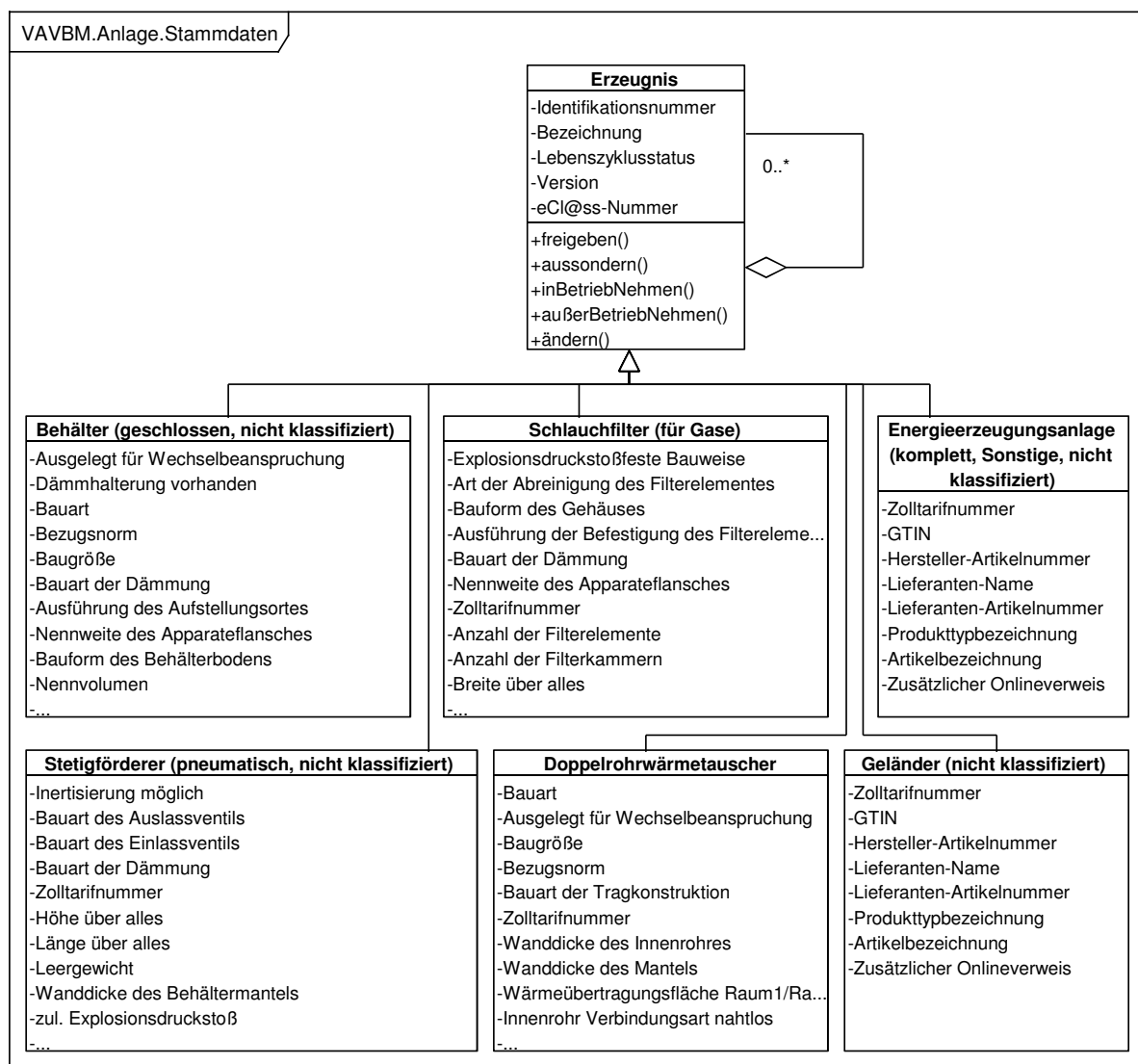


Abbildung 4.30: Klassendiagramm »VAVBM.Anlage.Stammdaten«

Vorschlag lehnt sich stark an den Strukturvorschlag aus [Web08] an, da sich dieser in der Praxis bewährt hat.

Für den Aufbau der Dokumentationsstruktur wurde in dieser Arbeit in Abschnitt 4.2.1 das Entwurfsmuster *Kompositum* verwendet. Um eine konkrete Dokumentationsstruktur in dem Informationsmodell abzubilden, müssen Instanzen der Klasse *Dokumentengruppe* erzeugt werden. Die in dieser Arbeit spezifizierten Objekte, die für die Modellierung der ersten Ebene der Struktur der Gesamtdokumentation benötigt wurde, sind zusammenfassend in Abbildung 4.31 dargestellt. Diese Objekte sind Bestandteil des in dieser Arbeit entwickelten Informationsmodells.

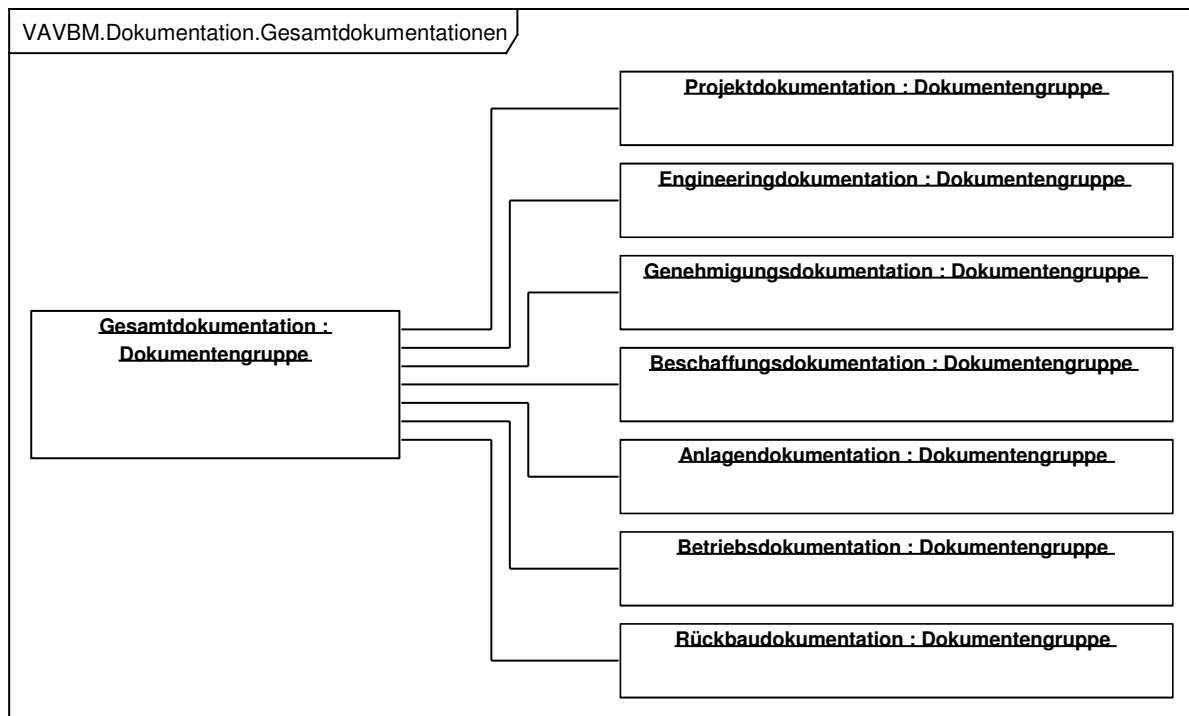


Abbildung 4.31: Objektdiagramm: »VAVBM.Dokumentation.Gesamtdokumentation«

Die in Abbildung 4.31 dargestellten Dokumentengruppen wurden im nächsten Schritt weiter detailliert, so dass innerhalb dieser Arbeit ein Vorschlag für eine Struktur der Gesamtdokumentation entstanden ist und in Form von Objekten Bestandteil des erarbeiteten Informationsmodells wurde.

Im nächsten Schritt mussten innerhalb dieser Arbeit die einzelnen Dokumentenarten spezifiziert werden. Die Basis für die Spezifikation der Dokumentenarten waren beispielsweise [BetrSichV], [2006/42/EG], [DIN-Fachbericht 146], [DIN 28000-1], [DIN 28000-2], [DIN 6789-1], [TRBS 1201], [TRD 501], [TRD 520], [Web08], [Web06] oder [VGB-R 171].

Im Folgenden wird die Modellierung von Dokumentenarten innerhalb des Modells exemplarisch an den Dokumentenarten Betriebsanleitung, Aufstellungsplan, Ausrüstungsdatenblatt, CAD-Dokument und Konformitätserklärung dargestellt. Alle in dieser Arbeit spezifizierten Dokumentenarten sind in Anhang E aufgelistet.

Da es sich bei den genannten Dokumentenarten um Technische Dokumente handelt, werden diese, wie in Abbildung 4.32 dargestellt, von der Klasse *Technisches Dokument* aus dem Paket *Meta.Dokumentation* vererbt.

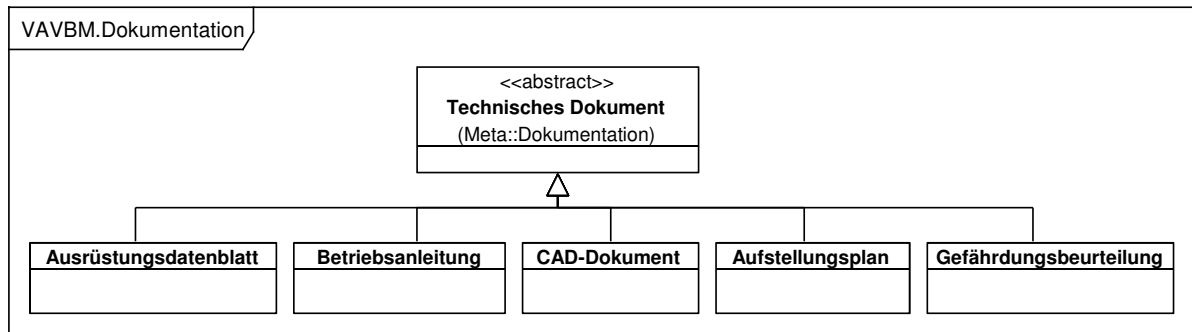


Abbildung 4.32: Klassendiagramm: »VAVBM.Dokumentation«

Für die fünf in Abbildung 4.32 dargestellten Dokumentenarten wurden in dem Informationsmodell fünf Dokumentengruppen angelegt, die den gleichen Namen tragen, wie die Dokumentenart, die in dieser Dokumentengruppe strukturiert wird. Diese Dokumentengruppen wurden innerhalb des in dieser Arbeit entwickelten Informationsmodells in die bereits spezifizierte Dokumentengruppen eingeordnet. In dem Fall der fünf ausgewählten Dokumentengruppen ist das die Dokumentengruppe Verfahrenstechnik. Die Einordnung der für die einzelnen Dokumentenarten erstellten Dokumentengruppen in der Anlagendokumentation in die Dokumentengruppe Verfahrenstechnik ist in Abbildung 4.33 dargestellt.

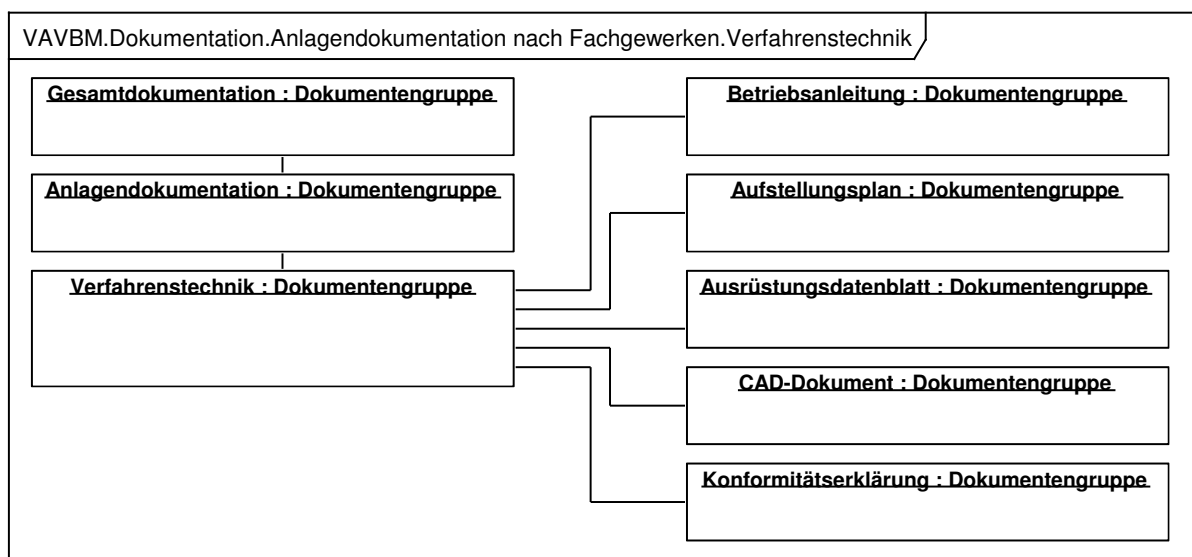


Abbildung 4.33: Objektdiagramm: »VAVBM.Dokumentation. Anlagendokumentation nach Fachgewerken. Verfahrenstechnik«

Um die Anforderungen an das Vorhandensein von bestimmten Dokumentenarten für Erzeugnisklassen in dem Informationsmodell abzubilden, ist es nun erforderlich, die spezifizierten Dokumentenarten mit Erzeugnisklassen zu verknüpfen. In Abbildung 4.34 ist exemplarisch die Verknüpfung der Erzeugnisklasse Energieerzeugungsanlage (komplett, Sonstige, nicht klassifiziert) (eCl@ss-Nummer: 33-04-90-90), wie sie bereits in Abbildung 4.30 dargestellt wurde, mit den optionalen oder erforderlichen Dokumentenarten dargestellt. So ist beispielsweise eine Betriebsanleitung und eine Gefährdungsbeurteilung für eine Energieerzeugungsanlage nach [2006/42/EG] erforderlich. Optional können zu einer Energieerzeugungsanlage CAD-Dokumente oder ein Aufstellungsplan vorliegen.

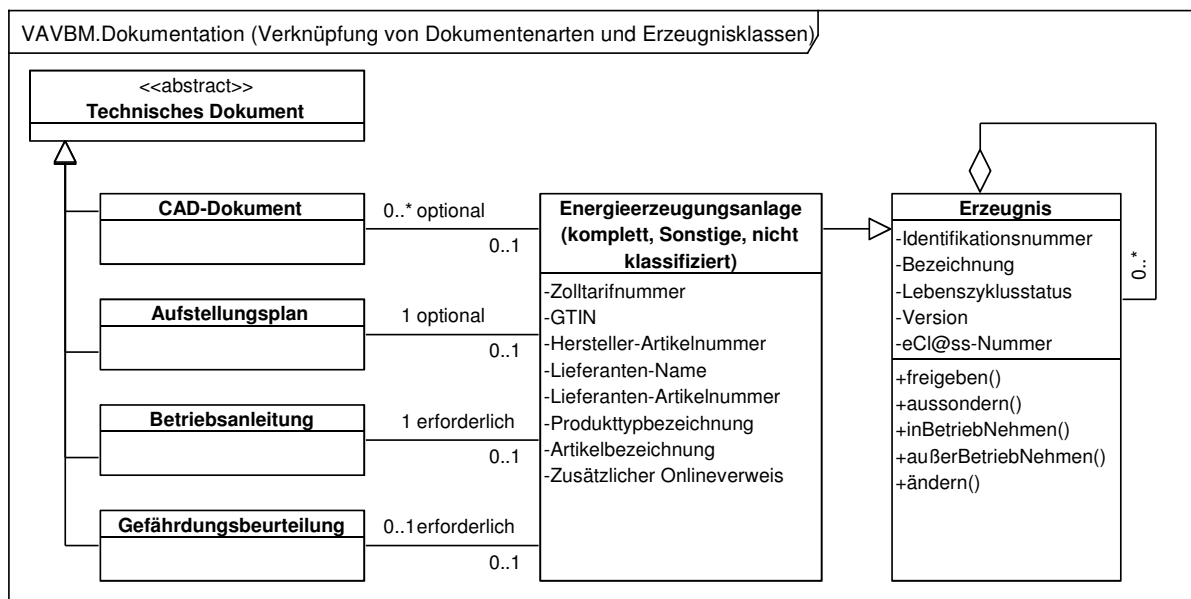


Abbildung 4.34: Klassendiagramm: »VAVBM.Dokumentation« (Verknüpfung von Dokumentenarten und Erzeugnisklassen)

In diesem Abschnitt wurde gezeigt, wie die Abbildung von Anforderungen an die Gesamtdokumentation einer Anlage in dem in dieser Arbeit entwickelten Informationsmodell abgebildet werden können. In nächsten Abschnitt wird gezeigt, wie unternehmensspezifische Anforderungen an die Gesamtdokumentation der Anlage abgebildet werden können.

### 4.2.3 Erstellung eines Unternehmensschemas

Die unternehmensspezifischen Anforderungen an die Gesamtdokumentation einer Anlage werden in dem in dieser Arbeit entwickelten Gesamtschema in einem eigenen Paket abgebildet. Dazu wird für das Unternehmen ein eigenes Paket definiert, welches im Folgenden als Paket *Unternehmen* bezeichnet wird. Dieses Paket wird dann wie das Paket *VAVBM* in die Pakete, wie in Abbildung 4.35 dargestellt, in die Pakete *Dokumentation* und *Anlage* untergliedert. Das Paket *Anlage* ist in die Pakete *Stammdaten* und *Bewegungsdaten* unterteilt. Die Strukturierung in diese Pakete orientiert sich an der Strukturierung des Paketes *Meta*, wie es in Abschnitt 4.2.1 vorgestellt wurde, und des Paketes *VAVBM*, wie es in Abschnitt 4.2.2 vorgestellt wurde. Das

Paket *Bewegungsdaten* wird nicht weiter detailliert, da innerhalb der in dieser Arbeit betrachteten Geschäftsprozesse weder Bewegungsdaten erzeugt noch benötigt wurden. Dieses Paket wurde allerdings schon eingeführt, um das Informationsmodell entsprechend zu untersetzen, sobald Geschäftsprozesse unterstützt werden sollen, in denen Bewegungsdaten erforderlich sind.

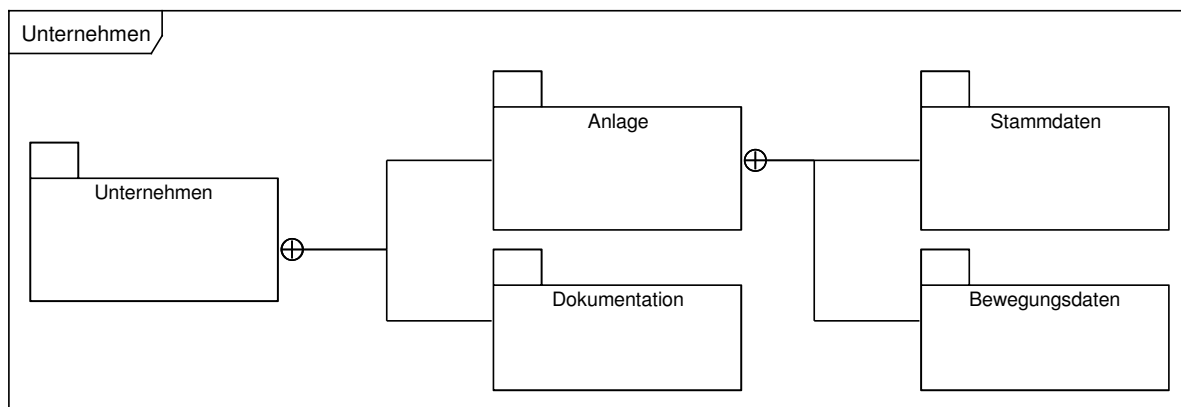


Abbildung 4.35: Strukturierung des Paketes »Unternehmen«

Im Folgenden wird dargestellt, wie es möglich ist, eine unternehmensspezifische Anforderung an die Gesamtdokumentation abzubilden. Dies wird exemplarisch an folgendem Beispiel erklärt: zu der Erzeugnisklasse *Schlauchfilter (für Gase)* (eCl@ss-Nummer: 36-20-19-09) ist die Dokumentenart *Produktbroschüre* erforderlich.

Zunächst muss die in der Anlagentyp-Ebene modellierte Erzeugnisklasse *Schlauchfilter (für Gase)* auf eine unternehmensspezifische Erzeugnisklasse vererbt werden. Dafür wird für das gewählte Beispiel die Erzeugnisklasse *Schlauchfilter (für Gase) (Unternehmen)* eingeführt, wie in Abbildung 4.36 dargestellt. Wenn keine Vererbung der in dem Anlagentyp definierten Erzeugnisklassen stattfindet, sondern die Anforderungen direkt für die in der Anlagentyp-Ebene definierten Erzeugnisklassen vorgenommen werden würde, würden die in der Anlagentyp-Ebene

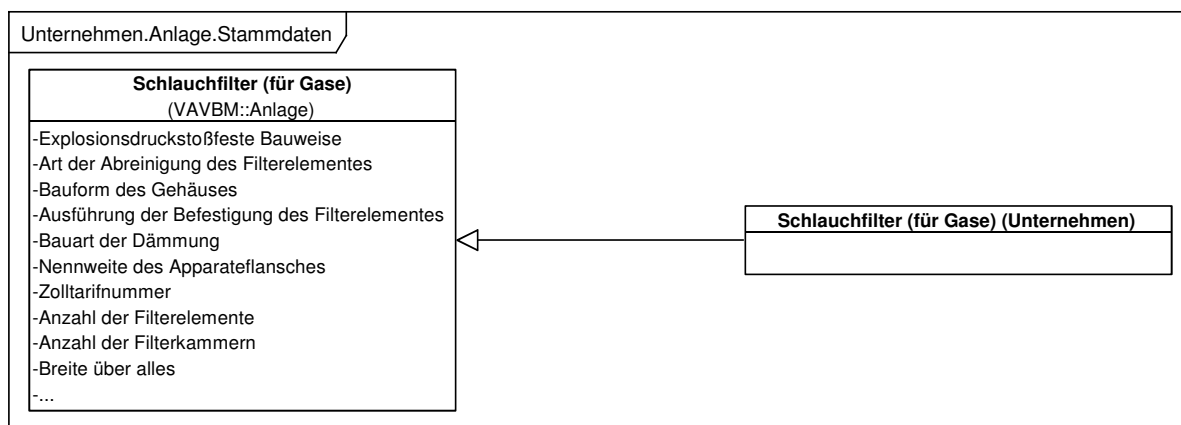


Abbildung 4.36: Klassendiagramm »Unternehmen.Anlage.Stammdaten«



spezifizierten Anforderungen hinsichtlich der Gesamtdokumentation einer Anlage mit unternehmensspezifischen Anforderungen vermischt werden. Das würde dazu führen, dass die in der Anlagentyp-Ebene modellierten Anforderungen nicht mehr für alle Unternehmen gleichermaßen gelten würden.

Im nächsten Schritt muss in dem Paket *Unternehmen.Dokumentation* die Dokumentart *Produktbroschüre* modelliert werden. Da es sich bei einer Produktbroschüre um ein Dokument aber kein Technisches Dokument handelt, wird diese Klasse von der Klasse *Dokument* aus dem Paket *Meta.Dokumentation* vererbt, wie in Abbildung 4.37 zusammenfassend dargestellt. Dann muss eine Assoziation zwischen der modellierten Erzeugnisklasse *Schlauchfilter (für Gase)* (*Unternehmen*) und der Klasse *Produktbroschüre* modelliert werden.

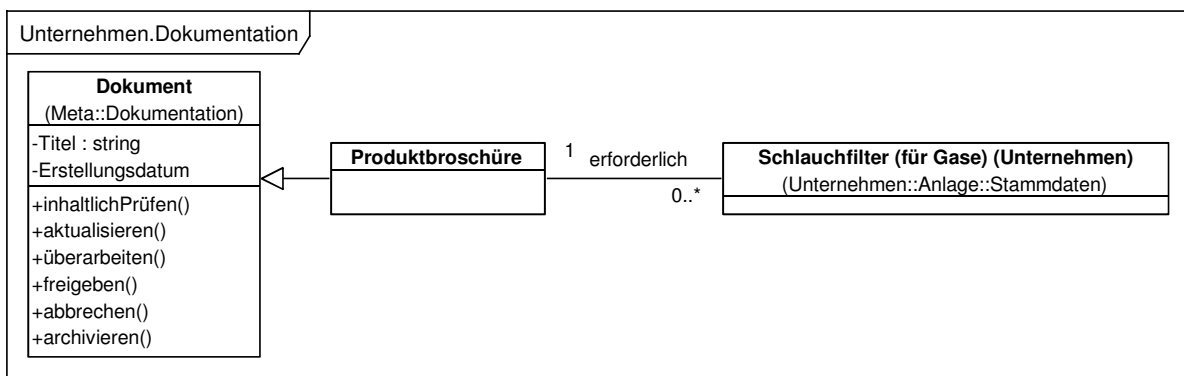


Abbildung 4.37: Klassendiagramm »Unternehmen.Dokumentation«

Im nächsten Abschnitt wird beschrieben, wie das erarbeitete Konzept für digitale Lebenslaufakten angewendet und erweitert werden kann.

### 4.3 Vorgehensweise zur Einführung und Erweiterung des Konzeptes für digitale Lebenslaufakten

Die Einführungsstrategie für digitale Lebenslaufakten lehnt sich an die Einführungsstrategie von Informationssystemen an, die in Abschnitt 3.3 beschrieben wurde. Dementsprechend läuft die Einführung in den fünf Schritten Projektdefinition, Ist-Analyse, Soll-Konzeption, Systemauswahl und Einführung und Betrieb ab.

In der *Projektdefinition* wird das Projektteam zusammengestellt und die Zielstellung sowie Verantwortlichkeiten definiert [VDI 2219]. Die Größe des Projektteams richtet sich nach der Größe des Unternehmens. Gerade kleine und mittlere Unternehmen können es sich nicht leisten viele Mitarbeiter zu beschäftigen, die sich nur um die Systemeinführung kümmern [ADE<sup>+</sup>11]. Zusätzlich wird ein grober Projektplan erarbeitet und die Anlagen ausgewählt, für die die digitale Lebenslaufakte eingeführt werden soll [ES09]. Ein weiterer Schwerpunkt sollte auch auf der Entwicklung der strategischen Vision des Unternehmens gelegt werden [ADE<sup>+</sup>11]. Die digitale Lebenslaufakte sollte ein Baustein in der strategischen Ausrichtung sein.

In der *Ist-Analysephase* werden die Organisation, die IT-Infrastruktur und relevanter Geschäftsprozesse untersucht [VDI 2219]. Dabei werden Informationsflüsse analysiert und dokumentiert, um die ablaufenden Prozesse überprüfen und gegebenenfalls optimieren zu können [VDI 2219]. Darüber hinaus sollten nach [VDI 2219] bei der Einführung von Informationssystemen Mengenanalysen durchgeführt werden, um die anfallenden Datenmengen, die von der digitalen Lebenslaufakte verwaltet werden soll, abschätzen zu können.

Aus diesen Analysen wird in der Phase *Soll-Konzeption* das Soll-Konzept erstellt [VDI 2219]. Dazu werden die aufgenommenen Prozesse optimiert und Soll-Prozesse spezifiziert [VDI 2219]. Diese dienen dazu unternehmensspezifische Systemfunktionalitäten in Form von Anforderungen abzuleiten, die zusätzlich zum Konzept der digitalen Lebenslaufakte erfüllt werden müssen, wie beispielsweise die Integration von existierenden Systemen [VDI 2219]. Dazu wird zunächst überprüft, inwieweit die in dem Konzept spezifizierten Anwendungsfälle und deren Prozessabläufe die ablaufenden unternehmensspezifischen Prozesse abbilden oder angepasst werden müssen. Falls diese den Unternehmensprozessen entsprechen, können diese innerhalb des Unternehmens umgesetzt werden. Falls die dargestellten Abläufe in den spezifizierten Anwendungsfällen nicht übernommen werden können, sollten diese entsprechend modelliert werden. Im nächsten Schritt muss geprüft werden, ob durch die Anpassung der spezifizierten Prozessabläufe Änderungen an den Lebenszyklen der Elemente der digitalen Lebenslaufakte erforderlich sind. Sollen zum Beispiel andere Freigabeprozesse bei Dokumenten umgesetzt werden, kann dies dazu führen, dass der Lebenszyklus der Klasse Dokument geändert beziehungsweise angepasst werden muss. Falls hier keine Anpassungen erforderlich sind, können diese für die Umsetzung übernommen werden. Falls diese nicht anwendbar sind, müssen auch hier entsprechende Analysen durchgeführt werden, um die unternehmensspezifischen Lebenszyklen zu ermitteln. Dazu können die Methoden des Unified Process angewandt werden und die Ergebnisse mit UML dokumentiert werden. Diese können in der Unternehmensebene des Informationsmodells abgebildet werden. Änderungen an den Anwendungsfällen können in dem Konzept der digitalen Lebenslaufakte dokumentiert werden, in dem die angepassten Anwendungsfälle in eine unternehmensspezifische Ausprägung vererbt werden und die geänderten Prozessabläufe modelliert werden. Zusätzlich zu der Optimierung der Prozessabläufe muss das Nummernsystem überprüft und optimiert werden.

Im nächsten Schritt muss das Informationsmodell für eine konkrete Anlage erarbeitet beziehungsweise aus den einzelnen Paketen des in dieser Arbeit entwickelten Informationsmodells zusammengesetzt werden. Das Informationsmodell für eine konkrete Anlage besteht, wie bereits in Abschnitt 4.2 beschrieben und in Abbildung 4.18 dargestellt, idealerweise aus drei Paketen. Das Paket *Meta* kann direkt übernommen werden. Dann muss identifiziert werden, welchem Anlagentyp innerhalb des Informationsmodells die konkrete Anlage entspricht. Das entsprechende Paket aus der Anlagentyp-Ebene kann dann ebenfalls übernommen werden. Falls entsprechende unternehmensspezifische Anforderungen bezüglich der Gesamtanlagendokumentation abgebildet werden sollen, muss ein entsprechendes Paket wie in Abschnitt 4.2.3 erstellt werden. Dann müssen die einzelnen Klassen des Modells instanziiert werden. Das beinhaltet, dass eine entsprechende Anlagenstruktur erstellt werden muss. Die einzelnen Gruppen und Einzelteile der Anlage müssen klassifiziert und einer Erzeugnisklasse zugeordnet werden. Des Weiteren muss eine geeignete Dokumentationsstruktur ausgewählt werden. Innerhalb des Informationsmodells wurden zwei mögliche Strukturierungen vorgeschlagen. Es muss überprüft werden, ob eine der beiden Vorschläge übernommen werden kann. Alternativ kann in der Un-

ternehmensebene für eine Anlage eine individuelle Dokumentationsstruktur modelliert werden. Im nächsten Schritt muss dann jedem Dokument eine Dokumentart zugeordnet werden.

Da das erarbeitete Konzept für digitale Lebenslaufakten keinen Anspruch auf Vollständigkeit hat, muss es an entsprechenden Stellen erweitert werden wie beispielsweise um weitere Anlagentypen. Falls in dem vorhergegangenen Schritt festgestellt wird, dass kein Anlagentyp existiert, dem die abzubildende Anlage entspricht, muss ein Anlagentyp ergänzt werden. Die Vorgehensweise dazu lehnt sich an die Methoden des Unified Process an. Dazu muss innerhalb des Informationsmodells ein weiterer Anlagentyp als Paket angelegt werden. Dieses Paket sollte dann entsprechend der Struktur in dem Paket Meta in weitere Pakete untergliedert werden. Falls es erforderlich ist, darüber hinaus weitere Pakete zu ergänzen, können diese, sofern sie nur für den betrachteten Anlagentyp von Bedeutung sind, in der Anlagentyp-Ebene ergänzt werden. Falls sie für alle Anlagentypen wichtige Aspekte enthalten, können die allgemeingültigen Aspekte auch in der Meta-Ebene - also dem Paket *Meta* - ergänzt und die anlagentypspezifischen Aspekte in der Anlagentyp-Ebene spezifiziert werden. Um die rechtlichen Anforderungen an diesen Anlagentyp abzubilden, muss eine umfangreiche Recherche durchgeführt werden. Die Ergebnisse der Recherche sollten mit der gleichen Modellierung abgebildet werden, wie sie in dem Abschnitt 4.2.2 vorgeschlagen wurde, um eine einheitliche Modellierung in dem Konzept der digitalen Lebenslaufakte zu erreichen

Im nächsten Schritt sollten diese Anforderungen priorisiert werden [VDI 2219]. Dazu sollte sowohl eine Aufwandsabschätzung stattfinden sowie die das Einsparpotential der einzelnen Anforderungen ermittelt werden, so dass im Ergebnis eine Übersicht über die Relevanz der Anforderungen entsteht [VDI 2219]. Die einzelnen Anforderungen können nach [VDI 2219] in die folgenden fünf Kategorien unterteilt werden:

**strategische Anforderungen:** Hier werden Anforderungen berücksichtigt, die aus der Umsetzung von Normen wie ISO 9000 oder IT-Infrastrukturanforderungen resultieren, die sich aus der strategischen Ausrichtung des Unternehmens ergeben.

**funktionsbezogene Anforderungen:** Zu den funktionsbezogenen Anforderungen gehören Anforderungen, die geforderte Systemfunktionalitäten beschreiben. Diese lassen sich aus den erstellten Modellen bezüglich der Daten, Prozessabläufe oder Datenstrukturen ableiten. Anforderungen, die aus der Integration existierender Systeme ergeben, gehören ebenfalls zu den funktionsbezogenen Anforderungen.

**technisch-organisatorische Anforderungen:** Zu den technisch-organisatorischen Anforderungen gehören Anforderungen, die sich aus der Organisation des Unternehmens oder mengenbezogenen Anforderungen ableiten lassen wie beispielsweise die Anzahl der zukünftigen Nutzer.

**mengenbezogene Anforderungen:** Zu den mengenbezogenen Anforderungen gehören Anforderungen, die sich aus den Mengenanalysen der Ist-Analyse ergeben und sich auf die zu verwaltenden Datenmengen beziehen, wie beispielsweise Massenspeichergröße oder Antwortzeiten.

**ergonomische Anforderungen:** Ergonomische Anforderungen behandeln die Bedienung des Systems wie beispielsweise Verfügbarkeit einer Online-Hilfe.

Im Ergebnis entsteht eine Grobspezifikation für die digitale Lebenslaufakte, das Informationen darüber enthält, wie welche Funktionalitäten umgesetzt werden sollen [VDI 2219]. Parallel dazu muss eine Marktanalyse existierender Systeme vorgenommen werden, um diese in einem späteren Schritt vergleichen und bewerten zu können [VDI 2219].

Auf Basis der Grobspezifikation und der Marktanalyse werden im nächsten Schritt Kriterien für die Bewertung der recherchierten Systeme spezifiziert [VDI 2219]. Dann erfolgt eine Bewertung der Systeme und maximal drei Systeme werden in einer Vorauswahl bestimmt [VDI 2219]. Für diese drei Systeme werden Angebote eingeholt und tieferegehende Analysen durchgeführt [VDI 2219]. Dabei sollte die Bewertung gemeinsam mit den späteren Nutzern erfolgen, indem beispielsweise Anbieterpräsentationen oder hausinterne Testinstallationen durchgeführt werden [ES09]. Anhand von Fragenkatalogen werden die vorgestellten Systeme von den Nutzern, um die Nutzerakzeptanz der einzelnen Systeme bewerten zu können [ES09]. Das System, das bei der technischen Bewertung, der Bewertung durch die Nutzer und einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung am besten abschneidet, wird für die Umsetzung ausgewählt [ES09]. Bei dieser Entscheidung werden technische, wirtschaftliche und personelle Aspekte betrachtet. Um die anfallenden Aufgaben für die Systemeinführung dokumentieren zu können wird zwischen dem Unternehmen, das die digitale Lebenslaufakte einführen will, und dem IT-Dienstleister, der das ausgewählte System anbietet, ein Pflichtenheft erstellt, in dem beschrieben wird, welche Leistungen von dem IT-Dienstleister erbracht werden müssen [ADE<sup>+</sup>11].

In der anschließenden Phase *Einführung und Betrieb* erfolgt die Anpassung des Systems an die Spezifik des Unternehmens [VDI 2219]. Sobald alle erforderlichen Anpassungen vorgenommen wurden, kann ein Systemtest in einer eigenständigen Testumgebung erfolgen, um die Umsetzung der digitalen Lebenslaufakte an Hand festgelegter Kriterien zu überprüfen [VDI 2219]. Der Schwerpunkt liegt hier auf der Prüfung, inwieweit alle Nutzeranforderungen umgesetzt wurden, um von Beginn an eine hohe Benutzerakzeptanz zu erreichen [VDI 2219]. Wenn die Prüfung erfolgreich war, erfolgt die schrittweise Einführung des Systems in das Unternehmen [VDI 2219]. Dabei kann, wie in Abschnitt 3.3 dargestellt, entweder eine horizontale oder vertikale Einführungsstrategie gewählt werden [ES09]. Diese Auswahl ist immer unternehmensspezifisch, so dass keine generelle Aussage getroffen werden kann, welche der beiden Einführungsstrategien die beste Wahl ist [ES09]. Darüber hinaus sollten in dieser Phase unternehmensinterne Veranstaltungen organisiert werden, um die Mitarbeiter in die Einführung und kontinuierliche Pflege der digitalen Lebenslaufakte einzubinden [ES09, ADE<sup>+</sup>11]. Durch diese Maßnahmen kann die Nutzerakzeptanz erhöht werden [ES09, ADE<sup>+</sup>11].

Zu einem Abschluss der Einführung der digitalen Lebenslaufakte muss der Erfolg der Realisierung überprüft werden. Dazu werden beispielsweise überprüft, ob der Projektplan mit geplanten Zeiten, Kosten und personellen Kapazitäten eingehalten werden konnten [ES09]. Dazu sollten etablierte Methoden des Projektcontrollings eingesetzt werden [ES09]. Darüber hinaus wird bewertet, inwieweit die späteren Nutzer qualifiziert wurden, die digitale Lebenslaufakte zu nutzen und wie weit die Vorbereitungen für die Einführung fortgeschritten sind und noch offene Punkte betrachtet werden müssen.

## 4.4 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde basierend auf den Ergebnissen der Anforderungsanalyse ein entsprechendes Konzept für digitale Lebenslaufakten entwickelt, das die identifizierten Anforderungen erfüllt. Dazu wurden zunächst Soll-Prozesse in Form von Anwendungsfällen spezifiziert und die Prozessabläufe modelliert. Dadurch wurden vier Anforderungen des Prozessaspektes erfüllt. Zunächst wurden Prozesse zur Unterstützung der Durchführungen von Prüfungen und den zugehörigen Anwendungsfällen zur Verwaltung und Pflege von Prüfungen spezifiziert, um die Anforderung *Prozesse zur Verwaltung und Pflege von Prüfungen* zu erfüllen.

Im Anschluss daran wurden Anwendungsfälle für die Nutzung der Anlage spezifiziert, die Anwendungsfälle und Anwendungsfallabläufe für die Pflege der Anlage, der Anlagendokumentation und der Informationsbasis spezifiziert, um die Anforderungen *Prozesse zur Verwaltung und Pflege der abgebildeten Anlage*, *Prozesse zur Verwaltung und Pflege der Anlagendokumentation* und *Prozesse zur Verwaltung und Pflege einer Informationsbasis* zu erfüllen.

Um die anderen Anforderungen erfüllen zu können, war die Entwicklung eines Informationsmodells erforderlich, um die in den Anwendungsfällen erzeugten und benötigten Daten, Informationen und Dokumente abzubilden und zu strukturieren. In diesem Informationsmodell sollten darüber hinaus Anforderungen abgebildet werden, die bezüglich der Gesamtdokumentation einer Anlage existieren und erfüllt werden müssen. Dazu wurde zunächst die Modellierung der Anlage und der Zustandsautomat für Erzeugnisse erläutert, die die Anforderungen *Lebenszyklen von Elementen der abgebildeten Anlage* und *Abbildung einer Anlage inklusive Meta-Daten und einer Anlagenstruktur* zu erfüllen. Im Anschluss daran wurden die Dokumentation einer Anlage und der Zustandsautomat von Dokumenten modelliert. Dadurch konnten die Anforderungen *Abbildung einer Anlagendokumentation inklusive Meta-Daten und einer Dokumentationsstruktur* und *Lebenszyklen von Elementen der Anlagendokumentation* erfüllt werden. Durch die Zuordnung von Dokumentenvorlagen zu Dokumentenarten konnte die Anforderung *Einbindung von Dokumentenvorlagen* erfüllt werden. Im nächsten Schritt wurden die Modellierung der Informationsbasis und der Lebenszyklus von Rechtsquellen dargestellt, um Dokumente abzubilden, die rechtliche Aspekte beinhalten. Dadurch konnten die Anforderungen *Abbildung einer Informationsbasis inklusive Rechtsquellen und Meta-Daten* und *Lebenszyklen von Elementen der Informationsbasis* abgedeckt werden. In dem Paket Prüfsakte wurden dann prüfungsrelevante Informationen abgebildet und die Beziehungen zwischen diesen Elementen sowie der Zustandsautomat einer Prüfung modelliert. Dies diente der Erfüllung der Anforderungen *Abbildung von Prüfungen inklusive Meta-Daten* und *Lebenszyklen von Prüfungen*. Um die Anforderung *Abbildung von Anforderungen an eine Anlagendokumentation* zu erfüllen, wurde ein Anlagentyp-Schema entwickelt, das die rechtlichen Anforderungen an einen bestimmten Anlagentyp abbildet. Die Unterteilung auf Anlagentypen war erforderlich, da die Anforderungen an die Dokumentation einer Anlage von vielen verschiedenen Faktoren abhängen wie beispielsweise dem Genehmigungsverfahren, der verbauten Baugruppen und Einzelteile aber auch die Art der Anlage. Durch das Abbilden von Erzeugnistypen, Dokumentenarten und den Beziehungen zwischen diesen, können rechtliche Anforderungen an die Anlagendokumentation abgebildet werden. Da die einzelnen Elemente des Informationsmodells miteinander in Verbindung stehen und Beziehungen zwischen den Elementen abgebildet wurde, konnte die Anforderung *Assoziationen zwischen Elementen aus dem Daten-, Informations- und Dokumentenaspekt und Elementen des rechtlichen Aspektes* erfüllt werden.

Den Abschluss des Kapitels bildete die Beschreibung der Anwendung und Erweiterung des in dieser Arbeit entwickelten Konzeptes für digitale Lebenslaufakte. Im nächsten Kapitel wird dargestellt, wie das erarbeitete Konzept der Lebenslaufakte systemtechnisch umgesetzt werden kann.

# Kapitel 5

## Realisierung von digitalen Lebenslaufakten

In diesem Kapitel wird das aus Kapitel 4 erarbeitete Konzept für digitale Lebenslaufakten für eine konkrete Anlage auf Basis bereits existierender Softwaresysteme umgesetzt. Dazu werden zunächst mögliche Systemklassen für die Umsetzung analysiert und bewertet. Zwei Systemklassen werden für die Umsetzung ausgewählt, um zu validieren, ob und wie weit das erarbeitete Konzept mit verschiedenen Systemklassen umgesetzt werden kann. Dann wird die Anlage, für die das erarbeitete Konzept angewendet und umgesetzt werden soll, vorgestellt. Im Anschluss wird die Umsetzung mit zwei Systemen aus den beiden ausgewählten Systemklassen detailliert beschrieben.

### 5.1 Auswahl einer Technologie für die Umsetzung

In Kapitel 2.5 wurden Anforderungen definiert, die das Konzept für digitale Lebenslaufakten erfüllen muss. Das Softwaresystem, mit dem das in dieser Arbeit entwickelte Konzept der Lebenslaufakten umgesetzt werden soll, muss diese Anforderungen ebenfalls erfüllen können.

Wie in Abschnitt 1.2 erläutert, ist es eine der Zielstellungen dieser Arbeit, zu validieren, inwieweit es möglich ist, das entwickelte Konzept der digitalen Lebenslaufakte mit existierenden Softwaresystemen umzusetzen. Dabei sollten möglichst Systemklassen berücksichtigt werden, die bereits im Produktlebenszyklus einer Anlage eingesetzt werden, um die Nutzerakzeptanz zu erhöhen und den Einarbeitungsaufwand für die Unternehmen und Nutzer zu minimieren. Die Einführung neuer Systeme kann mit der Ablehnung der Mitarbeiter einhergehen und die erfolgreiche Einführung verhindern [SHS12, Dav93]. In der Anforderungsanalyse wurden die folgenden Systemklassen identifiziert, die derzeit für das Daten- und Informationsmanagement für Anlagen eingesetzt werden und damit mögliche Softwaresystemklassen für die Umsetzung sind:

- Dokumentenmanagement-Systeme (DMS)
- Produktdatenmanagement-Systeme (PDMS)

- Instandhaltungsplanungs- und -steuerungs-Systeme (IPSS)
- Enterprise Resource Planing-Systeme (ERPS)
- Portal-Systeme (PS)

Zur Bewertung der Systemklassen werden, wie bereits erwähnt, die Anforderungen aus Kapitel 2.5 herangezogen. Einige dieser Anforderungen können für die Systembewertung zusammengefasst werden, während andere entsprechend des erstellten Konzeptes verfeinert werden müssen.

Die Anforderungen *Prozesse zur Verwaltung und Pflege einer Informationsbasis*, *Prozesse zur Verwaltung und Pflege der abgebildeten Anlage*, *Prozesse zur Verwaltung und Pflege der Anlagendokumentation* und *Prozesse zur Verwaltung und Pflege von Prüfungen* werden zu dem Bewertungskriterium *Abbildung von Workflows* zusammengefasst, da Prozesse durch Softwaresysteme mit Hilfe von Workflows unterstützt werden.

Die Anforderungen *Lebenszyklen von Elementen der Informationsbasis*, *Lebenszyklen von Elementen der abgebildeten Anlage*, *Lebenszyklen von Elementen der Anlagendokumentation* und *Lebenszyklen von Prüfungen* werden zu dem Bewertungskriterium *Abbildung von Lebenszyklen* zusammengefasst.

Die Anforderung *Abbildung einer Informationsbasis inklusive Meta-Daten und Assoziationen zu Elementen der Informationsbasis* werden zu dem Bewertungskriterium *Abbildung einer Informationsbasis* zusammengefasst.

Die Anforderung *Abbildung einer Anlage inklusive Meta-Daten und einer Anlagenstruktur* fließt die Bewertungskriterien *Abbildung einer Anlagenstruktur* und *Abbildung von Erzeugnisklassen*, da die Anlagenkomponenten, wie im Konzept der Lebenslaufakten spezifiziert, mit Hilfe von Erzeugnisklassen abgebildet werden.

Die Anforderung *Abbildung einer Anlagendokumentation inklusive Meta-Daten und einer Dokumentationsstruktur* wird in die zwei Bewertungskriterien *Abbildung einer Dokumentationsstruktur* und *Verwaltung von Dokumenten* unterteilt.

Die Anforderungen *Vernetzung der abgebildeten Anlage mit Prüfungen* und *Vernetzung der Anlagendokumentation mit Prüfungen* sind Bestandteil des Bewertungskriteriums *Abbildung von Prüfungen*.

Die Anforderung *Vernetzung der abgebildeten Anlage mit der Anlagendokumentation* ist Bestandteil des Bewertungskriteriums *Abbildung von Erzeugnisklassen*.

Da die Anforderung *Abbildung von Anforderungen an eine Anlagendokumentation* im Konzept der Lebenslaufakte mit Hilfe von Erzeugnisklassen Dokumentenarten umgesetzt wurde, fließt diese Anforderung und die Bewertungskriterium *Abbildung von Erzeugnisklassen* und *Abbildung von Dokumentarten* ein.

Zusammenfassend werden folgende Kriterien zur Bewertung der Systemklassen verwendet:

**Abbildung einer Informationsbasis:** Das Softwaresystem muss in der Lage sein, Rechts- und Erkenntnisquellen wie Gesetze, Verordnungen, Richtlinien oder Normen inklusiver deren Meta-Daten abbilden zu können und sie Dokumenten, Prüfungen oder Erzeugnissen zuordnen zu können, um dokumentiert nachweisen zu können, unter welchen Randbedingungen beispielsweise Dokumente entstanden sind oder Prüfungen durchgeführt wurden.



**Abbildung von Workflows:** Das Softwaresystem muss in der Lage sein, Geschäftsprozesse wie beispielsweise die Durchführung einer Prüfung informationstechnisch zu unterstützen.

**Abbildung von Lebenszyklen:** Das Softwaresystem muss in der Lage sein, Lebenszyklen für Dokumente, Erzeugnisse, Rechts- und Erkenntnisquellen und Prüfungen abbilden zu können. Es müssen Änderungs- und Freigabeprozesse umsetzbar sein, um dokumentierte Lebenszyklusübergänge ermöglichen zu können.

**Einbindung von Dokumentenvorlagen:** Das Softwaresystem muss in der Lage sein, Dokumentenvorlagen anzubieten, um so einen Beitrag zur Qualitätssicherung der in den Dokumenten beinhaltenen Informationen zu gewährleisten.

**Abbildung einer Anlagenstruktur:** Das Softwaresystem muss in der Lage sein, eine Anlagenstruktur unabhängig von einer Dokumentationsstruktur abzubilden. So können beispielsweise durchgeführte Prüfungen oder einzelne Dokumente zu Gruppen oder Einzelteilen zugeordnet werden.

**Abbildung von Erzeugnisklassen:** Das Softwaresystem muss in der Lage sein, Erzeugnisklassen abbilden zu können, um so die einzelnen Erzeugnisse klassifizieren zu können. Nur so ist es möglich, die Dokumentationsanforderungen, die für bestimmte Erzeugnisklassen gelten, überprüfen zu können. Für einzelne Erzeugnisse müssen Stammdaten abgebildet und Dokumente zugeordnet werden können.

**Abbildung einer Dokumentationsstruktur:** Das Softwaresystem muss in der Lage sein, eine Dokumentationsstruktur abzubilden, um so beispielsweise Prüfberichte oder Instandhaltungsprotokolle ordnungsgemäß in die Gesamtdokumentation einpflegen zu können.

**Verwaltung von Dokumenten:** Dokumente und ihre Meta-Daten müssen in dem Softwaresystem abgelegt werden können.

**Abbildung von Prüfungen:** Das Softwaresystem muss in der Lage sein, Prüfungen inklusive deren Meta-Daten abbilden zu können. Angelegte Prüfungen müssen zu Erzeugnissen zugeordnet werden können. Zu angelegten Prüfungen müssen Dokumente zugeordnet werden können.

**Abbildung von Dokumentarten:** Das Softwaresystem muss in der Lage sein, Dokumentarten abbilden zu können, um so die einzelnen Dokumente klassifizieren zu können. Nur so ist es möglich, die Dokumentationsanforderungen überprüfen zu können.

Die identifizierten Systemklassen wurden entsprechend der definierten Bewertungskriterien untersucht. In der Anforderungsanalyse wurde ebenfalls fest gestellt, dass es in den Unternehmen verschiedene Ausgangssituationen für die Einführung beziehungsweise Integration von Softwarewerkzeugen gibt. Bei einigen Unternehmen existiert nur eine minimale Werkzeugunterstützung für die auszuführenden Prozesse, so dass zum Teil nur mit Microsoft Word oder Excel Dokumente erstellt werden und in einem Dateisystem abgelegt werden. Dem gegenüber stehen Unternehmen bei denen bereits eine Vielzahl von Softwarewerkzeugen im Einsatz sind, und damit die digitale Lebenslaufakte eine integrierte Sicht auf die Daten in anderen Systemen bereit stellen muss. Daher wurden für die Realisierung der digitalen Lebenslaufakte zwei

Umsetzungsszenarien untersucht. Bei dem ersten Umsetzungsszenario werden nur Standard-Werkzeuge eingesetzt und Dokumente liegen beispielsweise im PDF-Format vor, so dass die digitale Lebenslaufakte mit einem System umgesetzt werden kann, das lediglich die Integration dieser Standardsoftware unterstützt. Bei dem zweiten Umsetzungsszenario werden bereits verschiedene Systeme eingesetzt und diese müssen integriert werden. Für das erste Umsetzungsszenario eignen sich eher DMS, PDMS, IPSS und ERPS. Für das zweite Umsetzungsszenario, das mit einer umfangreichen Integration verbunden ist, eignen sich Portal-Systeme. Zunächst wird die Bewertung der Systemklassen für das erste Umsetzungsszenario durchgeführt, um zu untersuchen, welche Systemklasse die Anforderungen erfüllt.

Mit *Dokumentenmanagementsystemen* ist es möglich, Dokumente und deren Meta-Daten in einer Dokumentationsstruktur zu verwalten. Des Weiteren ist es möglich Dokumentenvorlagen bereitzustellen und verschiedene Dokumentarten abzubilden. Es ist nicht möglich Erzeugnisse, deren Metadaten und an den Erzeugnissen durchgeführte Prüfungen abzubilden. Ebenso ist es nicht möglich, eine von der Dokumentationsstruktur getrennte Anlagenstruktur zu pflegen. Lebenszyklen und Workflows können lediglich für Dokumente abgebildet werden. Rechts- und Erkenntnisquellen können zwar gepflegt werden, aber eine Zuordnung zu Erzeugnissen und Prüfungen ist nach [VDI 4500-2, Kli01, Rig09, Sch09, Leh09, Str08, GSM<sup>+</sup>04] im Standardumfang von klassischen Vertretern dieser Systemklasse nicht vorgesehen.

Mit *Produktdatenmanagementsystemen* können Erzeugnisklassen und Erzeugnisse und ihre Meta-Daten abgebildet werden. Eingepflegte Erzeugnisse können in einer Anlagenstruktur angeordnet werden. Dokumentarten, Dokumentenvorlagen, Dokumente und deren Meta-Daten können ebenfalls in einer Dokumentationsstruktur abgebildet werden und Erzeugnissen zugeordnet werden. Es ist möglich, Lebenszyklen für Dokumente und Erzeugnisse abzubilden und Geschäftsprozesse mit Hilfe von Workflows zu unterstützen. Die Anforderung, Rechts- und Erkenntnisquellen abzubilden und diese Erzeugnissen, Dokumenten und Prüfungen zuordnen zu können, kann ebenfalls von Produktdatenmanagementsystemen erfüllt werden. Dazu bieten heutige PDM-Systeme die Möglichkeit, eigene Bibliotheken zu pflegen. Im Allgemeinen bieten klassische Vertreter dieser Systeme nach [VDI 2219, Sch09, ES09, SBM<sup>+</sup>05, SI08] keine Möglichkeit an, um Prüfungen abzubilden. Allerdings existieren Vertreter dieser Systemklasse, die entsprechende Möglichkeiten dafür bereitstellen, wie beispielsweise das System Helios der ISD Software und Systeme GmbH [PR10].

*Instandhaltungsplanungs- und -steuerungs-Systeme* können Erzeugnisse und ihre Metadaten und an Erzeugnissen durchgeführte Prüfungen abbilden, so dass auch eine Strukturierung von Erzeugnissen in einer Anlagenstruktur nicht möglich ist. Dokumente und deren Meta-Daten können ebenso wenig abgebildet werden wie eine Dokumentationsstruktur. Es ist lediglich möglich ausgewählte Lebenszyklen und Workflows abzubilden. Rechts- und Erkenntnisquellen können nach [Lor07, Wei05, SW04, RMM09] von klassischen Vertretern dieser Systemklasse nicht verwaltet werden.

In *Enterprise-Resource-Planing-Systemen* kann eine Anlagenstruktur und Erzeugnisse abgebildet werden. Ebenso können Dokumente, deren Metadaten und zugehörige Dokumentarten und Dokumentenvorlagen abgebildet werden. Lebenszyklen und Workflows können entsprechend konfiguriert werden. Eine Verwaltung von Rechts- und Erkenntnisquellen ist möglich ebenso die Zuordnung von Rechts- und Erkenntnisquellen und Dokumenten der Gesamtdokumentation der Anlage zu Erzeugnissen. Im Allgemeinen bieten klassische Vertreter dieser Systemklasse nach [Jun08, Kur05, Leo07, GH07, Tro04] keine Möglichkeiten, um Prüfungen

abzubilden. Allerdings existieren Vertreter dieser Systemklasse, die entsprechende Möglichkeiten dafür bereit stellen, wie beispielsweise das System Helios der ISD Software und Systeme GmbH [Lie10].

In Tabelle 5.1 ist die Bewertung der Systemklassen hinsichtlich der spezifizierten Kriterien zusammengefasst. Zusammenfassend wird festgestellt, dass Produktdatenmanagementsysteme und ERP-Systeme alle Anforderungen erfüllen. Für die Umsetzung des ersten Umsetzungsszenarios fiel die Wahl auf ein Produktdatenmanagement-Systeme, da dieses bereits in der Anlagenentwicklung für das untersuchte Fallbeispiel eingesetzt wird und validiert werden soll, inwieweit sich dieses auch für den Einsatz in der Betriebsphase eignet.

Anforderung	DMS	PDM	IPSS	ERP
Abbildung einer Informationsbasis	+	+	-	+
Abbildung von Lebenszyklen	+	+	(+)	+
Abbildung von Workflows	+	+	(+)	+
Einbindung von Dokumentenvorlagen	+	+	(+)	+
Abbildung einer Anlagenstruktur	-	+	+	+
Abbildung von Erzeugnisklassen	-	+	+	+
Abbildung einer Dokumentationsstruktur	+	+	-	+
Verwaltung von Dokumenten	+	+	-	+
Abbildung von Prüfungen	-	+	+	+
Abbildung von Dokumentarten	+	+	-	+

+ ... Anforderung wird erfüllt

(+) ... Anforderung wird teilweise erfüllt

- ... Anforderung wird nicht erfüllt

Tabelle 5.1: Bewertung der Systemklassen für eine Umsetzung des ersten Umsetzungsszenarios

Für das zweite Umsetzungsszenario, bei dem bereits Systeme vorhanden sind, mit denen ein Teil der Anforderungen umgesetzt werden, wie beispielsweise ein Dokumentenmanagement, um die Dokumentation der Anlage oder die Informationsbasis zu verwalten, kommen Portal-systeme in Frage [HS10a]. Sie bieten eine integrierte Sicht auf die Daten, Informationen und Dokumente, die in anderen Systemen gepflegt werden. In *Portal-Systeme* in Portalsystemen können verschiedene Elemente wie Dokumente, Erzeugnisse, Prüfungen, Dokumentarten, Erzeugnisklassen oder eine Informationsbasis abgebildet werden. Es ist möglich, die Lebenszykluszustände darzustellen. Workflows und damit auch die Lebenszykluszustandsübergänge können nicht direkt im Portalsystem abgebildet werden, sondern müssen in den Erzeugersystemen umgesetzt werden [GK05, Ste04, GVK05].

Im nächsten Abschnitt wird die Anlage vorgestellt, für die das Konzept der Lebenslaufakten mit einem PDM-System und einem Portal-System umgesetzt werden soll.

## 5.2 Anwendungsbeispiel: Pulververbrennungsanlage

Die Pulverbeschichtung ist ein Verfahren, bei dem Werkstücke mit einem thermoplastischen Material beschichtet werden. Beim Pulverlackieren insbesondere während des Auftragens des Beschichtungsmaterials kann Overspray entstehen, das aber durch geeignete Kreislaufsysteme fast vollständig zurückgewonnen werden kann. Allerdings kann dieser unvermeidbar anfallende Pulver-Abfall zur Gewährleistung einer hohen Produktqualität stofflich nicht wieder verwendet werden und muss gegenwärtig teuer entsorgt werden. Durch den Gehalt an organischen Substanzen von mehr als 5% der Masse in den anfallenden Abfallstoffen ist eine Deponierung nicht mehr möglich [Gie03, Pie09]. Es sind darüber hinaus Steigerungen der Entsorgungskosten auf Grund des Inkrafttretens neuer Bestimmungen zu erwarten. Andererseits existiert in der Produktion ein hoher Wärmebedarf zur Beheizung der Brennkammern.

Bei der betrachteten Pulverbeschichtungsanlage, die in Abbildung 5.1 dargestellt ist, wird dieser Wärmebedarf momentan mit Hilfe von konventionellen Brennern unter Einsatz von Erdgas bereitgestellt. Während für die Trocknung ein Brenner mit einer Leistung von 300 kW



Abbildung 5.1: Pulververbrennungsanlage

genutzt wird, erfolgt die Wärmebereitstellung für den Brennprozess mit Hilfe eines 700 kW-Brenners. Es wurde eine Anlage zur energetischen Verwertung des aus hochkalorischen Bestandteilen zusammengesetzten Beschichtungspulvers errichtet und in die Produktionslinie Pulverbeseichnungsanlage integriert. Durch die Kombination von Verfahren zur energetischen Nutzung der Pulver-Abfälle mit wärmeintensiven Prozessen, wie der Beheizung der Trockenkammern, können einerseits der Einsatz fossiler Energieträger im Produktionsprozess eingespart und damit der CO<sub>2</sub>-Ausstoß verringert und andererseits die Betriebs- und damit die Produktionskosten gesenkt werden.

Für die Anlage zur energetischen Verwertung des Beschichtungspulvers (Pulververbrennungsanlage) wurde das Konzept der Lebenslaufakte mit einem PDM- und einem Portal-System umgesetzt.

### 5.3 Umsetzung mit einem PDM-System

Da bereits im Engineering des Anwendungsbeispiels der Pulververbrennungsanlage das PDM-System Windchill 9.1 PDMLink von der Parametric Technology Corporation (PTC) verwendet wird, wird dies für die Umsetzung des Konzeptes verwendet. Im Folgenden wird die Umsetzung des Konzeptes für die Pulververbrennungsanlage beschrieben.

Zunächst wird die Umsetzung der Gesamtdokumentation der Anlage dargestellt. Dann wird auf die Umsetzung der Abbildung der Anlage eingegangen. Im Anschluss wird beschrieben, wie die Informationsbasis umgesetzt wurde. Dann wird dargestellt, wie Prüfungen und die Abbildung der Anforderungen an eine Gesamtanlagendokumentation umgesetzt wurden.

#### 5.3.1 Umsetzung der Gesamtanlagendokumentation

Um die Gesamtanlagendokumentation umsetzen zu können, mussten zunächst relevante Dokumentenarten aus dem spezifizierten Konzept für digitale Lebenslaufakten identifiziert werden. Folgende Dokumentenarten wurden dabei exemplarisch für die Pulververbrennungsanlage identifiziert:

- Konstruktionszeichnung
- Ausrüstungsdatenblatt
- Fließschema
- Aufstellungsplan
- Konformitätserklärung
- Lageplan
- Werkstoffnachweis
- Betriebsanleitung
- Gefährdungsbeurteilung
- Schweißplan
- Schweißerbescheinigung

Diese wurden dann in Windchill angelegt. Dokumentarten können über den sogenannten *Typ-Manager* angelegt werden. Als ein Typ von Dokument wurden dort, wie im Konzept vorgesehen, die Klasse *Technisches Dokument* angelegt. Da die identifizierten Dokumentarten alle technische Dokumentarten sind, wurden diese als Untertyp vom Typ *Technisches Dokument* angelegt.

Um eine Typ anzulegen, muss wie in Abbildung 5.2 dargestellt, ein Name, eine Beschreibung, ein Anzeigename und ein Anzeigename in der Hierarchie eingegeben werden. Optional ist die Eingabe einer logischen ID. Zusätzlich muss angegeben werden, ob der angelegte Typ instanziiierbar ist, dass bedeutet, dass später Dokumente von diesem Typ angelegt werden können. Der Typ *Technisches Dokument* ist beispielsweise nicht instanziiierbar. Alle Untertypen vom Technischen Dokument sind instanziiierbar. In Abbildung 5.2 sind exemplarisch die Angaben für die Dokumentenart *Betriebsanleitung* zu sehen.

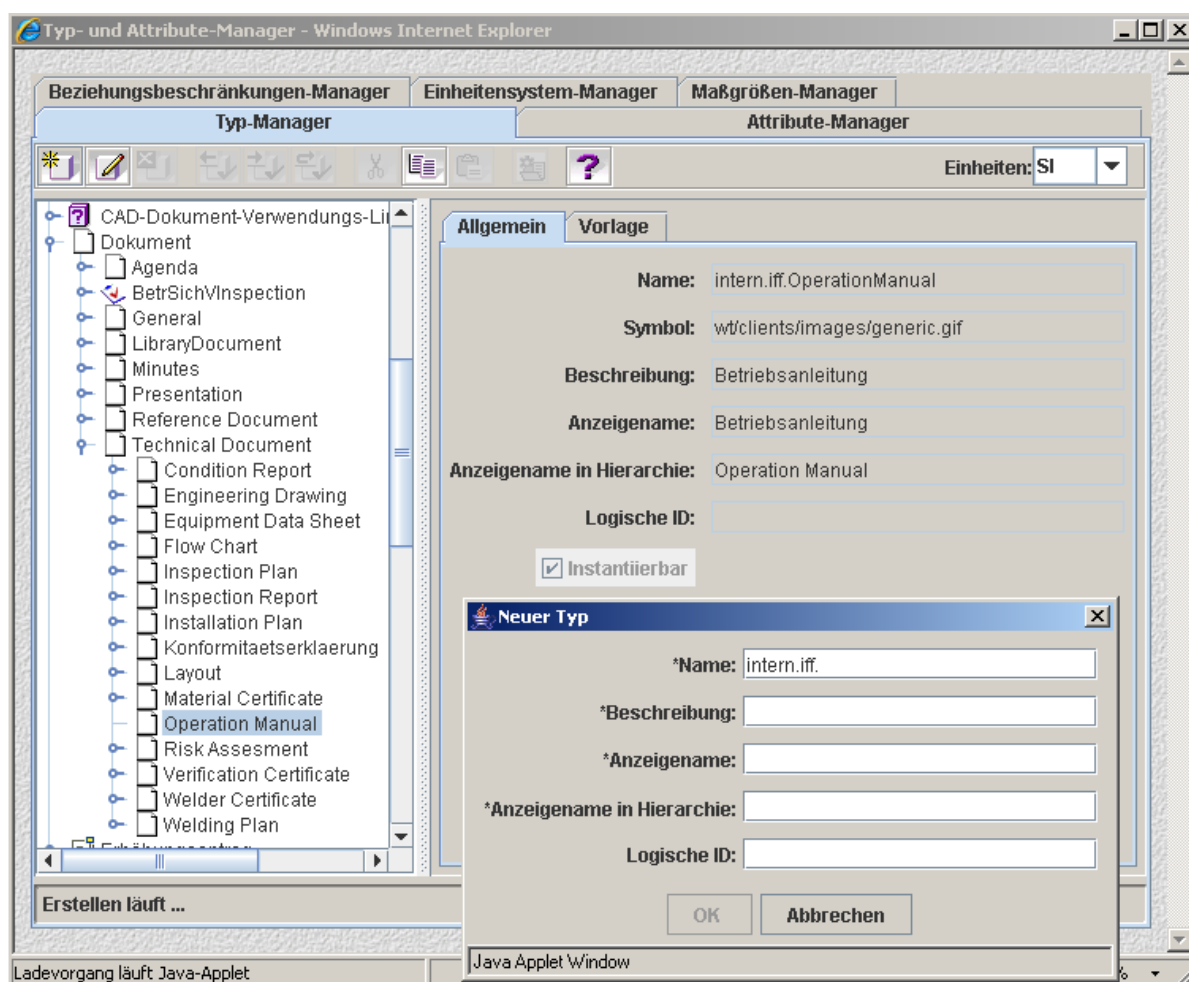


Abbildung 5.2: Anlegen einer Dokumentart mit dem Typ-Manager

Dann mussten Attribute für Dokumente spezifiziert werden. Folgende unternehmensspezifischen Dokumentenattribute wurden spezifiziert:

- Zusatzkennzeichen
- Erstellkennzeichen
- Urheber
- Verantwortliche Stelle
- Aufbewahrungsfrist

Diese wurden in Windchill angelegt. Attribute können in Windchill über den sogenannten Attribut-Manager angelegt werden. Um ein neues Attribut anlegen zu können, müssen, wie in Abbildung 5.3 dargestellt, ein Name und ein Datentyp angegeben werden. Optional ist die Angabe einer Maßgröße, eines Klassennamens und einer logischen ID. In Abbildung 5.3 sind exemplarisch die Angaben für das Attribut *Aufbewahrungsfrist* angegeben.

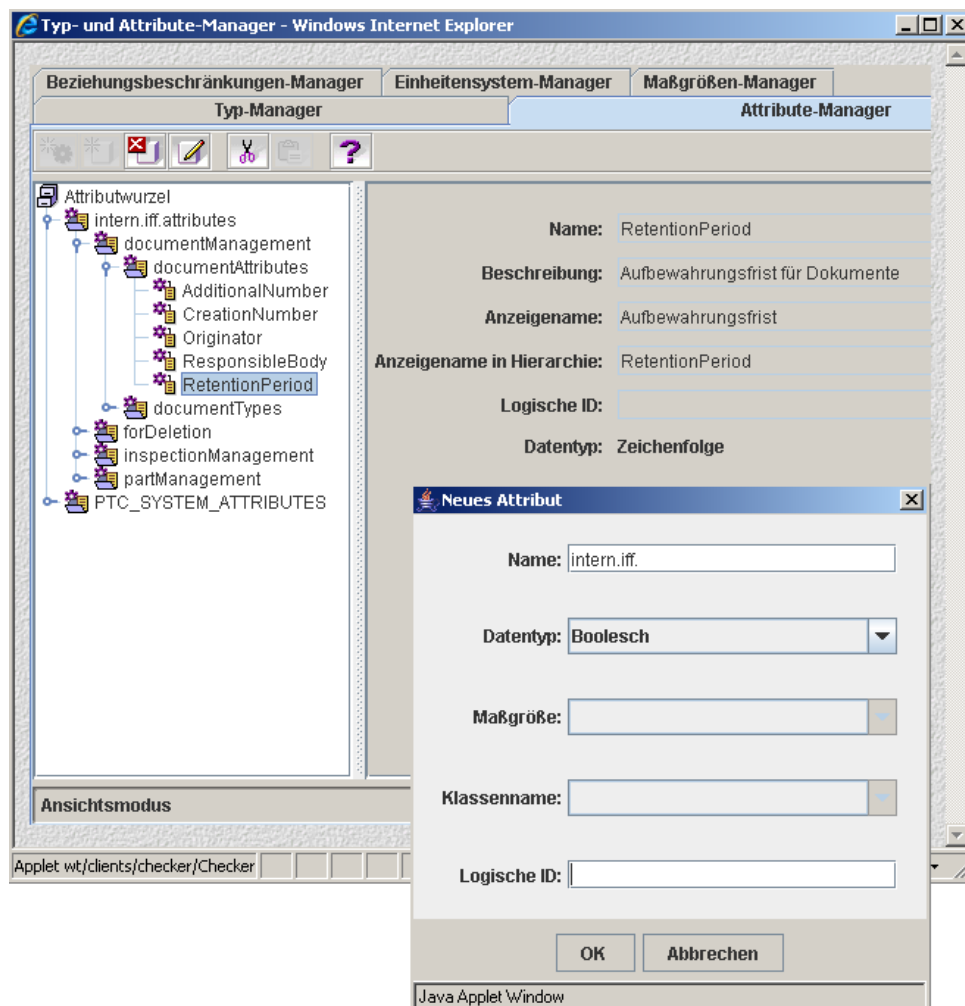


Abbildung 5.3: Anlegen eines Attributes mit dem Attribut-Manager



Angelegte Attribute können dann über den Typ-Manager einer Dokumentart zugeordnet werden. Die erstellten Attribute wurden dann allen angelegten Dokumentenarten zugeordnet.

Im nächsten Schritt musste der Lebenszyklus der Dokumentarten spezifiziert werden. Im Konzept für digitale Lebenslaufakten wurde in Kapitel 4.2.1 ein Lebenszyklus für Dokumente spezifiziert. Dieser ist in Abbildung 4.23 dargestellt. Er diene als Ausgangsbasis für die Umsetzung in Windchill. Um diesen jedoch entsprechend umsetzen zu können, musste noch eine Anpassung vorgenommen werden. Es mussten zwei zusätzliche Lebenszyklusstatus spezifiziert werden. Zum einen musste der Lebenszyklusstatus *In Prüfung* eingeführt werden, um zu erreichen, dass während die Genehmigungs- und Freigabeprozesse laufen, keine Veränderungen an den zu genehmigenden beziehungsweise freizugebenden Dokumenten vorgenommen werden können. Zum anderen musste der Lebenszyklusstatus *Ersetzt* eingeführt werden, um abzubilden, dass ein Dokument durch eine neue Version ersetzt wurde.

Dann musste festgelegt werden, wie die Lebenszyklusübergänge gesteuert werden sollen. Windchill bietet hier entsprechend [Par08] beispielsweise folgende Möglichkeiten:

**Erhöhen:** Im Zuge eines Genehmigungs- und Freigabeprozesses können Elemente wie Dokumente in einen neuen Lebenszyklusstatus überführt werden.

**Neue Version erzeugen:** Hiermit kann festgelegt werden, in welchen Lebenszyklusstatus es möglich ist, eine neue Version von Elementen wie Dokumenten zu erzeugen.

**Lebenszyklusstatus definieren:** Hiermit kann festgelegt werden, in welchen Lebenszyklusstatus es möglich ist, Lebenszyklusübergänge ohne einen Genehmigungs- und Freigabeprozess zu erreichen.

**Sperren:** Es kann ein Lebenszyklusstatus festgelegt werden, in dem sich ein Element wie ein Dokument befindet, während Erhöhungsprozesse durchgeführt werden. Wenn der Erhöhungsprozess abgeschlossen ist, wird der Lebenszyklusstatus des Elementes auf den beabsichtigten Lebenszyklusstatus gesetzt. Damit wird erreicht, dass an dem zu prüfenden Element keine Änderungen möglich sind.

Für die Erhöhung bietet Windchill entsprechend [Par08] zwei verschiedene Erhöhungsprozesse an:

**Genehmigungsprozess für Erhöhungsantrag:** Die Genehmiger werden aufgefordert, einen Erhöhungsantrag anzunehmen oder abzulehnen. Gleichzeitig werden Prüfer gebeten, Anmerkungen zum Erhöhungsantrag anzubringen. Sobald alle Genehmiger den Erhöhungsantrag genehmigt haben, wird der Lebenszyklusstatus auf den spezifizierten Ziel-Lebenszyklusstatus gesetzt. Andernfalls erfolgt die Zurücksetzung des Lebenszyklusstatus auf den Ausgangs-Lebenszyklusstatus.

**Prüfprozess für Erhöhungsantrag:** Der Lebenszyklusstatus wird automatisch auf den spezifizierten Ziel-Lebenszyklusstatus gesetzt. Gleichzeitig werden Prüfer gebeten, Anmerkungen zum Erhöhungsantrag anzubringen.

Darüber hinaus ist es möglich, eigene Erhöhungsprozesse zu spezifizieren. Da diese beiden Erhöhungsprozesse für die Umsetzung des Konzepts für digitale Lebenslaufakten ausreichen, mussten keine eigenen Erhöhungsprozesse definiert werden.



Die Realisierung von Lebenszyklen erfolgt in Windchill über den *Lebenszyklus-Administrator*. In Abbildung 5.4 ist die Umsetzung des Lebenszyklus für Technische Dokumente mit dem Lebenszyklus-Administrator dargestellt. In der grafischen Übersicht sind die Lebenszyklusphasen dargestellt. Die dargestellte Reihenfolge spiegelt nicht die möglichen Statusübergänge wieder. Die Statusübergänge werden über die untere Tabelle festgelegt. So kann beispielsweise vom angewählten Status *In Bearbeitung* über einen Erhöhungsantrag in den Status *Genehmigt* gewechselt werden. Alternativ ist es möglich, den Lebenszyklusstatus auf *Abgebrochen* zu setzen.

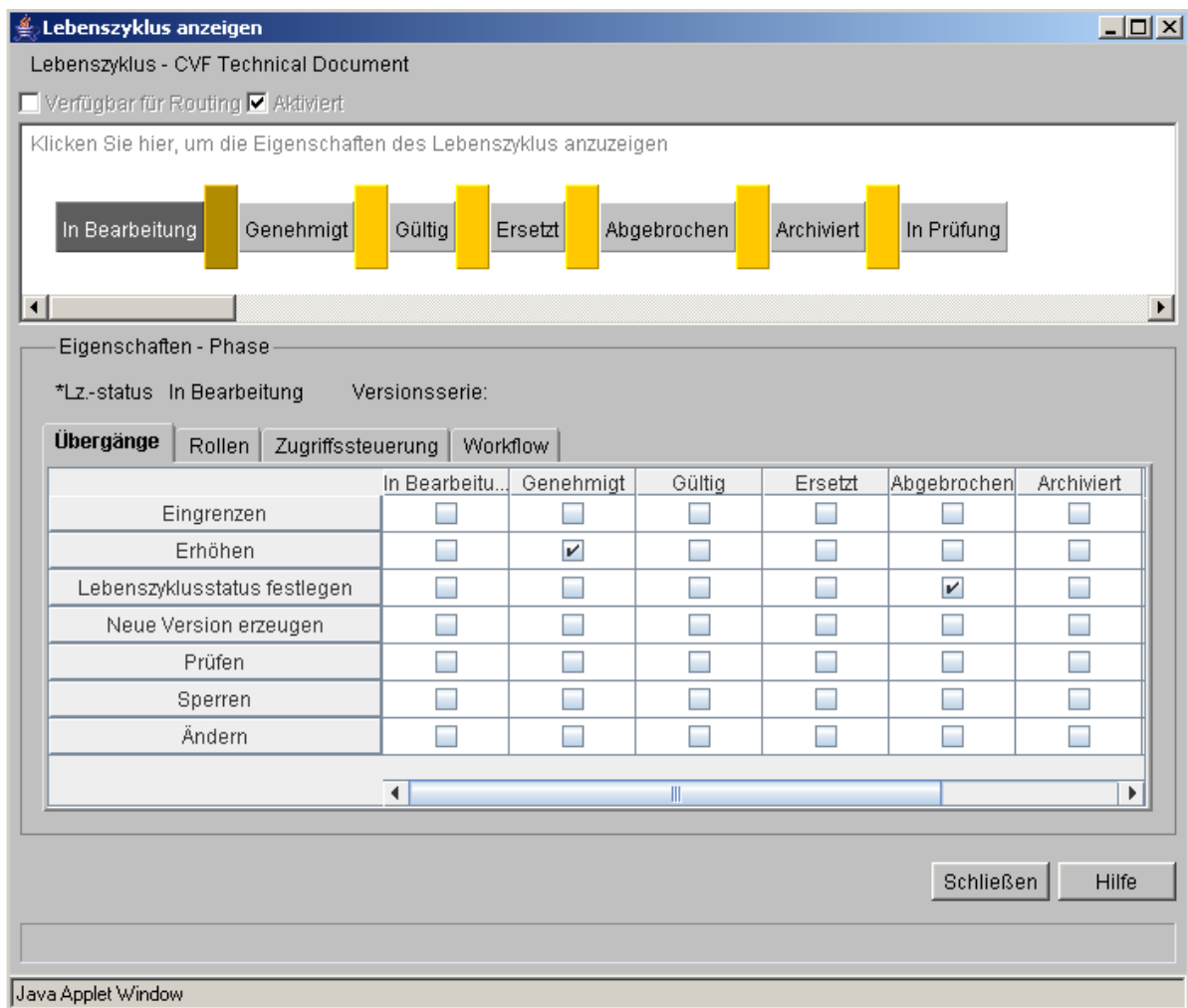


Abbildung 5.4: Anlegen eines Lebenszyklus mit dem Lebenszyklus-Administrator

Entsprechend des in Kapitel 4.2.2 spezifizierten Lebenszyklus der Dokumente und der in Kapitel 4.1.2 spezifizierten Anwendungsfälle wurden für deren Umsetzung folgende Lebenszyklusübergänge spezifiziert:

**Von *In Bearbeitung* zu *Abgebrochen*: Lebenszyklusstatus definieren.** Dieser Lebenszyklusübergang findet ohne einen Genehmigungs- oder Freigabeprozess statt.

**Von *In Bearbeitung* zu *Genehmigt*: Erhöhen.** Dieser Lebenszyklusübergang findet mit dem Erhöhungsprozess *Genehmigungsprozess für Erhöhungsantrag* statt, da innerhalb des Konzeptes festgelegt wurde, dass Dokumente bei diesem Lebenszyklusübergang einer entsprechenden Genehmigung bedürfen. Zusätzlich wurde hier festgelegt, dass sich das Dokument hier über die Option *Sperren* während des Erhöhungsprozesses in dem Lebenszyklusstatus *In Prüfung* befindet. So wird verhindert, dass während des Erhöhungsprozesses Änderungen am Dokument vorgenommen werden können.

**Von *Genehmigt* zu *Gültig*: Erhöhen.** Dieser Lebenszyklusübergang findet ebenfalls mit dem Erhöhungsprozess *Genehmigungsprozess für Erhöhungsantrag* statt. Zusätzlich wurde auch hier festgelegt, dass sich das Dokument während des Erhöhungsprozesses in dem Lebenszyklusstatus *In Prüfung* befindet.

**Von *Genehmigt* zu *Abgebrochen*: Lebenszyklusstatus definieren.** Dieser Lebenszyklusübergang findet, wie im Konzept spezifiziert, ohne einen Genehmigungs- oder Freigabeprozess statt.

**Von *Genehmigt* zu *Ersetzt*: Lebenszyklusstatus definieren.** Dieser Lebenszyklusübergang findet ohne einen Genehmigungs- oder Freigabeprozess statt.

**Von *Gültig* zu *Ersetzt*: Lebenszyklusstatus definieren.** Dieser Lebenszyklusübergang findet, wie im Konzept spezifiziert, ohne einen Genehmigungs- oder Freigabeprozess statt.

**Von *Gültig* zu *Archiviert*: Lebenszyklusstatus definieren.** Dieser Lebenszyklusübergang findet, wie im Konzept für digitale Lebenslaufakten spezifiziert, ohne einen Genehmigungs- oder Freigabeprozess statt.

**Von *Ersetzt* zu *In Bearbeitung*: Neue Version erzeugen.** Aus diesem Lebenszyklusstatus ist es möglich eine neue Version eines Dokuments zu erzeugen, die im Lebenszyklusstatus *In Bearbeitung* startet.

Alle Lebenszyklusstatus und deren Übergänge sind in Abbildung 5.5 zusammenfassend dargestellt.

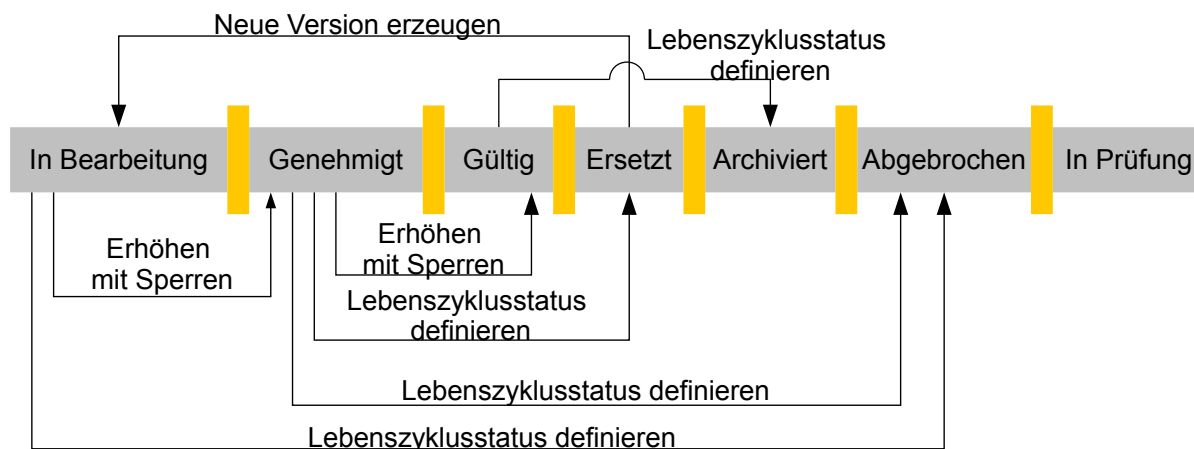


Abbildung 5.5: Umgesetzter Lebenszyklus für Dokumente

Um angelegte Dokumente strukturiert abzulegen, ist eine Dokumentationsstruktur erforderlich. Für die Umsetzung der Pulververbrennungsanlage wurde die aus dem Konzept für digitale Lebenslaufakten vorgeschlagene Struktur der Gesamtdokumentation verwendet. Die umgesetzte Dokumentationsstruktur ist zusammenfassend in Abbildung 5.6 dargestellt.

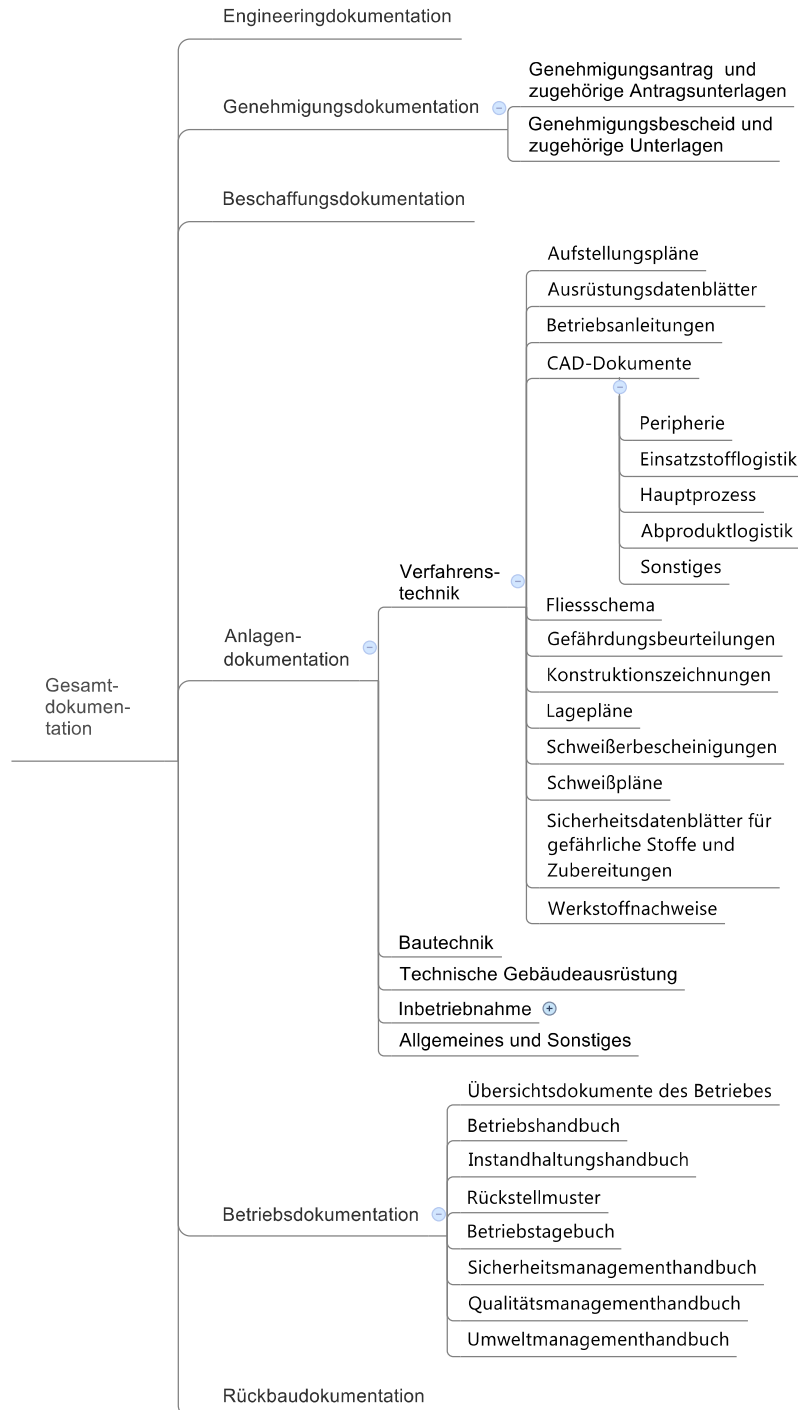


Abbildung 5.6: Umgesetzte Dokumentationsstruktur

Es wurden entsprechende Anpassungen im Vergleich zu der im Konzept für digitale Lebenslaufakten spezifizierten Dokumentationsstruktur vorgenommen. Zum einen wurden in der Struktur unter Gesamtdokumentation > Anlagendokumentation > Verfahrenstechnik die entsprechende Unterstrukturen für die für die Pulververbrennungsanlage spezifizierten Dokumentenarten angelegt. Zum anderen wurden CAD-Dokumente entsprechend der Anlagenstruktur untergliedert. Die Dokumentationsstruktur wird in Windchill mit Hilfe einer Ordnerstruktur, wie in Abbildung 5.7 dargestellt, umgesetzt.

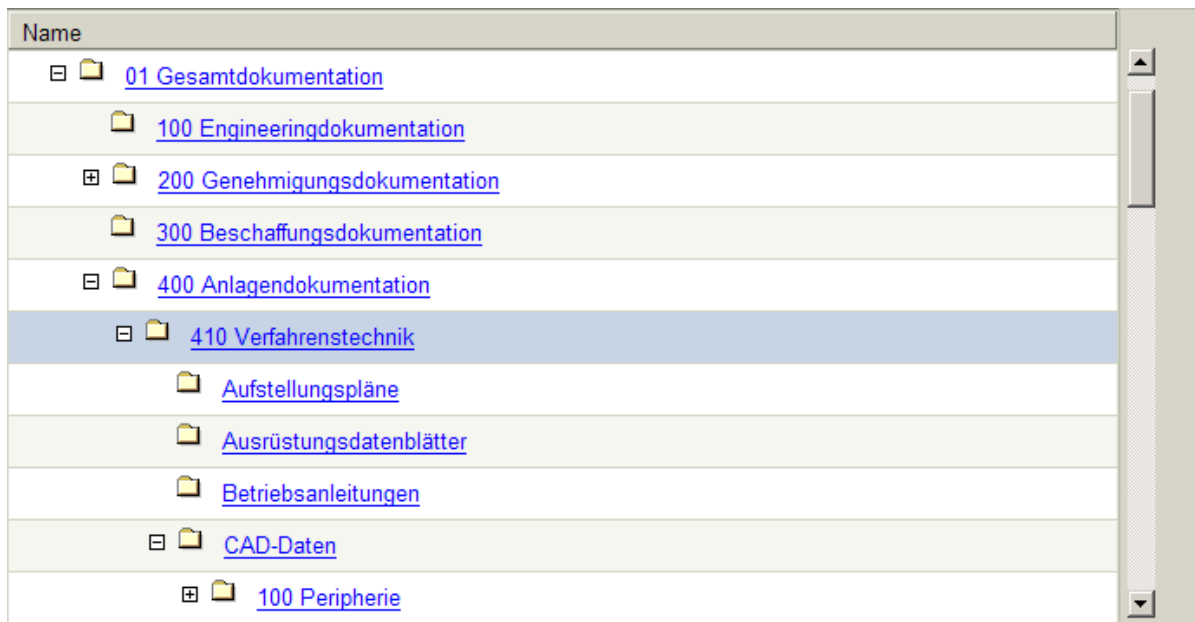


Abbildung 5.7: Umsetzung der Dokumentationsstruktur mit einer Ordnerstruktur

### 5.3.2 Umsetzung der Abbildung der Anlage

Um die Anlage und deren Struktur abbilden zu können, müssen zunächst die Erzeugnisse entsprechend eCl@ss klassifiziert werden. Folgende Erzeugnisklassen wurden exemplarisch basierend auf eCl@ss für die Pulververbrennungsanlage identifiziert:

- Schlauchfilter
- Geländer
- Behälter
- Stetigförderer
- Doppelrohrwärmetauscher
- Rohrbogen
- Vibrationssensor
- Gitterrost

- Absperrklappe
- Rohr
- Niederspannungs-Drehstrom-Asynchronmotor
- Energieerzeugungsanlage
- Prozessleitsystem
- Reaktor
- Schneckenförderer
- Stahlbau
- Rohrbündelwärmeaustauscher
- Ventilator
- Vergaser

Es wurden nicht alle Erzeugnisse der Pulververbrennungsanlage klassifiziert, sondern nur zufällig ausgewählte Anlagenkomponenten. Erzeugnisse der Anlage, die keiner der Klassen zugeordnet werden können, können als unklassifizierte Erzeugnisse eingepflegt werden.

Dann mussten Attribute für die Erzeugnisse spezifiziert werden. So wurden beispielsweise für die Erzeugnisklasse Ventilator folgende Attribute spezifiziert:

- EAN
- eClass-Nummer
- IDCL
- Herstellername
- max. Druckdifferenz
- max. zulässige Betriebstemperatur

Die Erzeugnisklassen und deren Attribute wurden dann in Windchill eingepflegt. Erzeugnisklassen und ihre Attribute werden wie Dokumentenarten und ihre Attribute angelegt, so dass an dieser Stelle nicht noch einmal explizit darauf eingegangen wird.

Im nächsten Schritt musste der Lebenszyklus der Erzeugnisse spezifiziert werden. Im Konzept für digitale Lebenslaufakten wurde in Kapitel 4.2.1 ein Lebenszyklus für Erzeugnisse spezifiziert. Dieser ist in Abbildung 4.21 dargestellt. Dieser diente als Ausgangsbasis für die Umsetzung in Windchill. Um diesen jedoch entsprechend umsetzen zu können, musste noch eine Anpassung vorgenommen werden. Es musste ebenso wie bei der Umsetzung des Lebenszyklus für Dokumente zwei zusätzliche Lebenszyklusstatus spezifiziert werden. Zum einen musste der Lebenszyklusstatus *In Prüfung* eingeführt werden, um zu erreichen, dass während die Genehmigungs- und Freigabeprozesse laufen, keine Veränderungen an den zu genehmigenden beziehungsweise freizugebenden Erzeugnissen vorgenommen werden können. Zum anderen musste der Lebenszyklusstatus *Ersetzt* eingeführt werden, um abzubilden, dass ein Erzeugnis durch eine neue Version ersetzt wurde.

Dann musste festgelegt werden, wie die Lebenszyklusübergänge gesteuert werden sollen. Entsprechend des in Kapitel 4.2.1 spezifizierten Lebenszyklus der Erzeugnisse und der in Kapitel 4.1.2 spezifizierten Anwendungsfälle wurden für deren Umsetzung folgende Lebenszyklusübergänge spezifiziert:

**Von *In Planung* zu *Freigegeben*: Erhöhen.** Dieser Lebenszyklusübergang findet mit dem Erhöhungsprozess *Genehmigungsprozess für Erhöhungsantrag* statt, um zu prüfen, ob beispielsweise alle erforderlichen Dokumente zu dem Erzeugnis vorliegen. Zusätzlich wurde hier festgelegt, dass sich das Erzeugnis während des Erhöhungsprozesses in dem Lebenszyklusstatus *In Prüfung* befindet. So wird verhindert, dass während des Erhöhungsprozesses Änderungen am Erzeugnis vorgenommen werden können.

**Von *Freigegeben* zu *Außer Betrieb*: Lebenszyklusstatus definieren.** Dieser Lebenszyklusübergang findet ohne einen Genehmigungs- oder Freigabeprozess statt.

**Von *Außer Betrieb* zu *In Betrieb*: Erhöhen.** Dieser Lebenszyklusübergang findet mit dem Erhöhungsprozess *Genehmigungsprozess für Erhöhungsantrag* statt, um beispielsweise prüfen zu lassen, ob durch Veränderungen am Erzeugnis eine Aktualisierung der Dokumentation erforderlich ist. Zusätzlich wurde hier festgelegt, dass sich das Erzeugnis während des Erhöhungsprozesses in dem Lebenszyklusstatus *In Prüfung* befindet, um zu verhindern, dass während des Erhöhungsprozesses Änderungen am Erzeugnis vorgenommen werden können.

**Von *Außer Betrieb* zu *Ausgesondert*: Lebenszyklusstatus definieren.** Dieser Lebenszyklusübergang findet ohne einen Genehmigungs- oder Freigabeprozess statt.

**Von *In Betrieb* zu *Außer Betrieb*: Lebenszyklusstatus definieren.** Dieser Lebenszyklusübergang findet ohne einen Genehmigungs- oder Freigabeprozess statt.

**Von *Ersetzt* zu *In Planung*: Neue Version erzeugen.** Aus diesem Lebenszyklusstatus ist es möglich eine neue Version eines Erzeugnisses zu erzeugen, das im Lebenszyklusstatus *In Planung* startet.

Der Lebenszyklus wurde in Windchill im Lebenszyklusadministrator äquivalent umgesetzt, wie es für Dokumente in Abschnitt 5.3.1 dargestellt wurde. Alle Lebenszyklusstatus und deren Übergänge sind in Abbildung 5.8 zusammenfassend dargestellt.

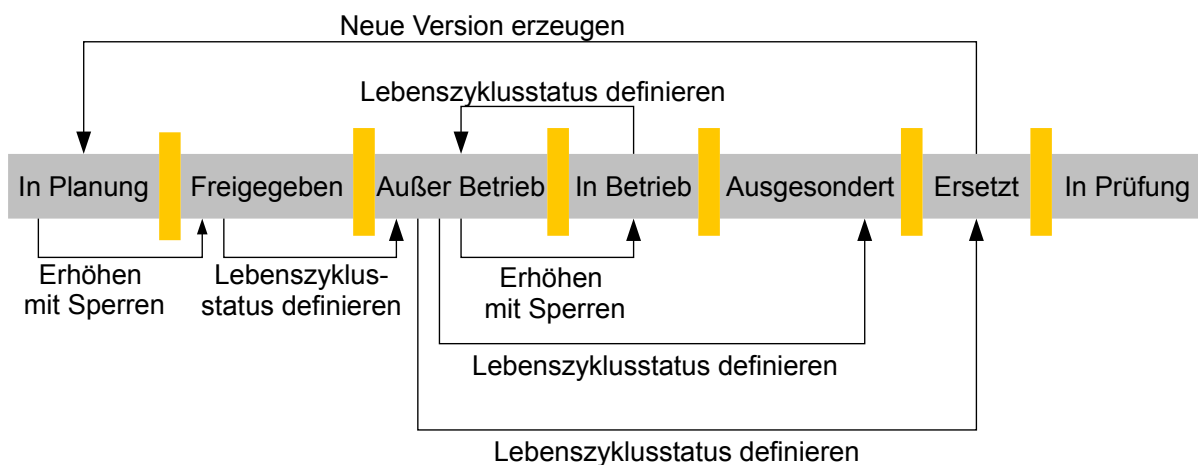


Abbildung 5.8: Umgesetzter Lebenszyklus für Erzeugnisse

Um die Erzeugnisse entsprechend strukturiert abzulegen, ist eine Anlagenstruktur erforderlich. Für den Anlagentyp verfahrenstechnische Anlagen zur Verwertung von Biomasse wurde innerhalb dieser Arbeit eine entsprechende allgemeine Anlagenstruktur nach funktionalen Aspekten entwickelt, die die ersten drei Ebenen vorgibt. Diese Struktur ist in Abbildung 5.9 dargestellt.

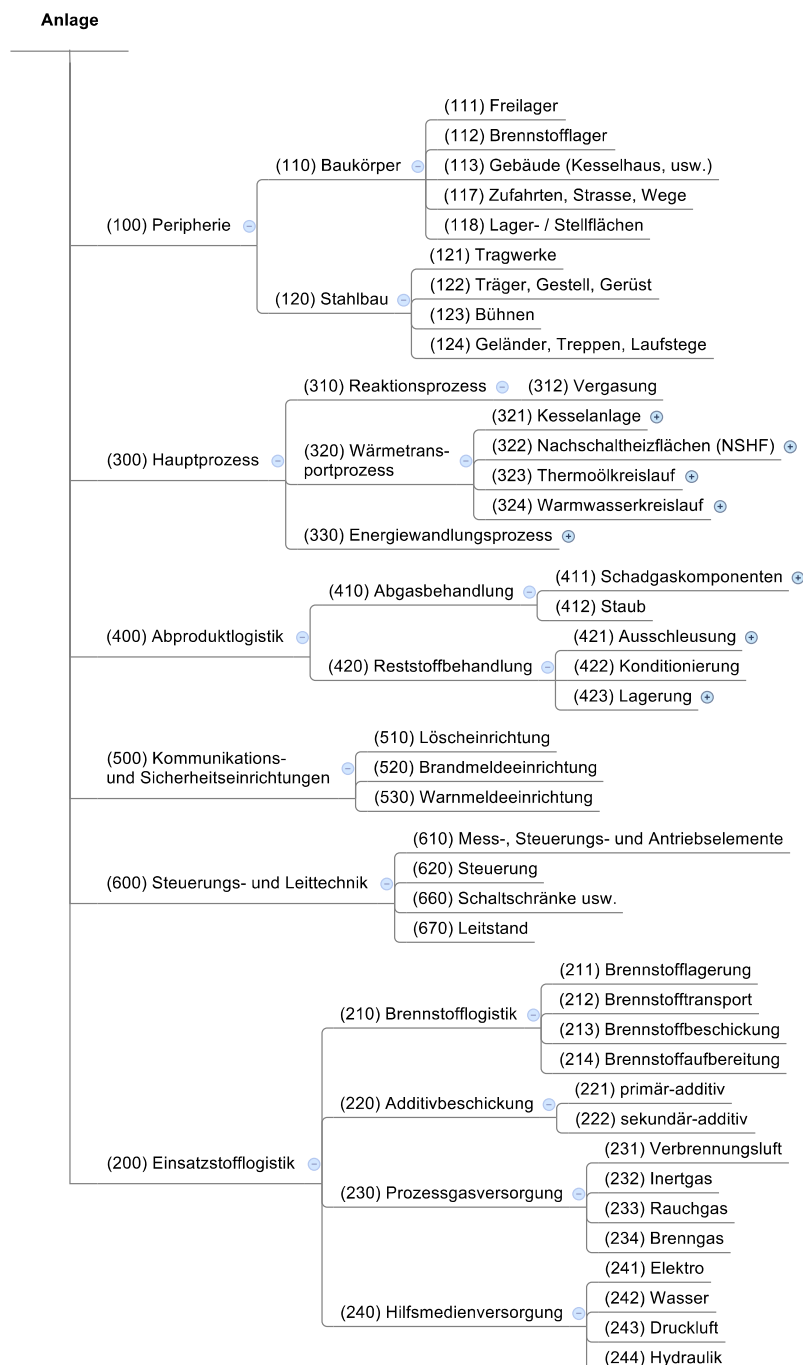


Abbildung 5.9: Allgemein spezifizierte Anlagenstruktur

Diese Struktur wurde entsprechend für die Flugstromverbrennungsanlage umgesetzt und die entsprechenden Erzeugnisse angelegt. Falls ein Erzeugnis der in diesem Abschnitt aufgeführten Erzeugnisklasse entsprach, wurde ein entsprechend klassifiziertes Erzeugnis angelegt. Alle anderen Erzeugnisse wurden unklassifiziert angelegt. Insgesamt wurden mehr als 200 Erzeugnisse für die Pulververbrennungsanlage eingepflegt. In Abbildung 5.10 ist ein Ausschnitt der in Windchill umgesetzten Anlagenstruktur dargestellt.


	Nummer	Name
<input type="checkbox"/>	 IFF_33-04-90-90_0000000581	Pulververbrennungsanlage
<input type="checkbox"/>	  IFF_00-00-00-00_0000000582	Peripherie
<input type="checkbox"/>	  IFF_00-00-00-00_0000000583	Stahlbau
<input type="checkbox"/>	  IFF_00-00-00-00_0000000585	Einsatzstofflogistik
<input type="checkbox"/>	  IFF_00-00-00-00_0000000586	Brennstofflogistik
<input type="checkbox"/>	  IFF_00-00-00-00_0000000589	Prozessgasversorgung
<input type="checkbox"/>	  IFF_00-00-00-00_0000000590	Hauptprozess
<input type="checkbox"/>	  IFF_00-00-00-00_0000000591	Reaktionsprozess
<input type="checkbox"/>	  IFF_00-00-00-00_0000000593	Wärmetransportprozess
<input type="checkbox"/>	  IFF_00-00-00-00_0000000595	Abproduktlogistik
<input type="checkbox"/>	  IFF_00-00-00-00_0000000596	Abgasbehandlung

Abbildung 5.10: Umgesetzte Anlagenstruktur

Um den Erzeugnissen und Dokumenten Elemente aus der Informationsbasis zuordnen zu können, um beispielsweise auszudrücken, dass ein Dokument entsprechend den Vorgaben einer Norm oder eines Gesetzes erstellt wurde, muss die Informationsbasis umgesetzt werden.

### 5.3.3 Umsetzung der Informationsbasis

Die Informationsbasis kann in Windchill auf zwei Arten abgebildet werden. Zum einen mit einer Ordnerstruktur in der die entsprechenden Gesetze, Normen, Richtlinien etc. abgelegt werden, wie es mit der Gesamtdokumentation der Anlage umgesetzt wurde. Oder es wird eine entsprechende Bibliothek in Windchill angelegt, in der die Elemente der Informationsbasis abgelegt werden können. Der Vorteil von Bibliotheken ist, dass sie anlagenübergreifend verwaltet werden. In Windchill können gleichzeitig mehrere Anlagen verwaltet werden und die Ordnerstruktur, mit der beispielsweise die Gesamtdokumentation verwaltet wird, ist nur innerhalb einer verwalteten Anlage verfügbar. Die Verwendung einer Bibliothek macht es möglich, auf deren Elemente zugreifen zu können unabhängig davon, welche Anlage gerade verwaltet wird. Die Informationsbasis wird daher mit einer Bibliothek umgesetzt.

Da die Elemente einer Bibliothek ebenfalls als Dokumente verwaltet werden, mussten hier ebenfalls Dokumentenarten spezifiziert werden. Folgende Dokumentenarten wurden identifiziert:



- Gesetz
- Verordnung
- Technische Regeln für Betriebssicherheit
- Technische Regeln für Dampfkessel
- DIN-Norm
- VDI-Richtlinie
- VGB-Richtlinie
- VGB-Merkblatt

Diese wurden dann wie die Dokumentenarten der Gesamtdokumentation in Windchill angelegt. Dies wurde bereits in Abschnitt 5.3.1 dargestellt.

Im nächsten Schritt musste der Lebenszyklus der Dokumente der Informationsbasis spezifiziert werden. Im Konzept für digitale Lebenslaufakten wurde in Kapitel 4.2.1 ein Lebenszyklus für Elemente der Informationsbasis spezifiziert. Dieser ist in Abbildung 4.25 dargestellt. Dieser wurde in Windchill entsprechend umgesetzt.

Dann musste festgelegt werden, wie die Lebenszyklusübergängen gesteuert werden sollen. Entsprechend des in Kapitel 4.2.1 spezifizierten Lebenszyklus der Elemente der Informationsbasis und der in Kapitel 4.1.2 spezifizierten Abläufe der Anwendungsfälle wurden für deren Umsetzung folgende Lebenszyklusübergänge spezifiziert:

**Von *Im Entwurf* zu *Gültig*: Lebenszyklusstatus definieren.** Dieser Lebenszyklusübergang findet, wie im Konzept für digitale Lebenslaufakten spezifiziert, ohne einen Genehmigungs- oder Freigabeprozess statt, da dieser nicht erforderlich war.

**Von *Gültig* zu *Ungültig*: Lebenszyklusstatus definieren.** Dieser Lebenszyklusübergang findet, wie im Konzept für digitale Lebenslaufakten spezifiziert, ohne einen Genehmigungs- oder Freigabeprozess statt, da dieser nicht erforderlich war.

**Von *Gültig* zu *Ersetzt*: Lebenszyklusstatus definieren.** Dieser Lebenszyklusübergang findet, wie im Konzept für digitale Lebenslaufakten spezifiziert, ohne einen Genehmigungs- oder Freigabeprozess statt, da dieser nicht erforderlich war.

**Von *Ersetzt* zu *Im Entwurf*: Neue Version erzeugen.** Aus diesem Lebenszyklusstatus ist es möglich eine neue Version eines Dokumentes der Informationsbasis zu erzeugen, das im Lebenszyklusstatus *Im Entwurf* startet.

Die Genehmigungs- oder Freigabeprozesse waren für die Elemente der Informationsbasis nicht erforderlich, da diese von externen Quellen herausgegeben werden, wie beispielsweise DIN-Normen vom DIN e.V. Dort werden zwar entsprechende Genehmigungs- oder Freigabeprozesse durchgeführt, aber diese müssen an dieser Stelle nicht mit abgebildet werden, da diese nicht in dem Unternehmen ablaufen, in dem die Informationsbasis gepflegt wird. Es ist lediglich erforderlich, die von externen Stellen festgelegten Lebenszyklusstatus abzubilden. Wenn allerdings unternehmensspezifische Vorgaben beispielsweise in Form von Verfahrensanweisungen in der Informationsbasis gepflegt werden sollen, ist es möglich dafür eigene Lebenszyklen anzulegen, die die unternehmensspezifischen Genehmigungs- und Freigabeprozesse unterstützen.

Der Lebenszyklus wurde in Windchill im Lebenszyklusadministrator äquivalent umgesetzt, wie es für Dokumente in Abschnitt 5.3.1 dargestellt wurde. Alle Lebenszyklusstatus und deren Übergänge sind in Abbildung 5.11 zusammenfassend dargestellt.

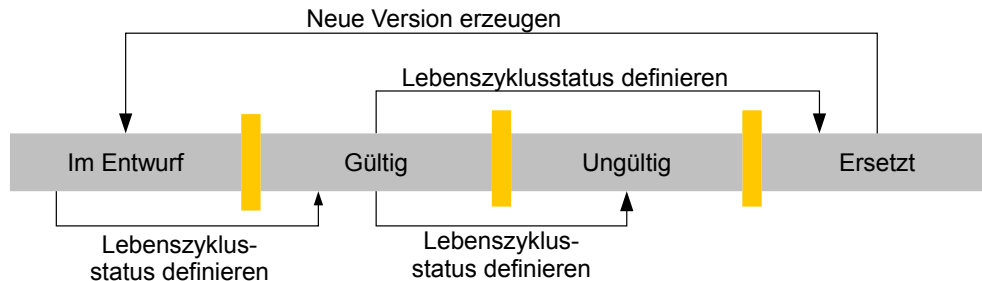


Abbildung 5.11: Umgesetzter Lebenszyklus für Elemente der Informationsbasis

Um die Dokumente der Informationsbasis später leichter wieder finden zu können, wurde die Informationsbasis eine Struktur entsprechend der Dokumentenarten spezifiziert und als Ordnerstruktur in Windchill umgesetzt. Dann wurden mehr als 100 relevante Dokumente in die Informationsbasis eingepflegt. In Abbildung 5.12 ist ein Ausschnitt der in Windchill umgesetzten Informationsbasis dargestellt.

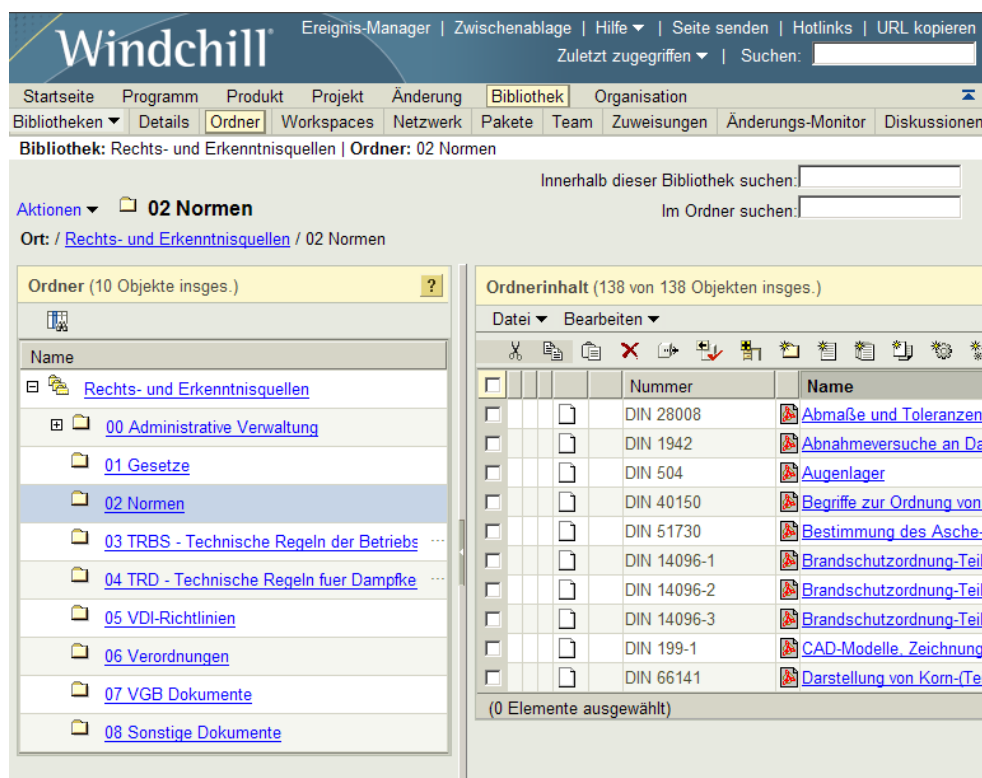


Abbildung 5.12: Umgesetzte Informationsbasis

Im nächsten Abschnitt wird dargestellt, wie in Windchill entsprechende Aspekte umgesetzt wurden, um Prüfungen nach BetrSichV zu unterstützen.

#### 5.3.4 Umsetzung der Prüfkarte

Da Windchill im Standardfunktionsumfang die Durchführung von Prüfungen nach BetrSichV nicht unterstützt, mussten entsprechende Anpassungen vorgenommen werden. An dieser Stelle musste zunächst entschieden werden, ob Windchill entsprechend der in Abschnitt 3.2 vorgestellten Systemanpassungskonzepten auf administrativer Ebene, logischer Ebene oder funktionaler Ebene angepasst werden kann. Der Umsetzung auf administrativer oder logischer Ebene des Systems hat den Vorteil, dass die umgesetzten Konzepte auch in späteren Versionen der Software äquivalent umgesetzt werden können, während systemtechnische Erweiterungen auf die Version beschränkt sind, für die sie entwickelt werden.

Um das erarbeitete Konzept auch in zukünftigen Versionen umsetzen zu können, wurde an dieser Stelle entschieden, so viel wie möglich zu konfigurieren und nur die Teile des Konzeptes mit Hilfe von einer Erweiterung auf funktionaler Ebene umzusetzen, bei denen eine Konfiguration nicht möglich ist.

Im ersten Schritt wurden die Dokumentenarten angelegt, die bei der Durchführung von Prüfungen erzeugt werden. Entsprechend des erarbeiteten Konzeptes der Lebenslaufarten sind das:

- Prüfplan
- Prüfbericht
- Prüfbescheinigung

Dann wurden äquivalent zu den Attributen der Dokumentenarten der Gesamtanlagendokumentation folgende unternehmensspezifischen Attribute der Dokumentenarten der Prüfkarte spezifiziert:

- Zusatzkennzeichen
- Erstellkennzeichen
- Urheber
- Verantwortliche Stelle
- Aufbewahrungsfrist

Die spezifizierten Dokumentenarten und deren Attribute wurden wie die Dokumentenarten der Gesamtdokumentation in Windchill angelegt, wie bereits in Abschnitt 5.3.1 dargestellt.

Im Konzept der Lebenslaufarten wurde spezifiziert, dass Dokumentenarten der Prüfkarten denselben Lebenszyklus durchlaufen, wie Dokumentenarten der Gesamtdokumentation der Anlage. Daher wurde den Dokumentenarten der Prüfkarte in Windchill derselbe Lebenszyklus zugewiesen wie den Dokumentenarten der Gesamtdokumentation der Anlage. Dieser wurde bereits in Abschnitt 5.3.1 beschrieben und ist in Abbildung 5.5 dargestellt.

Um angelegte Dokumente strukturiert ablegen zu können, wurde die in Abschnitt 5.3.1 spezifizierte und in Abbildung 5.6 dargestellte Dokumentationsstruktur, wie in Abbildung 5.13 dargestellt, erweitert und die entsprechenden Ordner in Windchill angelegt.

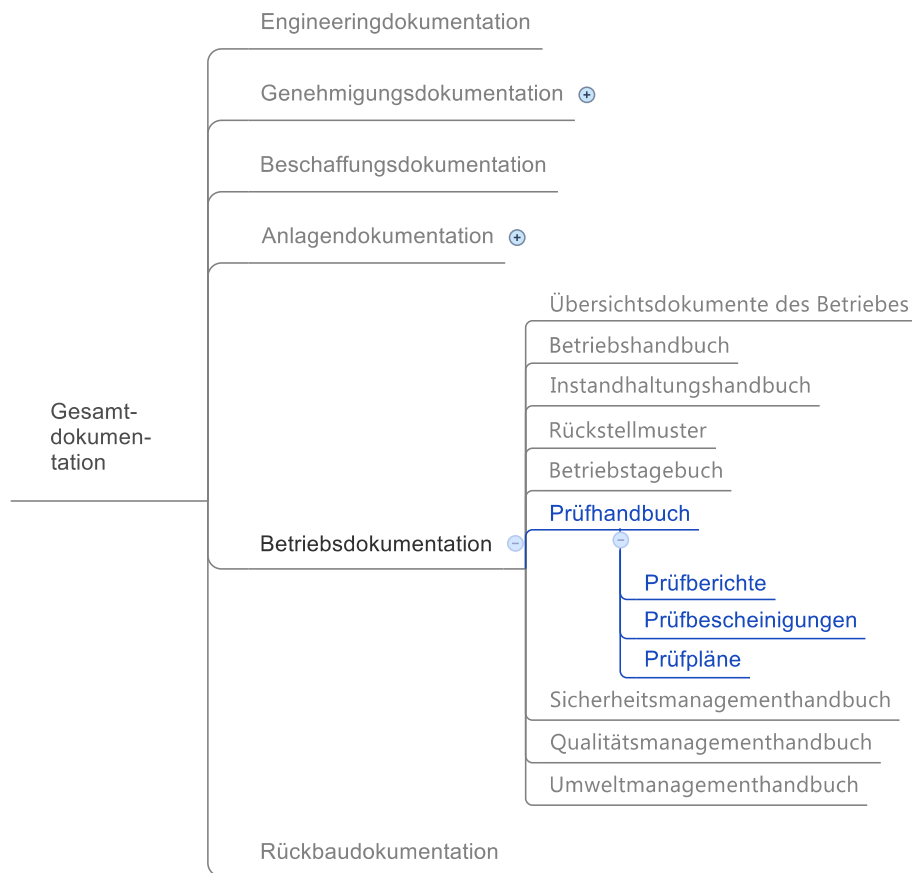


Abbildung 5.13: Erweiterung der Dokumentationsstruktur um Dokumentenarten der Prüfkakte

Im nächsten Schritt musste spezifiziert werden, wie die Klasse *Prüfung* des Konzeptes für digitale Lebenslaufakten umgesetzt werden kann. Dabei müssen folgende Anforderungen, die im Konzept für digitale Lebenslaufakten spezifiziert wurden, erfüllt werden:

- Einer Prüfung müssen Dokumente zugeordnet werden können.
- Es muss abgebildet werden, dass zu einer Prüfung bestimmte Dokumentenarten angelegt werden müssen.
- Der Lebenszyklus einer Prüfung muss abgebildet werden.
- Es müssen Workflows umgesetzt werden, die den Status der angelegten Dokumente in den verschiedenen Lebenszyklusstatus der Prüfung überprüfen, so dass beispielsweise eine Prüfung nur abgeschlossen werden kann, wenn alle erforderlichen Dokumente im Lebenszyklusstatus *Gültig* eingepflegt sind.
- Prüfungen müssen Erzeugnissen zugeordnet werden können.

Die einzige Möglichkeit, Prüfungen mit Hilfe von Konfiguration von Windchill zu realisieren, war, Prüfungen als eine Dokumentenart umzusetzen, da diese alle Anforderungen erfüllen. Dementsprechend wurde eine Dokumentenart *Prüfung* angelegt.

Im nächsten Schritt musste der Lebenszyklus einer spezifiziert werden. Im Konzept für digitale Lebenslaufakten wurde in Kapitel 4.2.1 ein Lebenszyklus für Prüfungen spezifiziert. Dieser ist in Abbildung 4.28 dargestellt. Um diesen jedoch entsprechend umsetzen zu können, musste noch eine Anpassung vorgenommen werden. Es musste zusätzlich der Lebenszyklusstatus *In Prüfung* eingeführt werden, um zu erreichen, dass während die Genehmigungs- und Freigabeprozesse laufen, keine Veränderungen an den zu genehmigenden Prüfung vorgenommen werden können.

Dann musste festgelegt werden, wie die Lebenszyklusübergänge gesteuert werden sollen. Entsprechend des in Kapitel 4.2.1 spezifizierten Lebenszyklus einer Prüfung und der in Kapitel 4.1.2 spezifizierten Abläufe der Anwendungsfälle wurden für deren Umsetzung folgende Lebenszyklusübergänge spezifiziert:

**Von *In Vorbereitung* zu *In Durchführung*: Lebenszyklusstatus definieren.** Dieser Lebenszyklusübergang findet, wie im Konzept für digitale Lebenslaufakten spezifiziert, ohne einen Genehmigungs- oder Freigabeprozess statt, da dieser nicht erforderlich war.

**Von *In Vorbereitung* zu *Abgebrochen*: Lebenszyklusstatus definieren.** Dieser Lebenszyklusübergang findet, wie im Konzept für digitale Lebenslaufakten spezifiziert, ohne einen Genehmigungs- oder Freigabeprozess statt, da dieser nicht erforderlich war.

**Von *In Durchführung* zu *In Dokumentation*: Lebenszyklusstatus definieren.** Dieser Lebenszyklusübergang findet, wie im Konzept für digitale Lebenslaufakten spezifiziert, ohne einen Genehmigungs- oder Freigabeprozess statt, da dieser nicht erforderlich war.

**Von *In Durchführung* zu *Abgebrochen*: Lebenszyklusstatus definieren.** Dieser Lebenszyklusübergang findet, wie im Konzept für digitale Lebenslaufakten spezifiziert, ohne einen Genehmigungs- oder Freigabeprozess statt, da dieser nicht erforderlich war.

**Von *In Dokumentation* zu *Abgeschlossen*: Erhöhen.** Dieser Lebenszyklusübergang findet mit dem Erhöhungsprozess *Genehmigungsprozess für Erhöhungsantrag* statt, um zu prüfen, ob die erforderlichen Dokumente vorliegen. Zusätzlich wurde hier festgelegt, dass sich die Prüfung während des Erhöhungsprozesses in dem Lebenszyklusstatus *In Prüfung* befindet. So wird verhindert, dass während des Erhöhungsprozesses Änderungen an der Prüfung vorgenommen werden können.

**Von *In Dokumentation* zu *Abgebrochen*: Lebenszyklusstatus definieren.** Dieser Lebenszyklusübergang findet, wie im Konzept für digitale Lebenslaufakten spezifiziert, ohne einen Genehmigungs- oder Freigabeprozess statt, da dieser nicht erforderlich war.

Der Lebenszyklus wurde in Windchill im Lebenszyklusadministrator äquivalent umgesetzt, wie es für Dokumente in Abschnitt 5.3.1 dargestellt wurde. Alle Lebenszyklusstatus und deren Übergänge sind in Abbildung 5.14 zusammenfassend dargestellt.

Um Prüfungen später leichter wieder finden zu können, wurde für Prüfungen ein Ordner in der Gesamtdokumentation der Anlage angelegt. Dieser ordnet sich in der Struktur wie Prüfpläne, Prüfberichte und Prüfbescheinigungen in dem Ordner Prüfhandbuch ein.

Im nächsten Schritt musste nun noch eine wesentliche Eigenschaft aus dem Konzept umgesetzt werden: die Zuordnung der erforderlichen und optionalen Dokumentarten zu einer

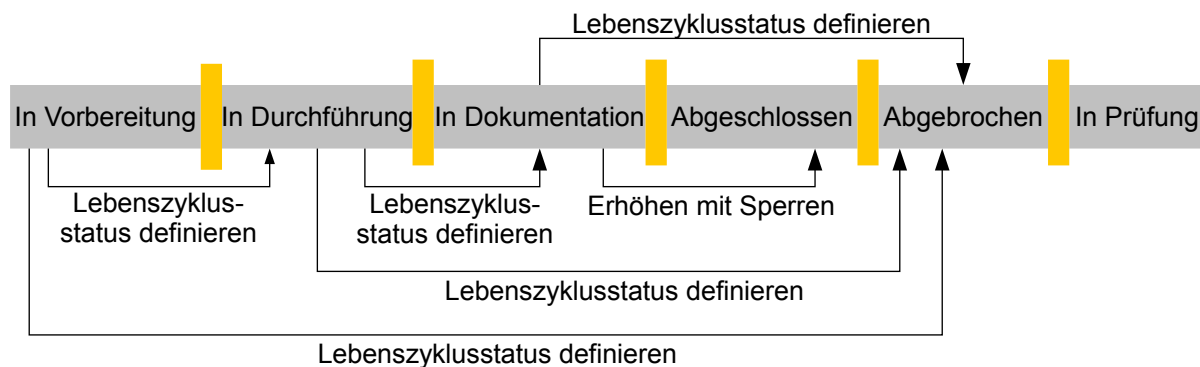


Abbildung 5.14: Umgesetzter Lebenszyklus für Prüfungen

Prüfung. Eine direkte Abbildung zwischen einer Dokumentenart und einer Prüfung ist in Windchill nicht möglich, so dass eine alternative Umsetzungsmöglichkeit identifiziert werden musste. Die einzige Möglichkeit, diese Abhängigkeiten in Windchill als Konfiguration umzusetzen, bestand darin, Attribute zur Prüfung anzulegen, die diese Abhängigkeiten ausdrücken. So wurde für jede Dokumentenart ein Attribut angelegt, mit dem ausgedrückt werden kann, dass diese Dokumentenart zu einer Prüfung vorliegen muss.

Für diese Attribute wurde definiert, dass das Attribut mit den Werten *optional* oder *erforderlich* belegt werden kann. Für Prüfungen wurden entsprechend des Konzeptes der Lebenslaufakten folgende Attribute zugeordnet und mit den folgenden Werten vorbelegt:

- Prüfplan: erforderlich
- Prüfbericht: erforderlich
- Prüfbescheinigung: optional

Diese Attribute sind nur für Administratoren sichtbar und können von einem normalen Nutzer nicht geändert werden.

Um sich die angelegten Prüfungen zu einem Erzeugnis anzeigen zu lassen, musste dann das Kontextmenü von Erzeugnissen angepasst werden. Dieses wurde um den Eintrag Prüfungen erweitert. In Abbildung 5.15 ist dies exemplarisch für die Kesselanlage dargestellt. Ebenso wurde in dem Aktionen-Kontextmenü für Erzeugnisse ein Eintrag ergänzt, um eine Prüfung zu diesem Erzeugnis anzulegen.

Nachdem diese Abhängigkeiten abgebildet wurden, können zusätzliche Systemfunktionalitäten umgesetzt werden, um den Prüfprozess zu unterstützen beziehungsweise die Qualität der verwalteten Prüfinformationen sicher zu stellen. So wurden in Windchill zum einen Workflows umgesetzt, die bei den Lebenszyklusübergängen nicht nur das Vorhandensein der erforderlichen Dokumente prüfen sondern auch deren Lebenszyklusstatus. Zum anderen wurde eine Ansicht umgesetzt, in der der Status aller Prüfungen zu einem ausgewählten Erzeugnis oder der Gesamtanlage und der Prüfung zugeordneten Dokumenten dargestellt wird.

In folgenden Lebenszyklusphasen werden die beschriebenen Workflows gestartet:

**In Vorbereitung:** Wenn eine Prüfung angelegt wird, wird in Windchill automatisch eine Aufgabe für das Expertenteam generiert, mit der die Mitglieder aufgefordert werden, einen Prüfplan anzulegen.

**In Durchführung:** Sobald eine Prüfung in diesen Lebenszyklusstatus überführt wird, wird automatisch überprüft, ob zu dieser Prüfung ein Prüfplan im Status *Gültig* existiert. Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, wird die Prüfung automatisch in den Lebenszykluszustand *In Vorbereitung* zurück gesetzt. Dann wird automatisch eine Aufgabe für das Expertenteam generiert, mit der die Mitglieder aufgefordert werden, entweder einen Prüfplan anzulegen, wenn dieser noch nicht angelegt wurde, oder den angelegten Prüfplan in den Lebenszyklusstatus *Gültig* zu überführen.

**In Dokumentation:** Sobald eine Prüfung in diesen Lebenszyklusstatus überführt wird, wird überprüft, ob die erforderlichen Dokumente angelegt wurden und ob sich diese in dem Lebenszyklusstatus *Gültig* befinden. Dann wird eine Nachricht an die Mitglieder des Expertenteams generiert, in dem die Dokumentationsanforderungen aufgeführt werden und ob die entsprechenden Dokumente angelegt wurden und in welchem Lebenszyklusstatus sich diese befinden.

**Abgeschlossen:** Sobald eine Prüfung in diesen Lebenszyklusstatus überführt wird, wird automatisch überprüft, ob zu dieser Prüfung die erforderlichen Dokumente im Status *Gültig* existieren. Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, wird die Prüfung automatisch in den Lebenszykluszustand *In Dokumentation* zurück gesetzt. Dann wird automatisch eine Aufgabe für das Expertenteam generiert, mit der die Mitglieder aufgefordert werden, entweder die Dokumente anzulegen, wenn dieser noch nicht angelegt wurde, oder die angelegten Dokumente in den Lebenszyklusstatus *Gültig* zu überführen.

The screenshot shows a PDM system interface for a part named 'Teil - IFF\_00-00-00-00\_0000000594, A.6'. The lifecycle status is 'Ausserbetrieb' (Out of Service). The status is 'Eingecheckt' (Checked in). It was last modified by 'Kathleen Otto' on 09.10.2009 at 16:44 MESZ. The storage location is '/ Pilotanlage Pulververgasung / 02 WT Daten / Weitere Komponenten'. A dropdown menu is open over the 'Zugehörige Objekte' (Associated Objects) tab, listing various object types: 'Aktionenpunkte', 'Strukturänderungen', 'Baselines', 'CAD-Dokumente', 'Änderungen', 'Kontexte', 'Dokumente', 'Notizen', 'Pakete', 'Alternativteile', 'Austauschteile', 'Erweiterte konfigurierbare Objekte', and 'Prüfungen' (Tests), which is selected. Below the menu, a table shows the lifecycle status and last change date for the associated tests.

Lebenszyklusstatus	Letzte Änderung
In Vorbereitung	09.10.2009 16:20 MESZ
In Vorbereitung	09.10.2009 15:48 MESZ
In Vorbereitung	09.10.2009 15:47 MESZ
In Vorbereitung	09.10.2009 16:51 MESZ

Abbildung 5.15: Zu einem Erzeugnis zugeordnete Prüfungen

Die beschriebenen Workflows resultieren aus den Anwendungsfällen aus dem Konzept für digitale Lebenslaufakten. Die Workflows können über den Workflow-Administrator in Windchill umgesetzt werden. Dafür stellt Windchill verschiedene Elemente wie Oder-Anschlüsse, konditionale Router oder Aktivitäten bereit. Nähere Informationen zu den einzelnen Elementen können in [Par08] gefunden werden. In Abbildung 5.16 ist exemplarisch der im Workflow-Administrator erstellte Workflow der Lebenszyklusphase *In Durchführung* dargestellt.

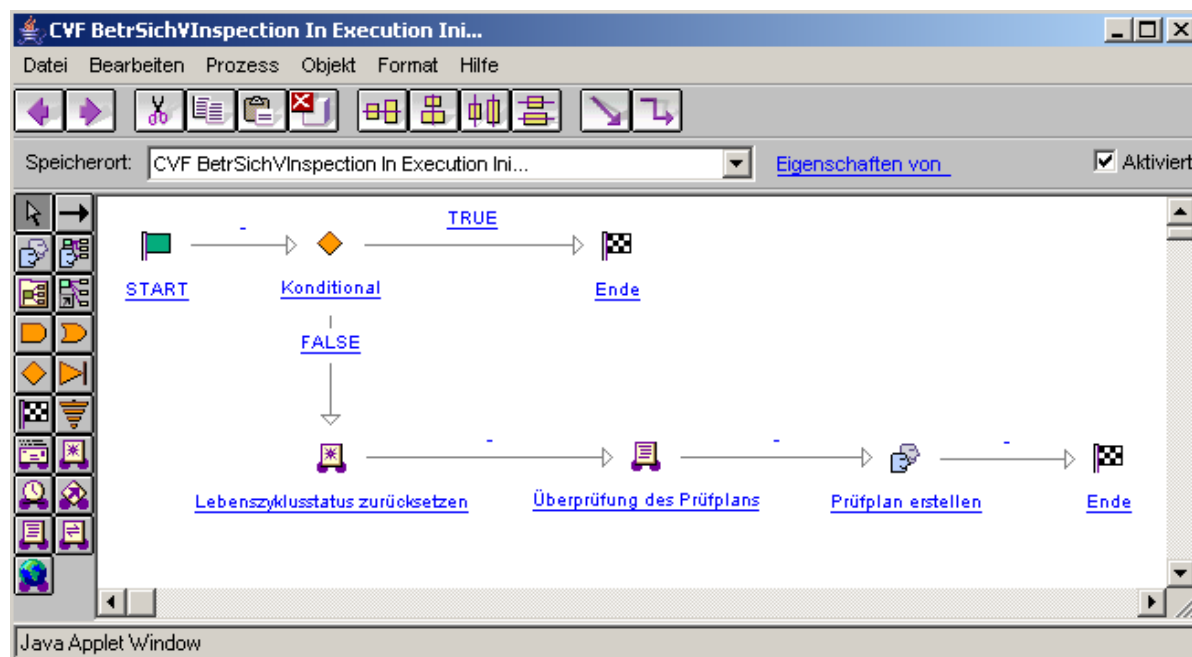


Abbildung 5.16: Umgesetzter Workflow in der Lebenszyklusphase »In Durchführung« einer Prüfung

Das Verhalten der einzelnen Elemente muss mit Hilfe von in dieser Arbeit entwickelten Algorithmen entsprechend programmiert werden. In Listing 5.1 ist exemplarisch die Programmierung von dem konditionalen Router des Workflows der Lebenszyklusphase *In Durchführung* dargestellt, der überprüft, ob zu der Prüfung ein Dokument mit der Dokumentenart Prüfplan angelegt wurde und sich dieser in dem Lebenszyklusstatus *Gültig* befindet.

Um den Status aller Prüfungen und der dazugehörigen Dokumente übersichtlich darzustellen, wurde eine entsprechender Statusbericht als Ansicht in Windchill umgesetzt. Um den Status der Prüfungen und der zugeordneten Dokumente intuitiv erfassbar darzustellen, wurde eine Ampelmetapher verwendet. Damit lässt sich auf einen Blick erkennen, welche Prüfungen im Plan sind, wo noch Nacharbeiten durchzuführen sind oder wo Probleme aufgetreten sind. In Tabelle 5.2 sind die Kriterien für die Ampelfarben aufgelistet.

Um den Statusbericht aufzurufen, wurde das Kontextmenü *Aktionen* von Erzeugnissen um die Einträge *Bericht - Status Prüfungen* und *Bericht - Status Prüfungen inkl. Sub-Teile* ergänzt. Bei dem ersten Eintrag wird ein Statusbericht erstellt und angezeigt, der nur die Prüfungen und zugehörigen Dokumente des ausgewählten Erzeugnisses beinhaltet. Bei dem zweiten Eintrag wird ein Statusbericht erstellt und angezeigt, der darüber hinaus auch die dem ausgewählten



```

1 wt.doc.WTDocument iDoc = (wt.doc.WTDocument) primaryBusinessObject;
2 ro.ptc.partIBAs.WTPartWorkflowIBAsCheck workInstance = new ro.ptc.partIBAs.
   WTPartWorkflowIBAsCheck();
3 java.util.List docList = workInstance.findRelatedDocs(iDoc);
4
5 boolean hasInspectionPlan = false;
6 try {
7     for (int j=0; j<docList.size(); j++){
8         java.util.List arrayList = (java.util.List ) docList.get(j);
9         wt.doc.WTDocument wtdoc = (wt.doc.WTDocument) arrayList.get(0);
10
11         String tmpDoc = wt.type.TypedUtilityServiceHelper.service.
            getExternalTypeIdentifier(wtdoc);
12         String[] tmpArray = tmpDoc.split("\\.");
13         tmpDoc = tmpArray[tmpArray.length-1];
14
15         if(tmpDoc.equals("InspectionPlan") && arrayList.get(1).equals("Gültig"))
16             hasInspectionPlan = true;
17     }
18 } catch( Exception e ) {
19     e.printStackTrace();
20     throw new Exception("Fehler");
21 }
22
23 if(hasInspectionPlan)
24     result = "TRUE";
25 else
26     result = "FALSE";

```

Listing 5.1: Programmierung eines konditionalen Routers des Workflow in der Lebenszyklusphase »In Durchführung« einer Prüfung

Farbe	Bedeutung
rot	Ein Dokument einer Dokumentenart ist nicht vorhanden. Eine Prüfung ist im Lebenszyklusstatus <i>Abgeschlossen</i> , aber es fehlen erforderliche oder optionale Dokumente.
gelb	Ein Dokument einer Dokumentenart ist vorhanden aber nicht im Lebenszyklusstatus <i>Gültig</i> . Eine Prüfung ist im Lebenszyklusstatus <i>In Vorbereitung</i> , <i>In Durchführung</i> , <i>In Dokumentation</i> oder <i>In Prüfung</i> . Eine Prüfung ist im Lebenszyklusstatus <i>Abgeschlossen</i> , aber erforderliche oder optionale Dokumente sind nicht im Lebenszyklusstatus <i>Gültig</i> .
grün	Ein Dokument einer Dokumentenart ist vorhanden und im Lebenszyklusstatus <i>Gültig</i> . Eine Prüfung ist im Lebenszyklusstatus <i>Abgeschlossen</i> und alle Dokumente sind im Lebenszyklusstatus <i>Gültig</i> .

Tabelle 5.2: Bedeutung der Ampelfarben im Statusbericht Prüfungen

Erzeugnis zugeordneten Erzeugnisse betrachtet. Ein Ausschnitt dieses Statusberichtes ist in Abbildung 5.17 dargestellt.



**Bericht - Status Prüfungen**  
 Zielteil [IFF\\_00-00-00-00\\_0000000594\\_A.6](#)  
 Produkt: Pulververbrennungsanlage  
 Ausgeführt von Administrator  
 Ausführungszeit 31.01.2012 17:46 MEZ

Status Prüfungen (20 Objekte insges.)

Struktur	Name	Zugeordnetes Dokument	Lebenszyklus	Status
[-] <a href="#">IFF_BI_0000000628_A.2</a>	Äußere Prüfung		In Vorbereitung	
[-]	Prüfbericht (Optional)			
[-]	Prüfbescheinigung (Erforderlich)	<a href="#">IFF_QA_0000000629_A.1</a>	In Bearbeitung	
[-]	Prüfplan (Erforderlich)			
[-] <a href="#">IFF_BI_0000000612_A.2</a>	Wiederkehrende Planrevisor		In Vorbereitung	
[-]	Prüfbericht (Erforderlich)	<a href="#">IFF_QA_0000000613_A.1</a>	In Bearbeitung	
[-]	Prüfbescheinigung (Optional)			
[-]	Prüfplan (Erforderlich)			
[-] <a href="#">IFF_BI_0000000611_A.2</a>	Vorgezogene Untersuchung		In Vorbereitung	
[-]	Prüfbericht (Erforderlich)	<a href="#">IFF_QA_0000000613_A.1</a>	In Bearbeitung	
[-]	Prüfbescheinigung (Optional)			
[-]	Prüfplan (Erforderlich)			
[-] <a href="#">IFF_BI_0000000621_A.2</a>	Durchstrahlungsprüfung		In Vorbereitung	
[-]	Prüfbericht (Erforderlich)	<a href="#">IFF_QA_0000000623_A.1</a>	In Bearbeitung	
[-]	Prüfbescheinigung (Optional)			
[-]	Prüfplan (Erforderlich)			

Abbildung 5.17: Statusbericht Prüfungen

Um den Statusbericht zu erstellen, wurde der in Abbildung 5.18 in Form eines Aktivitätsdiagramms dargestellte Algorithmus entwickelt und umgesetzt. Zunächst werden zu dem Erzeugnis, für das der Statusbericht erstellt werden soll, alle zugeordneten Sub-Erzeugnisse ermittelt. Für jedes Sub-Erzeugnis werden wiederum die zugeordneten Sub-Erzeugnisse ermittelt bis keine Sub-Erzeugnisse mehr vorhanden sind. Dann werden für jedes Erzeugnis alle zugeordneten Prüfungen ermittelt, die nicht im Lebenszyklusstatus *Abgebrochen* sind. Für jede Prüfung werden dann die erforderlichen und optionalen Dokumentenarten ermittelt. Für jede Dokumentenart wird ermittelt, ob ein Dokument von dieser Dokumentenart existiert, das der Prüfung zugeordnet ist. Existiert kein Dokument, wird die Dokumentenart mit der Ampelfarbe rot markiert. Existiert ein Dokument und es befindet sich im Lebenszyklusstatus *Gültig*, dann wird die Dokumentenart mit grün markiert andernfalls mit Gelb. Nachdem alle Dokumentenarten

einer Prüfung markiert wurden, wird der Lebenszyklusstatus der Prüfung untersucht. Ist die Prüfung im Lebenszyklusstatus *Abgeschlossen* und es liegen zu allen Dokumentenarten Dokumente im Lebenszyklusstatus *Gültig* vor, wird die Prüfung mit grün markiert. Ist die Prüfung im Lebenszyklusstatus *Abgeschlossen* und es liegen zu allen Dokumentenarten Dokumente vor und mindestens ein Dokument ist nicht im Lebenszyklusstatus *Gültig*, wird die Prüfung mit Gelb markiert. Wenn die Prüfung im Lebenszyklusstatus *In Vorbereitung*, *In Durchführung*, *In Dokumentation* oder *In Prüfung* ist, wird sie ebenfalls mit Gelb markiert. Wenn die Prüfung im Lebenszyklusstatus *Abgeschlossen* ist und mindestens zu einer Dokumentenarten kein Dokument zugeordnet wurde, wird die Prüfung mit rot markiert. Dann werden die Ergebnisse in Tabellenform, wie in Abbildung 5.17 dargestellt, angezeigt.

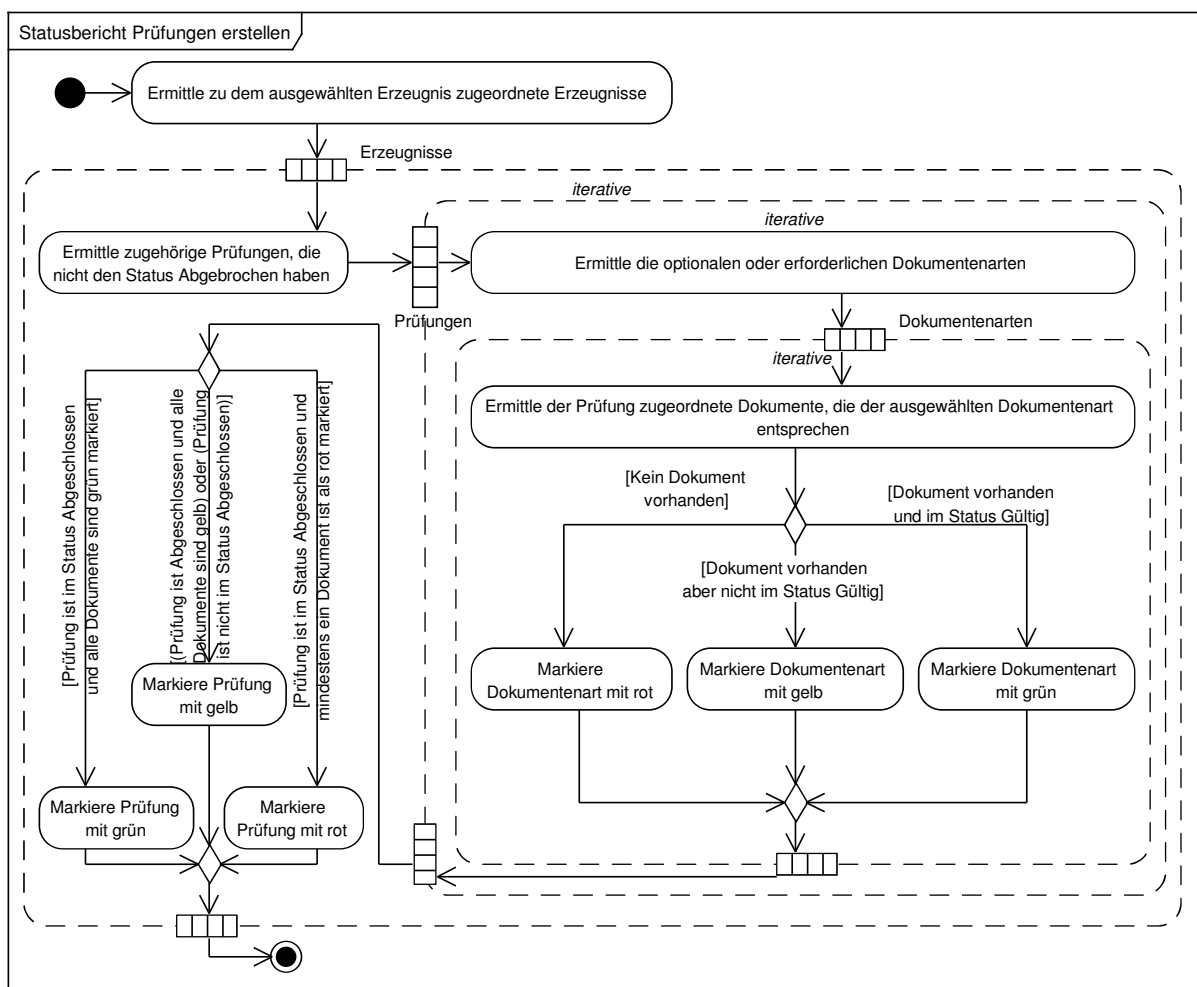


Abbildung 5.18: Aktivitätsdiagramm »Statusbericht Prüfungen erstellen«

Nachdem in diesem Abschnitt beschrieben wurde, wie das Konzept für digitale Lebenslaufdaten bezüglich Prüfungen umgesetzt wurde, wird im nächsten Abschnitt beschrieben, wie die Abbildung der Anforderungen an die Gesamtdokumentation der Anlage umgesetzt wurde.

### 5.3.5 Umsetzung der Abbildung der Anforderungen an die Gesamtdokumentation der Anlage

Um die Anforderungen an die Gesamtdokumentation der Anlage abzubilden, wurde im Konzept für digitale Lebenslaufakten spezifiziert, dass dafür Dokumentenarten Erzeugnisklassen zugeordnet werden können. Eine direkte Abbildung zwischen einer Dokumentenart und einer Erzeugnisklasse ist in Windchill jedoch nicht möglich, so dass eine alternative Umsetzungsmöglichkeit identifiziert werden musste. Die einzige Möglichkeit, diese Abhängigkeiten in Windchill als Konfiguration umzusetzen, bestand darin, Attribute zu den Erzeugnisklassen anzulegen, die diese Abhängigkeiten ausdrücken. So wurde für jede Dokumentenart ein Attribut angelegt, mit dem ausgedrückt werden kann, dass diese Dokumentenart zu einer Erzeugnisklasse optional vorliegen sollte oder unbedingt erforderlich ist.

Für diese Attribute wurde definiert, dass das Attribut mit den Werten *optional* oder *erforderlich* belegt werden kann. So wurden beispielsweise der Erzeugnisklasse Energieerzeugungsanlage folgende Attribute zugeordnet und mit den folgenden Werten vorbelegt:

- Gefährdungsbeurteilung: erforderlich
- Betriebsanleitung: erforderlich
- Aufstellungsplan: optional
- CAD-Dokument: optional

Diese Attribute und die vorbelegten werden entsprechen den in Abschnitt 4.2.2 beschriebenen und in Abbildung 4.36 dargestellten Abhängigkeiten. Diese Attribute sind nur für Administratoren sichtbar und können von einem normalen Nutzer nicht geändert werden.

Nachdem diese Abhängigkeiten abgebildet wurden, können zusätzliche Systemfunktionalitäten umgesetzt werden, um die Prozesse zur Pflege der Gesamtdokumentation einer Anlage zu unterstützen beziehungsweise die Qualität der verwalteten Gesamtdokumentation sicher zu stellen. So wurden in Windchill zum einen Workflows umgesetzt, die bei den Lebenszyklusübergängen nicht nur das Vorhandensein der erforderlichen Dokumente prüfen sondern auch deren Lebenszyklusstatus. Zum anderen wurde eine Ansicht umgesetzt, in der der Status aller Dokumente zu einem ausgewählten Erzeugnis oder der Gesamtanlage dargestellt wird. Die Workflows können, wie bereits in Abschnitt 5.3.4 dargestellt, über den Workflow-Administrator in Windchill umgesetzt werden. In Abbildung 5.19 ist exemplarisch ein Ausschnitt des im Workflow-Administrator erstellten Workflows der Lebenszyklusphase *In Betrieb* von Erzeugnissen dargestellt. In folgenden Lebenszyklusphasen von Erzeugnissen werden die nachfolgend beschriebenen Workflows gestartet:

**Außer Betrieb:** Sobald ein Erzeugnis in diesen Lebenszyklusstatus überführt wird, wird automatisch überprüft, ob zu den erforderlichen Dokumentenarten Dokumente zugeordnet wurden und diese im Lebenszyklusstatus *Gültig* vorliegen. Falls nicht, wird eine Aufgabe generiert, die den für die Gesamtdokumentation Verantwortlichen auffordert, die fehlenden Dokumente einzupflegen beziehungsweise vorliegender Dokumente in den Lebenszyklusstatus *Gültig* zu überführen. Gleichzeitig wird eine Aufgabe generiert, mit der der für die Gesamtdokumentation Verantwortliche aufgefordert wird zu überprüfen, ob durch die Außerbetriebnahme Änderungen an den existierenden Dokumenten vorgenommen werden müssen beispielsweise, wenn neue Sub-Erzeugnisse eingebaut wurden.

**In Betrieb:** Sobald ein Erzeugnis in diesen Lebenszyklusstatus überführt wird, wird automatisch überprüft, ob zu den erforderlichen Dokumentenarten Dokumente zugeordnet wurden und diese im Lebenszyklusstatus *Gültig* vorliegen. Falls nicht, wird eine Aufgabe generiert, die den für die Gesamtdokumentation Verantwortlichen auffordert, die fehlenden Dokumente einzupflegen beziehungsweise vorliegende Dokumente in den Lebenszyklusstatus *Gültig* zu überführen. Gleichzeitig werden die Mitglieder des Expertenteams daran erinnert, sofern Prüfungen existieren, die noch nicht im Lebenszyklusstatus *Abgeschlossen* sind, diese abzuschließen.

**Ausgesondert:** Sobald ein Erzeugnis in diesen Lebenszyklusstatus überführt wird, wird automatisch überprüft, ob zu den erforderlichen Dokumentenarten Dokumente zugeordnet wurden und diese im Lebenszyklusstatus *Gültig* vorliegen. Falls nicht, wird eine Aufgabe generiert, die den für die Gesamtdokumentation Verantwortlichen auffordert, die fehlenden Dokumente für die Einhaltung der Nachweispflicht einzupflegen beziehungsweise vorliegende Dokumente in den Lebenszyklusstatus *Gültig* zu überführen. Gleichzeitig werden die Mitglieder des Expertenteams daran erinnert, sofern Prüfungen existieren, die noch nicht im Lebenszyklusstatus *Abgeschlossen* sind, diese abzuschließen, damit das Erzeugnis ausgesondert werden kann. Wenn dem Erzeugnis weitere Sub-Erzeugnisse zugeordnet sind, wird eine Aufgabe generiert, die den Verantwortlichen dazu auffordert, die zugeordneten Sub-Teile ebenfalls auszusondern.

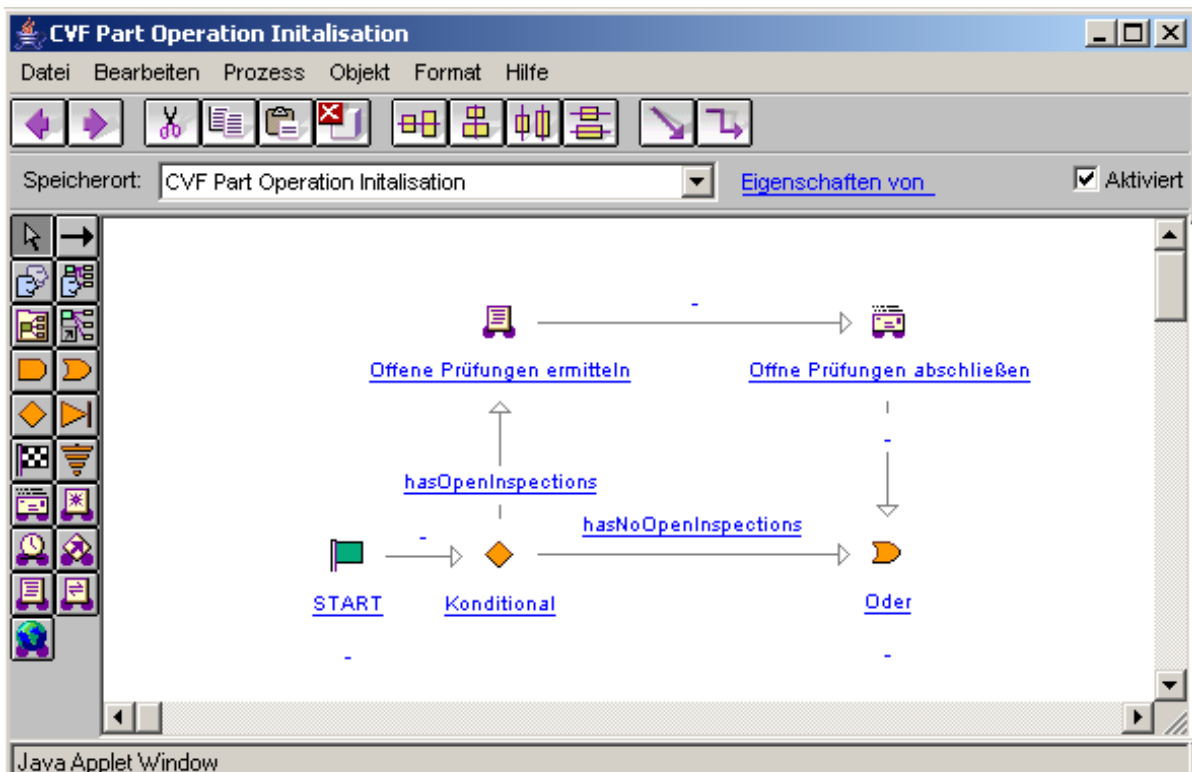


Abbildung 5.19: Umgesetzter Workflow in der Lebenszyklusphase »In Betrieb« eines Erzeugnisses

Das Verhalten der einzelnen Elemente muss mit Hilfe von in dieser Arbeit entwickelten Algorithmen entsprechend programmiert werden. In Listing 5.2 ist exemplarisch die Programmierung von dem Trigger des Workflow der Lebenszyklusphase *In Betrieb* eines Erzeugnisses dargestellt, der die fehlenden beziehungsweise nicht im Lebenszyklusstatus *Gültig* vorliegenden Dokumente erforderlicher Dokumentenarten in einer Liste zusammenstellt.

```

1 wt.part.WTPart part = (wt.part.WTPart) primaryBusinessObject;
2 ro.ptc.partIBAs.WTPartWorkflowIBAsCheck workInstance = new ro.ptc.partIBAs.
  WTPartWorkflowIBAsCheck();
3 String organizerName = "documentTypes";
4 java.util.List attrList = workInstance.filterIBAs(part,organizerName);
5 java.util.List docList = workInstance.findRelatedDocs(part);
6
7 doc = "<ul>";
8
9 for (int i=0; i<attrList.size(); i++){
10  try {
11     Object[] attrArray = (Object[]) attrList.get(i);
12
13     wt.iba.value.litevalue.AbstractValueView iba = (wt.iba.value.litevalue.
14       AbstractValueView) attrArray[0];
15     if(attrArray[1].equals("Optional"))
16       continue;
17
18     String docType = iba.getDefinition().getLogicalIdentifier();
19
20     boolean docExists = false;
21
22     for (int j=0; j<docList.size(); j++){
23       java.util.List arrayList = (java.util.List ) docList.get(j);
24       wt.doc.WTDocument wtdoc = (wt.doc.WTDocument) arrayList.get(0);
25       if(wtdoc.isLatestIteration()){
26         String tmpDoc = wt.type.TypedUtilityServiceHelper.service.
27           getExternalTypeIdentifier(wtdoc);
28         String[] tmpArray = tmpDoc.split("\\.");
29         tmpDoc = tmpArray[tmpArray.length-1];
30         if(tmpDoc.equals(docType) && arrayList.get(1).equals("Gültig")) {
31           docExists = true;
32           break;
33         }
34       }
35     }
36
37     if(docExists == false)
38       doc += "<li>" + iba.getDefinition().getLocalizedDisplayString() + "</li>"
39       ;
40
41   } catch( Exception e ) { e.printStackTrace();}
42 }
43 doc += "</ul>";

```

Listing 5.2: Programmierung eines Triggers des Workflow in der Lebenszyklusphase »In Betrieb« eines Erzeugnisses

Um den Status aller Dokumente übersichtlich darzustellen, wurde eine entsprechender Statusbericht als Ansicht in Windchill umgesetzt. Ein Ausschnitt dieses Statusberichtes ist in Abbildung 5.20 dargestellt.

**Bericht - Status Technische Dokumentation inklusive Sub-Teile**  
Zielteil [IFF\\_33-04-90-90\\_0000000581\\_A.8](#)

Status Technische Dokumentation (575 Objekte insges.)

Struktur	Name	Zugeordnetes Dokument	Lebenszyklus	Status
[-] <a href="#">IFF_33-04-90-90_0000000581_A.8</a>	Flugstromverbrennungsanlage		Ausserbetrieb	
[-] Dokumente				
[-] Aufstellungsplan (Optional)				
[-] Betriebsanleitung (Erforderlich)				
[-] CAD-Dokument (Optional)		<a href="#">IFF_FB_0000000667_A.1</a>	Gültig	
[-] Gefährdungsbeurteilung (Erforderlich)				
[-] Lageplan (Erforderlich)				
[-] <a href="#">IFF_00-00-00-00_0000000582_A.2</a>	Peripherie		Ausserbetrieb	
[-] <a href="#">IFF_00-00-00-00_0000000583_A.2</a>	Stahlbau		Ausserbetrieb	
[-] <a href="#">IFF_00-00-00-00_0000000517_A.3</a>	Tragwerk kompl.		Ausserbetrieb	
[-] <a href="#">IFF_00-00-00-00_0000000479_A.4</a>	Tragwerk Vergaser		Ausserbetrieb	
[-] <a href="#">IFF_00-00-00-00_0000000505_A.4</a>	Mittelbühne ZSB		Ausserbetrieb	
[-] <a href="#">IFF_22-10-17-00_0000000494_A.2</a>	Träger MB310		Ausserbetrieb	
[-] Dokumente				
[-] Werkstoffnachweis (Erforderlich)				
[-] <a href="#">IFF_22-31-01-90_0000000504_A.2</a>	Geländer 013 Mittelbühne		Ausserbetrieb	
[-] Dokumente				
[-] Werkstoffnachweis (Optional)				
[-] <a href="#">IFF_22-10-17-00_0000000495_A.2</a>	Träger Bühne 301		Ausserbetrieb	
[-] Dokumente				
[-] Werkstoffnachweis (Erforderlich)				
[-] <a href="#">IFF_22-19-02-03_0000000496_A.2</a>	Gitterrost Gaskühler (Flä...		Ausserbetrieb	
[-] Dokumente				
[-] Werkstoffnachweis (Optional)				
[-] <a href="#">IFF_00-00-00-00_0000000502_A.4</a>	Gestell Gaskühler ZSB		Ausserbetrieb	
[-] <a href="#">IFF_00-00-00-00_0000000499_A.4</a>	Gestell LuVo ZSB		Ausserbetrieb	
[-] <a href="#">IFF_22-10-17-00_0000000493_A.1</a>	SB Bühne für Fackel		Ausserbetrieb	
[-] Dokumente				
[-] Werkstoffnachweis (Erforderlich)				
[-] <a href="#">IFF_22-10-17-00_0000000492_A.1</a>	SB Schleppdach Ventilator		Ausserbetrieb	
[-] Dokumente				

Abbildung 5.20: Statusbericht Dokumentation

Um den Statusbericht aufzurufen, wurde das Kontextmenü *Aktionen* von Erzeugnissen um die Einträge *Bericht - Status Dokumentation* und *Bericht - Status Dokumentation inkl. Sub-Teile* ergänzt. Bei dem ersten Eintrag wird ein Statusbericht erstellt und angezeigt, der nur die Dokumente des ausgewählten Erzeugnisses beinhaltet. Bei dem zweiten Eintrag wird ein Statusbericht erstellt und angezeigt, der darüber hinaus auch die dem ausgewählten Erzeugnis zugeordneten Erzeugnisse betrachtet.

Um den Status der Dokumentation intuitiv erfassbar darzustellen, wurde wie bei dem Statusbericht Prüfungen eine Ampelmetapher verwendet. Damit lässt sich auf einen Blick erkennen, welche Dokumentationsanforderungen erfüllt werden, wo noch Nacharbeiten durchzuführen sind oder wo Dokumente fehlen. In Tabelle 5.3 sind die Kriterien für die Ampelfarben aufgelistet.

Farbe	Bedeutung
rot	Ein Dokument einer erforderlichen oder optionalen Dokumentenart ist nicht vorhanden.
gelb	Ein Dokument einer erforderlichen oder optionalen Dokumentenart ist vorhanden aber nicht im Lebenszyklusstatus <i>Gültig</i> .
grün	Ein Dokument einer erforderlichen oder optionalen Dokumentenart ist vorhanden und im Lebenszyklusstatus <i>Gültig</i> .

Tabelle 5.3: Bedeutung der Ampelfarben im Statusbericht Dokumentation

Um den Statusbericht zu erstellen, wurde der in Abbildung 5.21 in Form eines Aktivitätsdiagramms dargestellte Algorithmus entwickelt und umgesetzt. Zunächst werden zu dem Erzeugnis, für das der Statusbericht erstellt werden soll, alle zugeordneten Sub-Erzeugnisse ermittelt. Für jedes Sub-Erzeugnis werden wiederum die zugeordneten Sub-Erzeugnisse ermittelt bis keine Sub-Erzeugnisse mehr vorhanden sind. Dann werden für jedes Erzeugnis die erforderlichen und optionalen Dokumentenarten ermittelt. Für jede Dokumentenart wird ermittelt, ob ein Dokument von dieser Dokumentenart existiert, das dem Erzeugnis zugeordnet ist. Existiert kein Dokument, wird die Dokumentenart mit der Ampelfarbe rot markiert. Existiert ein Dokument und es befindet sich im Lebenszyklusstatus *Gültig*, dann wird die Dokumentenart mit grün markiert andernfalls mit Gelb. Dann werden die Ergebnisse in Tabellenform, wie in Abbildung 5.20 dargestellt, angezeigt.

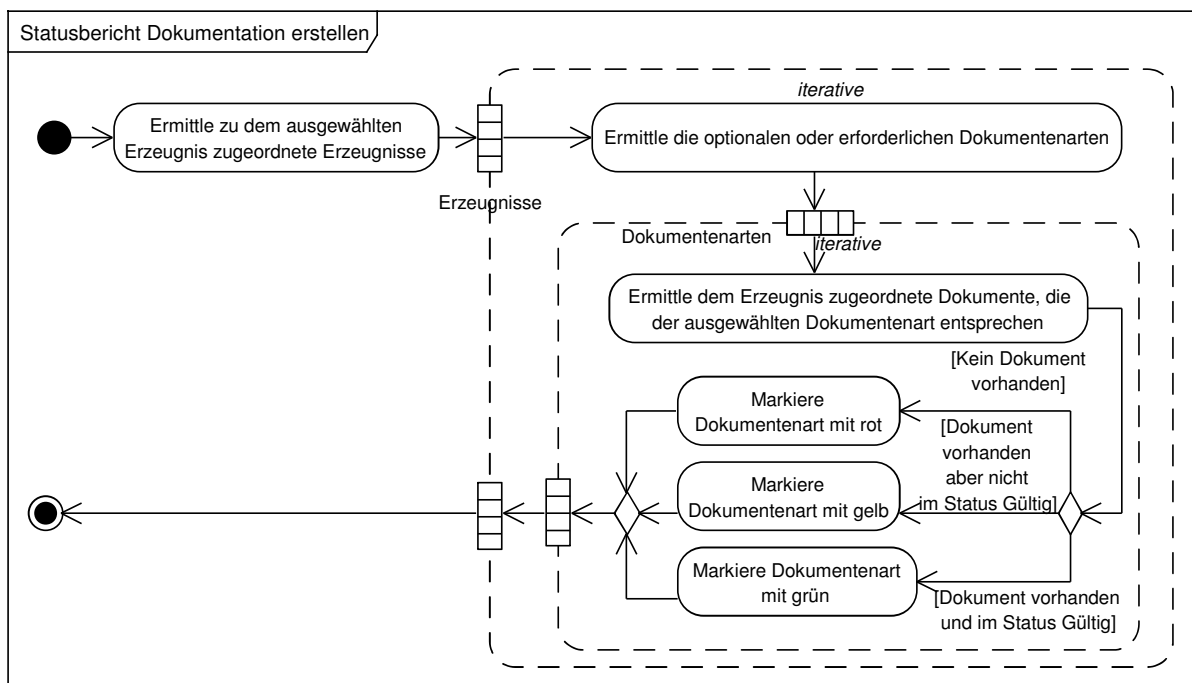


Abbildung 5.21: Aktivitätsdiagramm »Statusbericht Dokumentation erstellen«



Nachdem in diesem Abschnitt beschrieben wurde, wie das Konzept für digitale Lebenslaufakten für das erste Umsetzungsszenario in einem PDM-System umgesetzt wurde, wird im nächsten Abschnitt beschrieben, wie die Umsetzung des zweiten Umsetzungsszenarios in einem Portal-System erfolgte.

## 5.4 Umsetzung mit einem Portal-System

Portal-Systeme kommen vor allem dann zum Einsatz, wenn Daten, Informationen und Dokumente aus verschiedenen Erzeugersystemen integriert und über eine einheitliche Benutzeroberfläche dargestellt werden sollen, um so eine ganzheitliche Sicht auf alle Daten, Informationen und Dokumente zu ermöglichen. Die Erzeugersysteme können dabei weiterhin zum Anlegen, Ändern und Archivieren von Daten, Informationen und Dokumenten verwendet werden. Gemachte Änderungen werden an das Portal-System propagiert.

Für die Umsetzung des Konzeptes der Lebenslaufakte wird das Portal-System AVEVA NET Portal 3.6.SP2 (ANP) von der AVEVA Group Plc verwendet, da dieses auf die Branche des Anlagenbaus fokussiert ist und beispielsweise Schnittstellen zu Softwaresystemen bereit stellt, die im Anlagenlebenszyklus verwendet werden. Im Folgenden wird die Umsetzung des Konzeptes für die Pulververbrennungsanlage beschrieben.

### 5.4.1 Umsetzung der Gesamtanlagendokumentation

Um die Gesamtanlagendokumentation umsetzen zu können, mussten zunächst relevante Dokumentenarten aus dem spezifizierten Konzept für digitale Lebenslaufakten identifiziert und als Dokumentenarten in ANP angelegt werden. Folgende Dokumentenarten wurden dabei exemplarisch für die Pulververbrennungsanlage angelegt:

- Ausrüstungsdatenblatt
- Konformitätserklärung
- Werkstoffnachweis
- Betriebsanleitung
- Schweißerbescheinigung

Dokumentarten können in ANP über zwei Möglichkeiten angelegt werden. Zum einen besteht die Möglichkeit, neue Klassen wie Dokumentenarten über das so genannte *Admin Tool* anzulegen oder sie können mit Hilfe einer XML-Konfigurationsdatei angelegt werden, die dann über den *AVEVA NET Portal Import Controller* in ANP importiert werden. Das Anlegen über die XML-Konfigurationsdatei hat den Vorteil, dass das Anlegen vieler Dokumentenarten schneller geht und die Datei zur Konfiguration einer neuen Installation des Portal-Systems beispielsweise für ein neues Unternehmen wiederverwendet werden kann. In Listing 5.3 ist die Konfiguration der Dokumentenart »Ausrüstungsdatenblatt« in der XML-Konfigurationsdatei dargestellt. Die anderen Dokumentenarten wurden äquivalent in der XML-Konfigurationsdatei beschrieben.

Die eigentlichen Dokumente werden in dem Anwendungsmodul *Dokumenten-Management* von *Microsoft Windows SharePoint Services 3.0* verwaltet, das in dem Umsetzungsbeispiel der

```
1 <Class>
2   <ClassID>EQUIPMENT DATA SHEET</ClassID>
3   <ParentClassID>DOCUMENT CONTENT</ParentClassID>
4   <ClassName>Ausrüstungsdatenblatt</ClassName>
5   <PluralName>Ausrüstungsdatenblätter</PluralName>
6   <ClassIcon>document.gif</ClassIcon>
7   <Visible>true</Visible>
8 </Class>
```

Listing 5.3: Konfiguration der Dokumentenart »Ausrüstungsdatenblatt« in einer XML-Konfigurationsdatei

Pulververbrennungsanlage als Erzeugersystem für die Dokumente der Gesamtdokumentation der Anlage dient.

Die Attribute von Dokumenten stammen aus diesem Anwendungsmodul. Zur Umsetzung der Attribute konnten vordefinierte Attribute aus dem Anwendungsmodul verwendet werden. Folgende unternehmensspezifischen Attribute wurden mit Hilfe der in Klammern stehenden vordefinierten Attribute umgesetzt:

- Dokumenten-ID (Name)
- Erstelldatum (Geändert am)
- Ersteller (Geändert)
- Titel (Titel)
- Dokumentenart (DocumentClassID)
- Version (Version)
- Lebenszyklusstatus (Genehmigungsstatus)

Um ein Dokument anzulegen, muss der Nutzer einen Titel angeben und die entsprechende Dokumentenart aus einer Liste auswählen. Alle anderen Attribute werden automatisch gesetzt. Für die Dokumenten-ID wurde eine Nummernsystematik festgelegt. Die Dokumenten-ID beginnt mit IFF, dann folgt ein Unterstrich, dann kommen zwei Buchstaben, die die Dokumentenart nach [DIN 61355] festlegen, dann folgt wieder ein Unterstrich und eine fortlaufende zehnstellige Nummer.

In dem Anwendungsmodul wurde der in Kapitel 4.2.1 beschriebene und in Abbildung 4.23 dargestellte Lebenszyklus für Dokumente umgesetzt. Für die Umsetzung der Genehmigungsprozesse konnte ein vordefinierter Genehmigungsworkflow verwendet werden.

Dann wurden die Dokumente eingepflegt. In Abbildung 5.22 ist die Dokumentenverwaltung mit dem Anwendungsmodul dargestellt.

Um angelegte Dokumente strukturiert abzulegen, ist eine Dokumentationsstruktur erforderlich. Für die Umsetzung des Konzeptes der Lebenslaufakte für die Pulververbrennungsanlage mit einem Portal-System wurde die aus dem Konzept für digitale Lebenslaufakten vorgeschlagene Struktur der Gesamtdokumentation verwendet, die in Abbildung 5.6 dargestellt ist.

Wie bereits bei der Umsetzung mit Windchill wurden hier ebenfalls die entsprechenden Anpassungen im Vergleich zu der im Konzept für digitale Lebenslaufakten spezifizierten Dokumentationsstruktur vorgenommen. Zum einen wurden in der Struktur unter Gesamtdokumentation

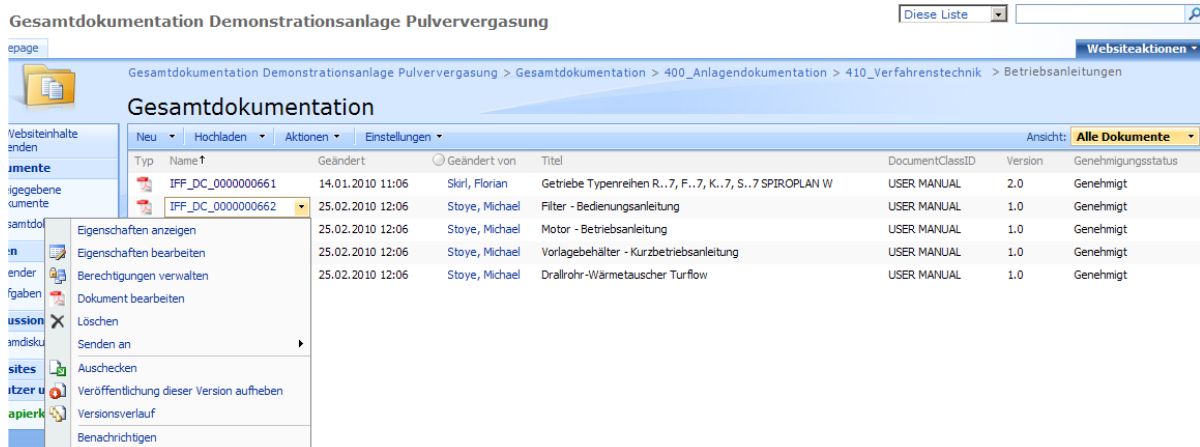


Abbildung 5.22: Verwaltung der Dokumente der Gesamtdokumentation der Pulververbrennungsanlage in dem Anwendungsmodul »Dokumenten-Management«

> Anlagendokumentation > Verfahrenstechnik die entsprechende Unterstrukturen für die für die Pulververbrennungsanlage spezifizierten Dokumentenarten angelegt. Zum anderen wurden CAD-Dokumente entsprechend der Anlagenstruktur untergliedert. Die Anlagenstruktur ist in Abbildung 5.9 dargestellt.

Nachdem alle Dokumente in das Anwendungsmodul eingepflegt wurden, musste eine Schnittstelle zu ANP realisiert werden. Von ANP wird kein Gateway für das Anwendungsmodul angeboten, so dass hier der so genannte *Data-Extractor* verwendet werden musste. Dieser greift auf das Anwendungsmodul zu und extrahiert die Attribute der Dokumente und Links auf die Dokumente. Zur Konfiguration des *Data-Extractors* musste eine XML-Konfigurationsdatei erstellt werden. Ein Ausschnitt dieser Datei ist in Listing 5.4 dargestellt.

In dieser XML-Konfigurationsdatei wird formal beschrieben, welche Daten aus dem Anwendungsmodul extrahiert werden sollen und wie diese transformiert werden müssen, um in ANP importiert werden zu können.

Nachdem in diesem Abschnitt die Umsetzung der Gesamtdokumentation der Anlage beschrieben wurde, wird im nächsten Abschnitt die Umsetzung der Abbildung der Anlage beschrieben.

### 5.4.2 Umsetzung der Abbildung der Anlage

Um die Anlage und deren Struktur abbilden zu können, müssen zunächst die Erzeugnisklassen identifiziert und angelegt werden. Folgende Erzeugnisklassen wurden exemplarisch für die Pulververbrennungsanlage identifiziert und angelegt:

- Niederspannungs-Drehstrom-Asynchronmotor (ELECTRIC MOTOR ASSET)
- Behälter (VESSEL ASSET)
- Luftvorwärmer (HEAT TRANSFER ASSET)
- Wärmeübergabe (HEAT TRANSFER ASSET)

- Tragwerkskonstruktion (STRUCTURE ASSET)
- Stetigförderer (mechanisch) (MISCELLANEOUS MECH ITEM ASSET)
- Schneckenförderer (MISCELLANEOUS MECH ITEM ASSET)
- Stetigförderer (pneumatisch) (PNEUMATIC ASSET)
- Rohrleitungsformstück (NOZZLE ASSET)
- Düse (NOZZLE ASSET)
- Reaktor (REACTOR ASSET)
- Rohrleitung (PIPELINE ASSET)
- Fackel (TORCH ASSET)
- Filter (FILTER ASSET)
- Rohr (PIPINGSEGMENT ASSET)
- Rohrbogen (ELBOW ASSET)

Es wurden nicht alle Erzeugnisse der Pulververbrennungsanlage klassifiziert, sondern nur zufällig ausgewählte Anlagenkomponenten. Erzeugnisse der Anlage, die keiner der Klassen zu-

```

1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2 <ConfigurationSettings>
3   <Datasource ConnectionString="Provider=Microsoft.ACE.OLEDB.12.0;WSS;IMEX=1;
4     RetrieveIds=Yes;DATABASE=xxx;List={xxx}"/>
5   <OutputFile File = "..\Output\SharepointDocuments_01_Gesamtdokumentation.xml"
6     />
7   <LogFile>..\SharepointDocuments_01_Gesamtdokumentation</LogFile>
8   <TemplateID>SharepointDocuments_01_Gesamtdokumentation_null.xml</TemplateID>
9   <Mapping Type="Object" UseIdForFileNames="true" Condition="not (contains (
10     substring-before(Name,_'#'),_'.'))">
11     <Context Value="IFF2"/>
12     <ID From="Titel"/>
13     <Association Type="is_classified_as">
14       <TargetClassID Value="Content_Folder"/>
15     </Association>
16     <Association Type="is_an_element_of">
17       <TargetID From="Pfad"/>
18       <TargetContext Value="IFF2"/>
19     </Association>
20     <Association Type="is_identified_by">
21       <TargetID ApplyBehaviour="concat(Pfad,_'/',_'Titel)"/>
22       <TargetContext Value="IFF2"/>
23     </Association>
24   </Mapping>
25   <Mapping Type="Object" UseIdForFileNames="true" Condition="contains (substring
26     -before(Name,_'#'),_'_.pdf')"></Mapping>
27   <Mapping Type="Object" UseIdForFileNames="true" Condition="contains (substring
28     -before(Name,_'#'),_'_.docx')"></Mapping>
29 </ConfigurationSettings>

```

Listing 5.4: Konfiguration des »Data-Extractors« für die Gesamtdokumentation der Pulververbrennungsanlage

geordnet werden können, können als unklassifizierte Erzeugnisse eingepflegt werden. Zur Umsetzung der Erzeugnisklassen konnten die in Klammern aufgeführten vordefinierten Klassen aus ANP verwendet werden.

Die eigentlichen Erzeugnisse wurden in Microsoft Excel verwaltet, das in dem Umsetzungsbeispiel der Pulververbrennungsanlage als Erzeugersystem für die Erzeugnisse und Anlagenstruktur dient.

Die Attribute der Erzeugnisse konnten in Excel entsprechende Spalten definiert werden. Folgende unternehmensspezifischen Attribute wurden mit Hilfe der in Klammern stehenden Spaltennamen umgesetzt:

- Erzeugnis-ID (Object-ID)
- Revision (ObjectRevision)
- ANP-Klasse (ObjectClass)
- Bezeichnung (ObjectName)
- eClass-ID (eClass)
- Hersteller (Vendor)
- Seriennummer (SerialNumber)
- Lebenszyklusstatus (Status)

Für die Erzeugnis-ID wurde eine Nummernsystematik festgelegt. Die Dokumenten-ID beginnt mit IFF, dann folgt ein Unterstrich, dann kommt die eCl@ss-Nummer, dann folgt wieder ein Unterstrich und eine fortlaufende zehnstellige Nummer.

Dann wurden die Erzeugnisse in die Excel-Tabelle eingepflegt. In Abbildung 5.23 ist ein Ausschnitt dieser Tabelle dargestellt.

ObjectID	ObjectName	eClass	Vendor
IFF_27-02-21-00_0000000561	AS 200 Getriebemotor	27-02-21-00	SEW-EURODRIVE
IFF_27-02-21-00_0000000562	AS 250 Getriebemotor	27-02-21-00	SEW-EURODRIVE
IFF_27-02-21-00_0000000563	AS 200 Getriebemotor	27-02-21-00	SEW-EURODRIVE
IFF_27-02-21-00_0000000564	AS 250 Getriebemotor	27-02-21-00	SEW-EURODRIVE
IFF_27-02-21-00_0000000565	AS 250 Getriebemotor	27-02-21-00	SEW-EURODRIVE
IFF_36-03-01-90_0000000352	Materialvorlagebehälter	36-03-01-90	grünbeck
IFF_36-03-01-90_0000000560	Materiallagerbehälter	36-03-01-90	
IFF_33-06-04-90_0000000901	Luftvorwärmer 100	33-06-04-90	spirex sarco
IFF_33-06-04-90_0000000902	Luftvorwärmer 150	33-06-04-90	spirex sarco
IFF_22-39-09-90_0000000903	Wärmeübertrager 200	22-39-09-90	
IFF_22-39-09-90_0000000904	Wärmeübertrager 200	22-39-09-90	
IFF_22-33-00-00_0000000001	Brennstoffaufbereitung BA	22-33-00-00	

Abbildung 5.23: Verwaltung der Erzeugnisse der Pulververbrennungsanlage

Der Lebenszyklus kann lediglich über die Spalte *Status* ausgedrückt werden. Ebenso ist es nicht möglich Genehmigungs- und Freigabeprozesse systemtechnisch zu unterstützen. Falls dies

gewünscht wird, muss auf ein anderes Erzeugersystem zurückgegriffen werden wie beispielsweise ein IPS- oder ERP-System.

Um Erzeugnisse entsprechend strukturiert abzulegen, ist eine Anlagenstruktur erforderlich. Für die Pulververbrennungsanlage wurde in ANP die in Abbildung 5.9 dargestellte allgemeine Anlagenstruktur umgesetzt. In Abbildung 5.24 ist ein Ausschnitt der in ANP umgesetzten Anlagenstruktur dargestellt.

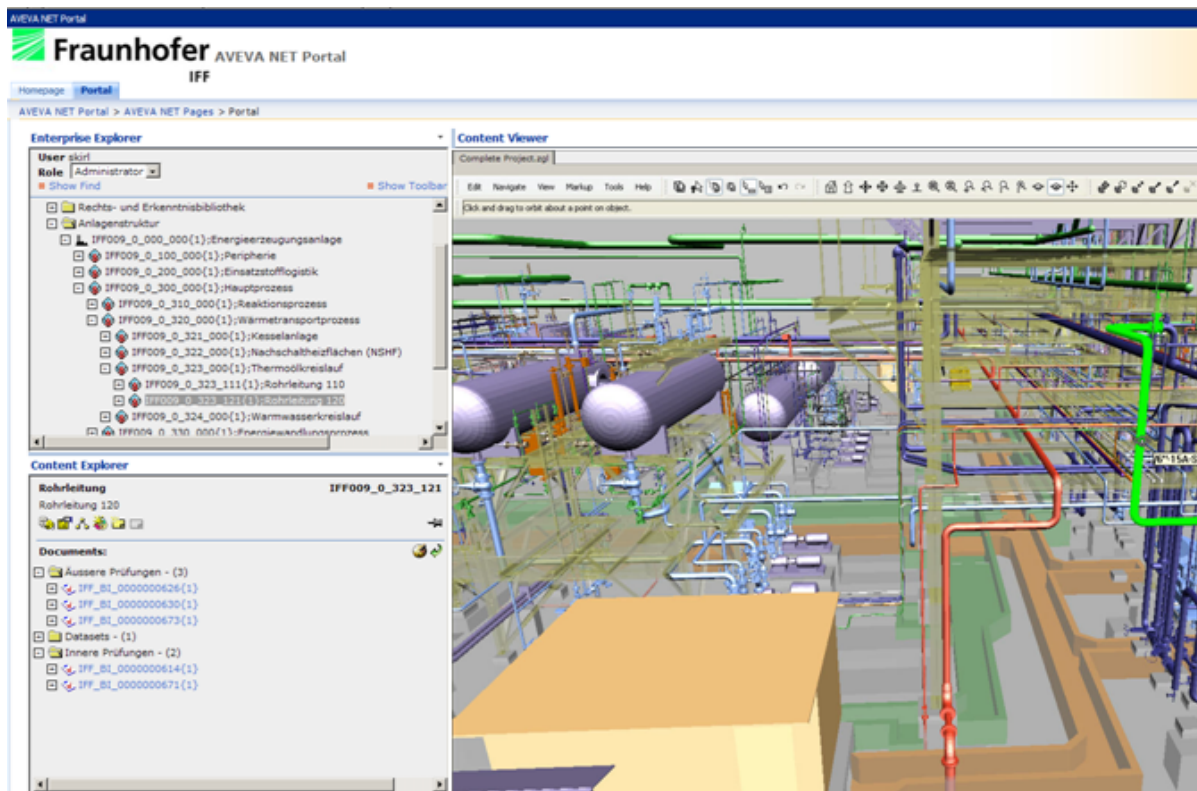


Abbildung 5.24: Umsetzung der Abbildung der Anlage in »AVEVA NET Portal«

Nachdem alle Erzeugnisse und die Anlagenstruktur in die Excel-Datei eingepflegt wurden, musste eine Schnittstelle zu ANP realisiert werden. Von ANP wird kein Gateway für Excel angeboten, so dass hier ebenso wie bei der Umsetzung der Gesamtdokumentation der *Data-Extractor* verwendet werden musste. Zur Konfiguration des *Data-Extractors* musste eine entsprechende XML-Konfigurationsdatei erstellt werden. Diese ist ähnlich wie die in Abbildung 5.6 dargestellte XML-Konfigurationsdatei zur Konfiguration des »Data-Extractors« für die Gesamtdokumentation der Pulververbrennungsanlage.

Um den Erzeugnissen und Dokumenten Elemente aus der Informationsbasis zuordnen zu können, um beispielsweise auszudrücken, dass ein Dokument entsprechend den Vorgaben einer Norm oder eines Gesetzes erstellt wurde, wurde eine Informationsbasis umgesetzt. Dies wird im nächsten Abschnitt erläutert.

### 5.4.3 Umsetzung der Informationsbasis

Die Informationsbasis für ähnlich umgesetzt wie die Gesamtdokumentation der Anlage. Um die Informationsbasis umsetzen zu können, mussten zunächst relevante Dokumentenarten aus dem spezifizierten Konzept für digitale Lebenslaufakten identifiziert und als Dokumentenarten in ANP angelegt werden. Folgende Dokumentenarten wurden dabei exemplarisch angelegt:

- Normen
- Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)
- Technische Regeln für Dampfkessel (TRD)
- VDI-Richtlinien
- VGB-Richtlinien

Dokumentenarten der Informationsbasis wurden so wie die Dokumentenarten der Gesamtdokumentation der Anlage mit Hilfe einer XML-Konfigurationsdatei angelegt, wie es bereits in Listing 5.3 dargestellt wurde.

Die eigentlichen Dokumente der Informationsbasis werden wie die Dokumente der Gesamtdokumentation der Anlage in dem Anwendungsmodul *Dokumenten-Management* von *Microsoft Windows SharePoint Services 3.0* verwaltet, das in dem Umsetzungsbeispiel als Erzeugersystem für diese Dokumente dient.

Zur Umsetzung der Attribute konnten vordefinierte Attribute aus dem Anwendungsmodul verwendet werden. Folgende unternehmensspezifischen Attribute wurden mit Hilfe der in Klammern stehenden vordefinierte Attribute für die Dokumentenarten der Informationsbasis umgesetzt:

- Dokumenten-ID (Name)
- Erstelldatum (Geändert am)
- Ersteller (Geändert)
- Titel (Titel)
- Dokumentenart (DocumentClassID)
- Version (Version)
- Lebenszyklusstatus (Genehmigungsstatus)

In dem Anwendungsmodul wurde der in Kapitel 4.2.1 beschriebene und in Abbildung 4.25 dargestellte Lebenszyklus für Dokumente der Informationsbasis umgesetzt. Für die Umsetzung der Genehmigungsprozesse konnte ein vordefinierter Genehmigungsworkflow verwendet werden, so dass im Anschluss die Dokumente eingepflegt werden konnten.

Um angelegte Dokumente der Informationsbasis strukturiert abzulegen, wurden die Dokumente entsprechend ihrer Dokumentenart in Ordner abgelegt. Nachdem alle Dokumente in das Anwendungsmodul eingepflegt wurden, musste eine Schnittstelle zu ANP realisiert werden. Da von ANP kein Gateway für das Anwendungsmodul angeboten wird, wurde hier wieder der *Data-Extractor* verwendet. Zur Konfiguration des *Data-Extractors* wurde ähnlich wie der in Listing 5.4 dargestellten Datei eine XML-Konfigurationsdatei für die Informationsbasis erstellt. In Abbildung 5.25 ist ein Ausschnitt der in ANP umgesetzten Informationsbasis dargestellt.

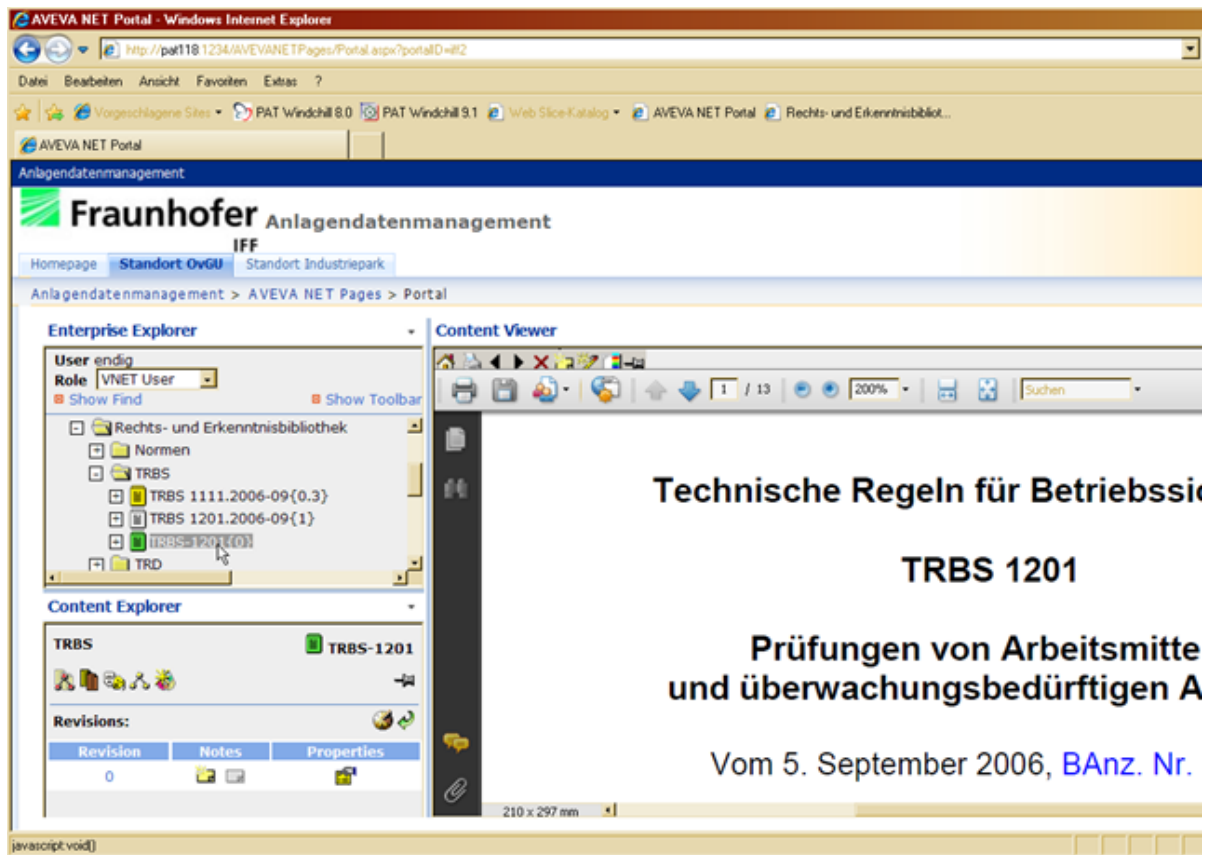


Abbildung 5.25: Umsetzung der Informationsbasis in »AVEVA NET Portal«

#### 5.4.4 Umsetzung der Prüfkakte

In ANP ist zunächst einmal keine Möglichkeit zur Abbildung von Prüfungen vorhanden. ANP bietet allerdings die Möglichkeit das Klassenmodell durch eigene Klassen zu erweitern, wie es bereits bei den Dokumentenarten der Informationsbasis und der Gesamtdokumentation der Anlage umgesetzt wurde.

Im ersten Schritt wurden die Dokumentenarten angelegt, die bei der Durchführung von Prüfungen erzeugt werden. Entsprechend des erarbeiteten Konzeptes der Lebenslaufakten sind das:

- Prüfplan
- Prüfbericht
- Prüfbescheinigung

Diese Dokumentenarten wurden wie die Dokumentenarten der Gesamtdokumentation der Anlage mit Hilfe einer XML-Konfigurationsdatei angelegt, wie es bereits in Listing 5.3 dargestellt wurde.



Die eigentlichen Dokumente werden wie die Dokumente der Gesamtdokumentation der Anlage oder der Informationsbasis in dem Anwendungsmodul *Dokumenten-Management* von *Microsoft Windows SharePoint Services 3.0* verwaltet, das in dem Umsetzungsbeispiel als Erzeugersystem für diese Dokumente dient.

Zur Umsetzung der Attribute konnten vordefinierte Attribute aus dem Anwendungsmodul verwendet werden. Es wurden die gleichen unternehmensspezifischen Attribute umgesetzt, wie bei den Dokumenten der Gesamtdokumentation der Anlage. Diese wurden bereits in Abschnitt 5.4.1 aufgelistet.

Dann wurden Prüfdokumente eingepflegt. Im nächsten Schritt musste eine Schnittstelle zu ANP realisiert werden. Da von ANP kein Gateway für das Anwendungsmodul angeboten wird, wurde hier wieder der *Data-Extractor* verwendet. Zur Konfiguration des *Data-Extractors* wurde ähnlich wie der in Listing 5.4 dargestellten Datei eine XML-Konfigurationsdatei für die Prüfdokumente erstellt.

Dann musste das Klassenmodell von ANP um die Klasse Prüfung erweitert werden. Die Klasse Prüfung wurde ebenso wie die Dokumentenarten der Gesamtdokumentation und der Informationsbasis mit Hilfe einer XML-Konfigurationsdatei angelegt. In Listing 5.5 ist die Konfiguration der Klasse »INSPECTION« in der XML-Konfigurationsdatei dargestellt.

```
1 <Class>
2   <ClassID>INSPECTION</ClassID>
3   <ParentClassID>FUNCTIONAL ARTEFACT</ParentClassID>
4   <ClassName>Prüfung</ClassName>
5   <PluralName>Prüfungen</PluralName>
6   <ClassIcon>Inspection.gif</ClassIcon>
7   <Visible>>true</Visible>
8 </Class>
```

Listing 5.5: Konfiguration der Klasse »INSPECTION« in einer XML-Konfigurationsdatei

Im nächsten Schritt mussten Attribute für die Dokumentenarten spezifiziert und angelegt werden. Folgende Attribute wurden spezifiziert:

- Starttermin
- Endtermin

IN ANP werden Attribute als Klassen in einer XML-Konfigurationsdatei definiert, die den Datentyp und den Anzeigenamen des Attributes definieren. Die so angelegten Attribute können dann in so genannten Datasets zusammengefasst werden und den Klassen zugeordnet werden. In Listing 5.6 ist die Konfiguration der Attribute in der XML-Konfigurationsdatei dargestellt.

Die eigentlichen Prüfungen wurden in Microsoft Excel verwaltet, das in dem Umsetzungsbeispiel als Erzeugersystem für Prüfungen dient. Von ANP wird kein Gateway für Excel angeboten, so dass hier ebenso wie bei der Abbildung der Anlage der *Data-Extractor* verwendet werden musste. Zur Konfiguration des *Data-Extractors* musste eine entsprechende XML-Konfigurationsdatei erstellt werden. Diese ist ähnlich wie die in Abbildung 5.6 dargestellte

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <?vnet xslt="NULL"?>
3 <vl:VNETList xmlns:vl="http://www.aveva.com/VNET/List" xmlns="http://
  www.aveva.com/VNET/eiwm">
4   <CharacteristicClass>
5     <ClassID>Starttermin</ClassID>
6     <ParentClassID>QUALITATIVE CHARACTERISTIC</ParentClassID>
7     <ClassName>Starttermin</ClassName>
8     <DataType>date</DataType>
9   </CharacteristicClass>
10
11  <CharacteristicClass>
12    <ClassID>Endtermin</ClassID>
13    <ParentClassID>QUALITATIVE CHARACTERISTIC</ParentClassID>
14    <ClassName>Endtermin</ClassName>
15    <DataType>date</DataType>
16  </CharacteristicClass>
17
18  <Class>
19    <ClassID>INSPECTION DATASET</ClassID>
20    <ParentClassID>DATASET</ParentClassID>
21    <ClassName>Pr $\tilde{A}$  $\frac{1}{4}$ fdataset</ClassName>
22    <PluralName>Pr $\tilde{A}$  $\frac{1}{4}$ fdatasets</PluralName>
23    <ClassIcon>document.gif</ClassIcon>
24    <Visible>true</Visible>
25    <MetaData>
26      <CharacteristicClassID>Starttermin</CharacteristicClassID>
27      <CharacteristicClassID>Endtermin</CharacteristicClassID>
28    </MetaData>
29  </Class>
30 </vl:VNETList>

```

Listing 5.6: Konfiguration der Attribute von Prüfungen in einer XML-Konfigurationsdatei

XML-Konfigurationsdatei zur Konfiguration des »Data-Extractors« für die Gesamtdokumentation der Pulververbrennungsanlage.

Im nächsten Schritt musste nun noch eine wesentliche Eigenschaft aus dem Konzept umgesetzt werden: die Zuordnung der erforderlichen und optionalen Dokumentarten zu einer Prüfung. Die Datenhaltung erfolgt in ANP in einem Datenbanksystem, so dass für die Abbildung der Dokumentationsanforderungen eine entsprechende Tabelle angelegt wurde, über die eine Zuordnung zwischen Dokumentenart und Prüfung möglich ist.

Um nun diese Anforderungen überprüfen zu können, wurden mit Hilfe des *SQL Server Reporting Services* so genannte Reports erstellt und in ANP integriert. Die Grundlage für die Erstellung eines Reports ist eine Datenbankanfrage, die beim Aufruf des Reports ausgeführt wird. In Abbildung 5.26 ist ein Ausschnitt eines Reports dargestellt.

Um den Status der Prüfungen und der zugeordneten Dokumente intuitiv erfassbar darzustellen, wurde eine Ampelmetapher verwendet. Damit lässt sich auf einen Blick erkennen, welche Prüfungen im Plan sind, wo noch Nacharbeiten durchzuführen sind oder wo Probleme

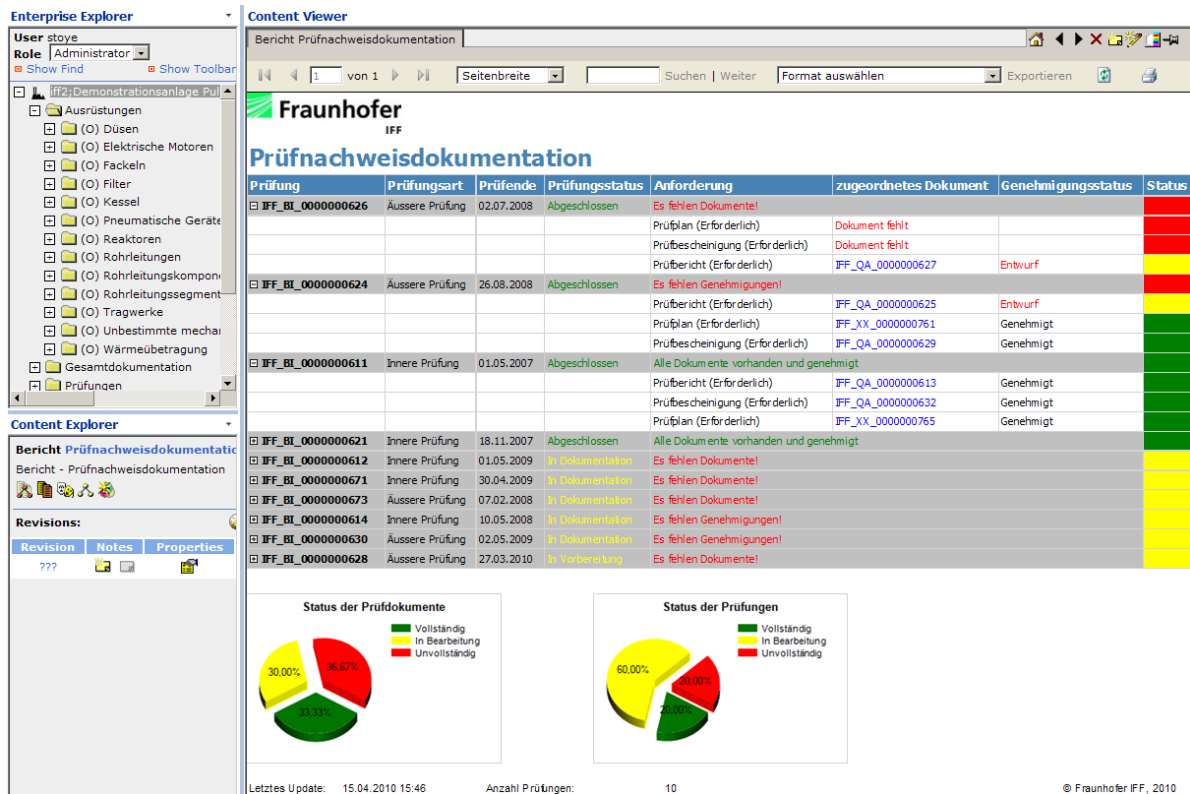


Abbildung 5.26: Report Prüfungen

me aufgetreten sind. Die Farben entsprechend den Kriterien, die schon bei der Umsetzung in Windchill definiert wurden und in Tabelle 5.2 aufgelistet sind.

Nachdem in diesem Abschnitt beschrieben wurde, wie das Konzept für digitale Lebenslaufakten bezüglich Prüfungen umgesetzt wurde, wird im nächsten Abschnitt beschrieben, wie die Abbildung der Anforderungen an die Gesamtdokumentation der Anlage umgesetzt wurde.

#### 5.4.5 Umsetzung der Abbildung der Anforderungen an die Gesamtdokumentation der Anlage

Um die Anforderungen an die Gesamtdokumentation der Anlage abzubilden, wurde im Konzept für digitale Lebenslaufakten spezifiziert, dass dafür Dokumentenarten Erzeugnisklassen zugeordnet werden können. Da die Datenhaltung in ANP über ein Datenbanksystem realisiert ist, konnte diese Zuordnung in Form einer Tabelle in dem Datenbanksystem realisiert werden, über die eine Zuordnung zwischen Dokumentenart und Erzeugnisklasse möglich ist.

Um nun diese Anforderungen überprüfen zu können, wurden wie bei der Überprüfung der Dokumentationsanforderungen für Prüfungen mit Hilfe des *SQL Server Reporting Services* sogenannte Reports erstellt und in ANP integriert. Die Grundlage für die Erstellung eines Reports ist eine Datenbankabfrage, die beim Aufruf des Reports ausgeführt wird. Die Datenbankabfrage ist in Listing 5.7 dargestellt.

```

1 CREATE VIEW [iff2].[iff_allAssetsWithPOData] AS
2     SELECT MPOName, MPOFullName, MPODescription, MPOLCSTATE, B.FPOName,
3         FPOFullName, FPODescription, FPORevision, Einbautermin,
4         Ausbautermin, Prueffrist, POLCSTATE
5     FROM
6     (
7         SELECT DISTINCT TagName AS MPOName, TagFullName AS MPOFullName,
8             TagDescription AS MPODescription, LCSTATE AS MPOLCSTATE
9         FROM IFF2.iff2.REP_TransposedTagAttributes
10        WHERE TagClassName LIKE '%_ASSET'
11    ) as A join
12    (
13        SELECT SourceName AS FPOName, SourceFullName AS FPOFullName,
14            SourceRevision AS FPORevision, TargetName
15        FROM IFF2.iff2.REP_Associations
16        WHERE AssociationName = 'is_materialized_by'
17    ) as B on A.MPOName = B.TargetName join
18    (
19        SELECT TagName AS FPOName, TagDescription AS FPODescription,
20            SUBSTRING( SUBSTRING(DatasetName, LEN(DatasetName)-12,14), 0,
21                2) AS FPORev, Einbautermin, Ausbautermin, INSPERIOD AS
22            Prueffrist, LCSTATE AS POLCSTATE
23        FROM IFF2.iff2.REP_TransposedTagAttributes
24        WHERE DatasetClassName LIKE 'PHYSICAL%'
25    ) as C on B.FPOName = C.FPOName AND B.FPORevision = C.FPORev

```

Listing 5.7: Datenbankanfrage zur Erstellung eines Reports für die Gesamtdokumentation der Anlage

Der Report für die Überprüfung der Anforderungen bezüglich der Gesamtdokumentation der Anlage ist ähnlich dem in Abbildung 5.26 dargestellten Report zur Überprüfung der Dokumentationsanforderungen für Prüfungen.

Um den Status der Dokumentation intuitiv erfassbar darzustellen, wurde wie bei dem Report Prüfungen eine Ampelmetapher verwendet. Damit lässt sich auf einen Blick erkennen, welche Dokumentationsanforderungen erfüllt werden, wo noch Nacharbeiten durchzuführen sind oder wo Dokumente fehlen. Die Farben entsprechend den Kriterien, die schon bei der Umsetzung in Windchill definiert wurden und in Tabelle 5.3 aufgelistet sind.

## 5.5 Erfahrungen bei der Anwendung der digitalen Lebenslaufakte

Um das erstellte Konzept der digitalen Lebenslaufakte zu testen, wurden einige Validierungsszenarien erstellt, die sich aus den erstellten Anwendungsszenarien ableiten ließen. Anhand dieser Validierungsszenarien erfolgt eine qualitative Validierung des Konzeptes. Folgende Validierungsszenarien wurden spezifiziert:

**Überprüfung der Gesamtdokumentation einer Anlage:** Es soll eine Prüfung der Dokumentation der Anlage durchgeführt werden, um die Qualität der abgelegten Informationen sicher zu stellen und auf eine mögliche Überprüfung der Behörde vorbereitet zu sein. Dazu wird in der digitalen Lebenslaufakte ein Bericht erstellt, indem folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- Aus welchen Gruppen und Einzelteilen besteht die Anlage?
- In welchem Lebenszyklusstatus befinden sich die Gruppen und Einzelteile?
- Welche Dokumente sind aus Sicht der Dokumentation den einzelnen Bestandteilen der Anlage zugeordnet?
- Welche Dokumente sind für die Dokumentation erforderlich?
- Liegen die erforderlichen Dokumenten im geforderten Lebenszyklusstatus vor?

Dieser Bericht liefert eine Übersicht, welche Dokumente nachzupflegen sind beziehungsweise welche noch nicht in einem notwendigen Lebenszyklusstatus vorliegen. Der Bericht wird ausgewertet und pflegt fehlende Dokumente nach oder klärt, warum ein Teil der Dokumenten nicht im geforderten Lebenszyklusstatus vorliegen und überführt sie in den erforderlichen Lebenszyklusstatus. Danach kann der Bericht erneut erstellt werden, um den Erfolg zu prüfen. Falls weitere Arbeiten notwendig sind, werden diese durchgeführt, bis alle erforderlichen Dokumente im benötigten Lebenszyklus vorliegen.

**Durchführung einer Prüfung:** Aufgabe in diesem Validierungsszenario ist die Durchführung einer Ultraschallprüfung an einer Schweißnaht eines Rohrbogens. Zunächst muss eine Prüfung zu dem Rohrleitungsbogen in der digitalen Lebenslaufakte angelegt werden. Nun muss ein Prüfplan zu der Prüfung in der digitalen Lebenslaufakte angelegt werden, in dem die Ultraschallprüfung der Schweißnaht als Prüfaufgabe eingetragen ist. Nachdem der Prüfplan erstellt wurde, muss dieser genehmigt und freigegeben werden. Sobald der Prüfplan freigegeben wurde, kann mit der Durchführung der Prüfung begonnen werden und die einzelnen Prüfaufgaben, die in dem Prüfplan enthalten sind, werden durchgeführt. Im diesem Fall ist die Durchführung einer Ultraschallprüfung an der Schweißnaht des Rohrleistungsbogens die einzige Prüfaufgabe im Prüfplan. Zuerst bereitet der Prüfdienstleister die Prüfung vor. So arbeitet er beispielsweise die Richtlinien auf, die bezüglich des eingesetzten Prüfverfahrens gelten, falls ihm diese nicht bekannt sind. Im Falle der Ultraschallprüfung sind dies beispielsweise

- DIN EN 583-1: Zerstörungsfreie Prüfung - Ultraschallprüfung
- DIN EN 1330: Zerstörungsfreie Prüfung - Terminologie: Begriffe der Ultraschallprüfung
- DIN EN 1712: Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen - Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen - Zulässigkeitsgrenzen
- DIN EN 1713: Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen - Ultraschallprüfung - Charakterisierung von Anzeigen in Schweißnähten
- DIN EN 1714: Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen - Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen

Diese können in der digitalen Lebenslaufakte der Prüfung zugeordnet werden, damit später nachvollzogen werden kann, welche Richtlinien bei der Durchführung berücksichtigt wurden. Nachdem die Vorbereitung abgeschlossen ist, kann mit der Prüfung der Schweißnaht begonnen werden. Parallel werden die Prüfergebnisse aufgezeichnet. Dies kann ein Foto oder eine Ultraschalaufnahme von der Schweißnaht sein. Die Überprüfung endet wenn die erforderlichen Prüfergebnisse aufgezeichnet wurden. Anschließend kann die Prüfung der sicheren Funktion erfolgen, die einen gefahrenlosen Weiterbetrieb des Rohrleitungsbogens gewährleisten soll. Die Durchführung der Prüfung ist nun beendet und es beginnt die Dokumentation der Prüfung.

Die Dokumentation beginnt mit der Befundung der aufgezeichneten Prüfergebnisse. Auf Basis einer Vorlage legt der Prüfdienstleister einen Prüfbericht zu der Prüfung in der digitalen Lebenslaufakte an. Dieser enthält den Prüfplan mit den Prüfaufgaben, die Prüfergebnisse mit Befundung, die Dokumentation der eingesetzten Mess- und Prüftechnik, die Dokumentation des eingesetzten Mess- und Prüfverfahrens und den Qualifikationsnachweis des Prüfdienstleisters. Der Prüfbericht wird nach der Bearbeitung in der digitalen Lebenslaufakte genehmigt und freigegeben. Ist eine Prüfbescheinigung erforderlich, wird diese ebenfalls vom Prüfdienstleister in der digitalen Lebenslaufakte angelegt, bearbeitet, genehmigt und freigegeben. Die Dokumentation der Prüfung ist daraufhin beendet und die Prüfung kann in der digitalen Lebenslaufakte als abgeschlossen markiert werden.

Die Bewertung der zwei umgesetzten Systeme wurde mit zwei Gruppen durchgeführt. Die erste Gruppe waren die Experten aus dem Fraunhofer IFF, die auch schon an der Anforderungsanalyse beteiligt waren, und die zweite Gruppe bestand aus zwei Experten der TÜV Rheinland AG und zwei Experten für zerstörungsfreie Prüfungen, die ebenfalls an der Anforderungsanalyse beteiligt waren. Mit beiden Gruppen wurde ein Workshop veranstaltet. Die erste Gruppe führte das Testszenario x und das Testszenario y durch. Die zweite Gruppe dagegen führte das Testszenario a und das Testszenario b durch. Danach wurden den Gruppen das Konzept und die beiden systemtechnischen Realisierungen zur Diskussion gestellt.

Die Mitglieder der ersten Gruppe waren zum Teil im Umgang mit Windchill vertraut, da dieses bereits bei der Entwicklung der Anlage eingesetzt wurde. Die Gruppe wurde schwerpunktmäßig ausgewählt, um zu untersuchen, inwieweit das PDM-System, das bereits im Digital Engineering eingesetzt wird, auch in der Betriebsphase der Anlage eingesetzt werden kann. Hier wurde die Übersicht über die erforderlichen Dokumente, die zu einer Gesamtdokumentation der Anlage gehören, die in beiden Systemen vorhanden ist, als wesentliche Verbesserung auch für die Übergabe der Anlage identifiziert. Des Weiteren wurde die dreidimensionale Repräsentation in Verbindung mit den zweidimensionalen Zeichnungen und Fließschemata als Navigationsinstrument als Arbeitserleichterung eingestuft wurden. Die zweistufigen Freigabeprozesse der Dokumente wurden allerdings zu aufwändig eingeschätzt. Hier sollte in einem Langzeitversuch validiert werden, inwieweit die erforderliche Qualität der Lebenslaufakte unter einem einfachen einstufigen Freigabeprozess immer noch erreicht werden kann.

Die Mitglieder der zweiten Gruppe waren Experten, die im Bereich von Prüfungen nach BetrSichV und der Möglichkeit zur Prüffristenverlängerung aktiv sind. Die Gruppe wurde ausgewählt, um zu untersuchen, inwieweit die umgesetzten Systeme Prüfungen unterstützen können und ein Werkzeug zur Nutzung der Möglichkeit der Prüffristenverlängerung darstellt. Auch hier wurde die Übersicht über die erforderlichen Dokumente als wesentliche Verbesserung identifiziert. Bei der zweiten Gruppe lag allerdings der Schwerpunkt auf der Darstellung

der erforderlichen Dokumente zu einer Prüfung und nicht zu der Gesamtdokumentation einer Anlage. Auch diese Übersicht ist in beiden Systemen vorhanden. Ein weiterer Vorteil, der in dem Portal-System identifiziert werden konnte, war die Verknüpfung der einzelnen Prüfpunkte an den Erzeugnissen der Anlage sowohl in den zweidimensionalen Zeichnungen als auch in dem dreidimensionalen Modell der Anlage mit den zugeordneten Prüfungen. Dieses Navigationsinstrument wurde als Erleichterung in den Datenbeständen der digitalen Lebenslaufakte eingeschätzt. Darüber hinaus ist eine entsprechende Systemunterstützung es laut Expertenmeinung ein mögliches Werkzeug, um die Prüffristenverlängerung zu erwirken. Mängel, die in das Konzept der digitalen Lebenslaufakte oder der Umsetzung in den beiden Systemen einfließen können, wurden nicht identifiziert. Somit wurde mit beiden Umsetzungen der digitalen Lebenslaufakte ein Umsetzungsstand erreicht, mit dem in einer Langzeitvalidierung der Betrieb der Pulververbrennungsanlage unterstützt werden kann und mit dem die Möglichkeit der Prüffristenverlängerung genutzt werden kann.

## 5.6 Validierungsmethode

Um die Ergebnisse dieser Arbeit nicht nur qualitativ sondern auch quantitativ bewerten zu können, sollte eine Probandenstudie durchgeführt werden. Im Folgenden wird eine Vorgehensweise solch einer Studie vorgestellt, die im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt werden konnte. Basierend auf der vorgestellten Vorgehensweise kann eine Studie ausgearbeitet werden, in der untersucht wird, inwieweit sich die betrachteten Prozesse effizienter oder effektiver unter Verwendung der digitalen Lebenslaufakte durchführen lassen.

Aus den erstellten Validierungsszenarien, die in Abschnitt 5.5 lassen sich konkrete Aufgaben für die Probanden ableiten. Die Probanden werden in vier Gruppen eingeteilt. Die erste Gruppe führt die Aufgaben nur mit elektronischen Dokumenten durch, die in einem Dateisystem abgelegt sind. Die zweite Gruppe führt die Aufgaben unter Verwendung der erstellten Lösung mit Windchill PDMLink durch. Die dritte Gruppe führt die Aufgaben mit den Erzeugersystemen durch, die in ANP integriert wurden, aber ohne die erstellte Lösung in ANP. Die vierte Gruppe nutzt die Erzeugersysteme und die erstellte Lösung in ANP. Zusätzlich zu der reinen Analyse der Durchführung der Aufgabe, sollen noch die Vorkenntnisse der Probanden mit digitalen Technologien ermittelt werden, um zu validieren, ob Nutzer mit wenig Vorkenntnissen besonderer Qualifizierungsmaßnahmen vor der Einführung einer digitalen Lebenslaufakte benötigen. Dafür sollten die Probanden die in Tabelle 5.4 aufgeführten Fragen beispielsweise in Form eines Fragebogens beantworten.

Zu Beginn und nach Abschluss des Versuchs sollten die Probanden zusätzlich ihr persönliches Befinden erfassen. Damit kann die Nutzerakzeptanz der digitalen Lebenslaufakte untersucht werden, in dem die Motivationslage der Nutzer dokumentiert wird, um darauf aufbauend einen Rückschluss auf mögliche Hindernisse bei der Nutzerakzeptanz zu ziehen. Mit Hilfe der Eigenzustandsskala nach [Nit76] kann das individuelle Befinden und die Motivationslage von Personen nach einem etablierten Verfahren beurteilt werden. Dieses Verfahren kann nach [Luc95] sehr gut für arbeitswissenschaftliche Untersuchungen angewandt werden, so dass es sich auch für die Untersuchung im Zusammenhang mit die digitalen Lebenslaufakte eignet. In Tabelle 5.5 ist ein Ausschnitt der Eigenzustandsskala nach [Nit76] dargestellt. Diese sollte von den Probanden als Fragebogen vor und nach dem Versuch ausgefüllt werden. Eine positive

Aussage	nicht zutreffend	zutreffend
Ich habe gute Erfahrungen mit verfahrenstechnische Anlagen zur Verwertung von Biomasse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe gute Erfahrungen mit Dokumentationen von Anlagen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe gute Erfahrungen im Umgang mit Dokumentenmanagementsystemen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe gute Erfahrungen im Umgang mit Produktdatenmanagementsystemen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe gute Erfahrungen im Umgang mit Webportalen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe gute Erfahrungen mit 3D-Modellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabelle 5.4: Aussagen zur Einschätzung der Vorerfahrung der Probanden

	kaum	etwas	einigermaßen	ziemlich	überwiegend	völlig
Faktor	1	2	3	4	5	6
gespannt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
schläfrig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
beliebt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kraftvoll	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
gutgelaunt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
routiniert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
anstrengungsbereit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
unbefangen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
energiegeladen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
geachtet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
heiter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ausdauernd	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
sorgenfrei	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
selbstsicher	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ausgeruht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
überlegen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
erholungsbedürftig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
zufrieden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
unternehmungslustig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...						

Tabelle 5.5: Auszug aus der Eigenzustandsskala nach [Nit76]



Einschätzung der gegenwärtigen Handlungslage der Probanden wird durch hohe Werte für die einzelnen Faktoren ausgedrückt.

Bei der Eigenzustandsskala nach [Nit76] handelt es sich um ein Verfahren, bei dem das derzeitige Befinden einer Person hierarchisch-mehrdimensional erfasst werden kann. Dabei werden die Beanspruchung, Motivation und Stimmung einer Person betrachtet. In Abbildung 5.27 ist die hierarchisch-mehrdimensionale Befindlichkeitsskalierung nach [Nit76] dargestellt. Durch die Bewertung des Eigenzustands der Probanden vor und nach dem Versuch können Änderungen im Eigenzustand erfasst werden. Diese Änderungen die zwischen dem Beginn und dem Ende der Durchführung einer Aufgabe festgestellt werden, spiegeln nach [Luc95] die Wirkung der Aufgabe auf den Eigenzustand wider.

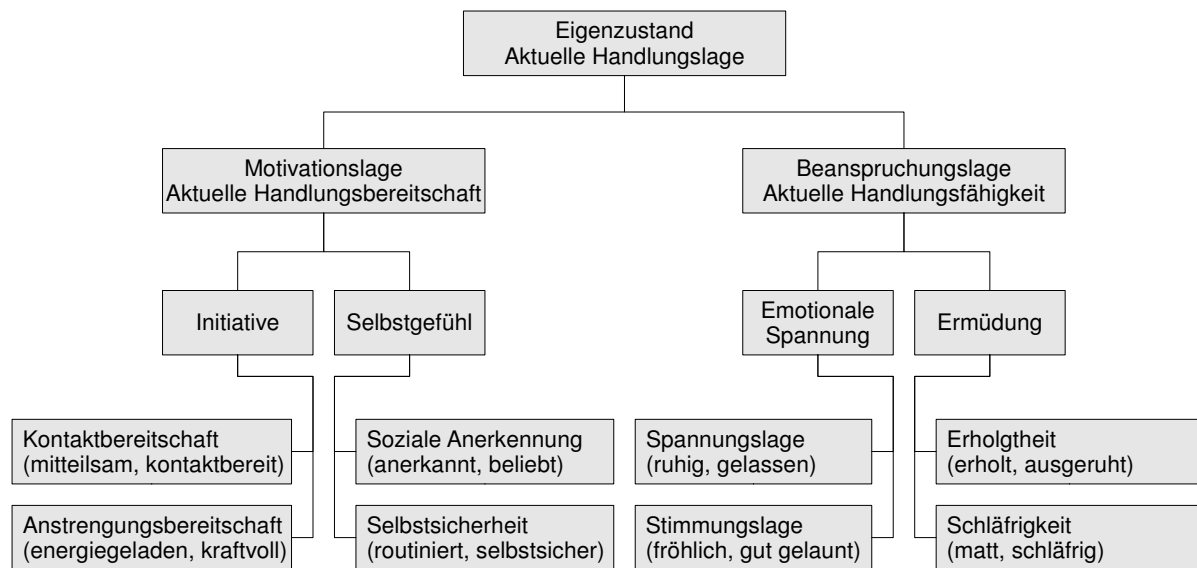


Abbildung 5.27: Hierarchisch-mehrdimensionale Befindlichkeitsskalierung nach [Nit76]

Zu Beginn des Versuchs sollten die Probanden über den Zweck der Studie informiert werden und eine Einführung in die Funktionsweise der jeweiligen Werkzeuge erhalten, die für die Durchführung der Aufgabe zur Verfügung gestellt werden. Nach der Einführung und dem Ausfüllen der zwei Fragebögen zu den Vorerfahrungen und dem Eigenzustand kann die Aufgabe von den Probanden gelöst werden. Um die Ergebnisse der Versuche vergleichen zu können, sollte Versuchszeit und -dauer bei jedem Probanden gleich sein. Die Aufgabe sollte in der vorgegebenen Zeit mit den zur Verfügung gestellten Hilfsmitteln gelöst werden können. Die Erfüllung der einzelnen Aufgaben der Validierungsszenarien dokumentieren die Probanden beispielsweise in Form einer Checkliste, um nach Abschluss prüfen zu können, welche Aufgaben gelöst werden konnten. Zusätzlich sollten von der Person, die den Versuch überwacht, Beobachtungen zum Verhalten bei der Durchführung der Aufgaben aufgezeichnet und dokumentiert werden.

Nachdem die Versuchsdurchführung beendet wird, sollte wie bereits erwähnt, erneut ein Fragebogen zur Bewertung des Eigenzustands ausgefüllt werden. Zusätzlich sollte Feedback zur Versuchsdurchführung eingeholt werden. Dazu kann ebenfalls ein Fragebogen genutzt werden. In Tabelle 5.6 sind mögliche Fragen für diesen Fragebogen aufgeführt. Wenn andere Werkzeuge die Probanden besser bei ihren Aufgaben unterstützen können, sollten diese von den Probanden

angegeben werden. Zusätzlich zu diesen Fragen sollten die Probanden noch Vor- und Nachteile angeben, die Sie bei der Nutzung der zur Verfügung gestellten Hilfsmittel gesehen haben.

Aussage	trifft gar nicht zu	trifft wenig zu	trifft einge- schränkt zu	trifft zu	trifft voll zu
Ich habe das Gefühl, alle Aufgaben effizient und effektiv gelöst zu haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die zur Verfügung stehende Zeit war für die Lösung der Aufgaben ausreichend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Benutzung der zur Verfügung stehenden Werkzeuge war intuitiv verständlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die zur Verfügung gestellten Werkzeuge haben mich gut bei meiner Aufgabe unterstützt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Andere Werkzeuge hätten mich besser bei meiner Aufgabe unterstützen können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabelle 5.6: Fragen für das Probandenfeedback

Danach sollten die ausgefüllten Fragebögen der Probanden und die Aufzeichnungen der Person, die den Versuch überwacht, mit Hilfe statistischer Methoden wie beispielsweise Mittelwert und Standardabweichung ausgewertet werden.

## 5.7 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde das aus Kapitel 4 erarbeitete Konzept für digitale Lebenslaufakten für eine konkrete Anlage auf Basis von zwei bereits existierenden Softwaresystemen umgesetzt. Dazu wurden zunächst mögliche Systemklassen für die Umsetzung analysiert und bewertet. Zwei Systemklassen wurden für die Umsetzung ausgewählt, um zu validieren, ob und wie weit das erarbeitete Konzept mit verschiedenen Systemklassen umgesetzt werden kann. Für die Umsetzung wurden das PDM-System Windchill 9.1 PDMLink von der Parametric Technology Corporation und das Portal-System AVEVA NET Portal 3.6.SP2 von der AVEVA Group Plc verwendet. Dann wurde die Pulververbrennungsanlage, für die das erarbeitete Konzept angewendet und umgesetzt werden soll, vorgestellt. Im Anschluss wurde zunächst die Umsetzung mit Windchill detailliert beschrieben. Im letzten Abschnitt dieses Kapitels wurde die Umsetzung des Konzeptes der Lebenslaufakte mit ANP detailliert vorgestellt. Um eine qualitative Bewertung der erzielten Ergebnisse vorzunehmen, wurden zunächst Workshops mit Experten durchgeführt, in denen die Anwendung der digitalen Lebenslaufakte und der zwei erstellten

Werkzeuge an Hand von Validierungsszenarien dargestellt wird und diese zur Diskussion gestellt werden. Um diese Ergebnisse auch noch quantitativ bewerten zu können, muss noch eine Probandenstudie durchgeführt werden. Diese konnte im Rahmen dieser Arbeit leider nicht durchgeführt werden. Allerdings wurde im letzten Abschnitt dieses Kapitels eine Vorgehensweise für die Durchführung einer Probandenstudie vorgestellt. Im nächsten Kapitel wird diese Arbeit zusammengefasst und ein Ausblick über zukünftige Arbeiten gegeben.



## Kapitel 6

# Zusammenfassung und Ausblick

Um wettbewerbsfähig zu bleiben, wollen Anlagenbetreiber ihre Anlagen wirtschaftlich betreiben und die Gesamtanlageneffektivität erhöhen. Dafür ist es erforderlich, dass die Unternehmen die Prozesse der Betriebsphase optimieren. Hier können moderne Modelle, Methoden und Werkzeuge aus der Informatik helfen, die Betriebsprozesse optimal zu unterstützen. Eine effiziente Unterstützung dieser Prozesse ist allerdings nur mit einem vollständigen und aktuellen Datenbestand möglich, der in der erforderlichen Qualität vorliegt [Hän07]. Basierend auf diesem Daten-, Informations- und Dokumentenbestand kann der aktuelle Zustand von Anlagenkomponenten bestimmt werden. Darauf aufbauend kann beispielsweise eine »Zustandsabhängige Instandhaltung« umgesetzt werden, um Instandhaltungsmaßnahmen auf ein erforderliches Maß reduzieren zu können. Dies führt im Ergebnis zu einer erhöhten Wirtschaftlichkeit des Anlagenbetriebs.

Darüber hinaus kann ein aktueller und vollständiger Daten-, Informations- und Dokumentenbestand bei der Einhaltung rechtlicher Anforderungen, die im Anlagenbetrieb eingehalten werden müssen, einzuhalten. Es existieren allerdings eine Vielzahl von Gesetzen und Verordnungen, die Anforderungen bezüglich der Sicherheit oder dem Umweltschutz festlegen. Zusätzlich werden in vielen Richtlinien, Normen und Technischen Regeln allgemein anerkannte Regeln beschrieben, die zwar keinen verbindlichen Charakter haben und lediglich Empfehlungen darstellen. Jedoch kann aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften oder anderen Rechtsnormen eine Anwendungspflicht ergeben [DIN01]. Ebenso muss bei Nicht-Anwendung oder grober Abweichung von diesen allgemein anerkannten Regeln der Technik bei zivil- oder strafrechtlichen Sachverhalten ein schlüssiger Beweis angetreten werden, wieso diese nicht angewendet wurden [BBH<sup>+</sup>05, Web08]. Andernfalls ist davon auszugehen, dass nicht gemäß Stand der Technik gearbeitet wurde und eine fahrlässige Handlung vorliegt [Web08]. Neben den zivil- oder strafrechtlichen Risiken, die bei Nichteinhaltung der rechtlichen Anforderungen drohen, kann auch die Anlage auf behördliches Anraten still gelegt werden, was einen wirtschaftlichen Schaden nach sich zieht. Allerdings bieten die rechtlichen Regularien auch Gestaltungsspielräume an, die Betreiber nutzen können, um die Wirtschaftlichkeit ihrer Anlagen zu steigern, wie beispielsweise die Möglichkeit einer Prüffristenverlängerung nach BetrSichV. Allerdings setzen auch diese Möglichkeiten eine aktuelle, vollständige und qualitativ hochwertige Dokumentation der Anlage voraus. Daher sollte jeder Betreiber ein Interesse haben, eine aktuelle und vollständige Dokumentation seiner Anlage parat zu haben, die auch in der erforderlichen Qualität vorliegt.

Die Pflege und effiziente Nutzung der Dokumentation einer Anlage kann durch Modelle, Methoden und Werkzeuge aus der Informatik unterstützt werden. Allerdings wird die Pflege einer rechtskonformen Gesamtdokumentation einer Anlage für den Betreiber zu einer hochkomplexen Aufgabe, da diese Anforderungen über diverse Rechtsquellen verstreut sind und nicht zusammenfassend aufbereitet wurden. Wenn die Regeln aus den Rechtsquellen in den Datenschemata berücksichtigt werden, die in Unterstützungswerkzeugen als Grundlage dienen, kann gerade Anlagenbetreibern, die zu kleinen und mittleren Unternehmen zählen, ein Werkzeug bereit gestellt werden, um die Betriebsprozesse optimal zu unterstützen und dabei die rechtlichen Anforderungen zu erfüllen.

Aus dieser Ausgangssituation ließ sich die Zielstellung dieser Arbeit ableiten. Die Zielstellung war die Entwicklung eines Konzeptes für digitale Lebenslaufakten, um eine aktuelle Daten- und Informationsbasis für verfahrenstechnische Anlagen innerhalb der Lebenszyklusphase Betrieb aufzubauen und kontinuierlich zu pflegen, in der auch die rechtlichen Anforderungen abgebildet werden. Dazu sollten vorkonfigurierte Informationsmodelle entwickelt werden, um die Anpassungskosten für Werkzeuge zu senken und auch KMU entsprechende Werkzeuge verfügbar machen zu können.

## 6.1 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde ein Informationsmodell für digitale Lebenslaufakten entwickelt, um eine aktuelle Daten- und Informationsbasis für verfahrenstechnische Anlagen zu erstellen. In dem entwickelten Informationsmodell wurden darüber hinaus Anforderungen an die Gesamtdokumentation, die aus existierenden Rechtsquellen resultieren, abgebildet, um so Anlagenbetreiber eine Wissensbasis zu diesen Anforderungen bereitzustellen und später eine automatisierte Konformitätsprüfung der Gesamtanlagendokumentation zu ermöglichen.

Dazu wurde in Kapitel 1 zunächst die Zielstellung der vorliegenden Arbeit motiviert und die Notwendigkeit von digitalen Lebenslaufakten für verfahrenstechnische Anlagen in einer Problemdefinition erläutert. Darauf aufbauend wurde die Zielstellung und wissenschaftlichen Hypothese, die in dieser Arbeit untersucht werden soll, abgeleitet. Im Anschluss daran wurde das Vorgehensmodell nach [DP84] für angewandte Forschung vorgestellt, das dieser Arbeit zu Grunde liegt und der Aufbau der Arbeit erläutert.

In Kapitel 2 wurden die verschiedenen Realisierungsaspekte vorgestellt, die bei der Entwicklung digitaler Lebenslaufakten berücksichtigt werden müssen. Dabei wurde zunächst der Prozessaspekt betrachtet und Prozesse wie der Anlagenlebenszyklus definiert, Geschäftsprozesse, die für die digitale Lebenslaufakte von Bedeutung sind, analysiert und hinsichtlich Schwachpunkten ausgewertet und existierende Vorgehensweisen bei Freigabeprozessen vorgestellt. Im Anschluss daran wurde der Daten-, Informations- und Dokumentenaspekt betrachtet und existierende Produktdatenmodelle, Konzepte für Produktstrukturen, Nummern- und Klassifikationssysteme und Konzepte zur Umsetzung der Gesamtdokumentation einer Anlage vorgestellt. Da viele Werkzeuge innerhalb des Anlagenlebenszyklus eingesetzt werden, müssen diese bei der Realisierung der digitalen Lebenslaufakte berücksichtigt werden. Diese wurden hinsichtlich ihrer Funktion vorgestellt und eine Anbieteranalyse existierende IT-Lösungen für den Betrieb durchgeführt. Da viele rechtliche Rahmenbedingungen beim Betrieb von Anlagen eingehalten werden müssen beziehungsweise Gestaltungsspielräume ermöglichen, um eine Anlage wirt-

schaftlicher betreiben zu können, wurden diese ebenfalls untersucht. Auf Basis der untersuchten Realisierungsaspekte und der Ergebnisse durchgeführter Anforderungsanalysen wurden Anforderungen an die digitale Lebenslaufakte abgeleitet.

In Kapitel 3 wurden mögliche Realisierungsstrategien vorgestellt, um das Konzept der digitalen Lebenslaufakte zu erarbeiten und umzusetzen. Entsprechende Vorgehensmodelle wurden vorgestellt und diskutiert. Dabei wurde der Unified Process für diese Arbeit ausgewählt, der die Verwendung der Unified Modeling Language voraus setzt. Die Notation von UML wurde im nächsten Schritt vorgestellt und erläutert, wie UML im Unified Process angewandt wird. Da in dieser Arbeit ein existierendes Werkzeug zur Umsetzung der digitalen Lebenslaufakte adaptiert wurde, wurden mögliche Ansätze zur Systemanpassung und -einführung vorgestellt. Den Abschluss des Kapitels bildete die Abgrenzung zu verwandten Arbeiten.

Basierend auf den Ergebnissen der Anforderungsanalyse und der betrachteten Realisierungsaspekte wurde das Konzept der digitalen Lebenslaufakte unter Verwendung des Unified Process und UML entwickelt und in Kapitel 4 vorgestellt. Dazu wurden zunächst Prozesse in Form von Anwendungsfällen spezifiziert und die Prozessabläufe modelliert, die mit digitalen Lebenslaufakten unterstützt werden sollen. Um die ermittelten Anforderungen erfüllen zu können, war im nächsten Schritt die Entwicklung eines Informationsmodells erforderlich, um die in den Anwendungsfällen erzeugten und benötigten Daten, Informationen und Dokumente abzubilden und zu strukturieren und rechtliche Anforderungen an die Dokumentation von Anlagen abzubilden. Hierfür wurde eine Ebenen-Struktur für das Informationsmodell erarbeitet und die einzelnen Elemente detailliert vorgestellt. Das entwickelte Informationsmodell besteht aus drei Ebenen, mit denen allgemeine, anlagentypspezifische und unternehmensspezifische Daten, Informationen und Dokumente und Zusammenhänge zwischen diesen abgebildet werden können. Im Anschluss daran, wurde dargestellt, wie das in dieser Arbeit entwickelte Konzept der digitalen Lebenslaufakte angewendet und erweitert werden kann.

Das erarbeitete Konzept der Lebenslaufakte wurde im Anschluss für eine konkrete Anlage auf Basis von zwei bereits existierenden Softwaresystemen umgesetzt. Dazu wurden zunächst mögliche Systemklassen für die Umsetzung analysiert und bewertet. Zwei Systemklassen wurden auf Basis der Bewertung für die Umsetzung ausgewählt: zum einen das PDM-System Windchill 9.1 PDMLink von der Parametric Technology Corporation und zum anderen das Portal-System AVEVA NET Portal 3.6.SP2 von der AVEVA Group Plc verwendet. Im Anschluss daran wurde die Anlage, für die eine beispielhafte Umsetzung der digitalen Lebenslaufakte durchgeführt wurde, vorgestellt. Die Umsetzung des Konzeptes der digitalen Lebenslaufakte mit Windchill und AVEVA NET Portal wurde detailliert beschrieben.

## 6.2 Ausblick

Ausgehend von den Ergebnissen dieser Arbeit, bei denen die Konzepterstellung und Umsetzung digitaler Lebenslaufakten für verfahrenstechnische Anlagen im Mittelpunkt stand, sind einige Anknüpfungspunkte für zukünftige Arbeiten denkbar, die im Folgenden dargestellt werden. Grundsätzlich existieren Anknüpfungspunkte im Wesentlichen in zwei Bereichen: zum einen in der Adaption des erarbeiteten Konzeptes digitaler Lebenslaufakten und zum anderen in der Weiterentwicklung beziehungsweise Optimierung der Umsetzung des Konzeptes der Lebenslaufakten.

**Erweiterung des Informationsmodells um zusätzliche Anlagentypen:** Zum Aufbau der Anlagentyp-Schemata des Informationsmodells für digitale Lebenslaufakten wurde ein Bottom-up-Ansatz angewendet, da die vollständige Anlagentypisierung auf Grund der hoch komplexen Anforderungen aus geltenden Rechtsquellen für diese Arbeit zu umfangreich gewesen. Die Anforderungen, die an die Dokumentation einer verfahrenstechnischen Anlage gestellt werden, sind von vielen Faktoren abhängig wie beispielsweise der verbauten Baugruppen oder Einzelteile, dem Genehmigungsverfahren, eingesetzten Gefahrenstoffen oder Immissionen. Daraus ergibt sich eine Vielzahl theoretische Kombinationsmöglichkeiten, so dass in dieser Arbeit Bottom-up-Ansatz zur Abbildung der rechtlichen Anforderungen gewählt wurde. In dieser Arbeit wurden die Anforderungen hinsichtlich der Dokumentation am Beispiel von fünf Anlagen, die vom Fraunhofer IFF geplant und realisiert wurden, analysiert und formalisiert. Diese Anlagen konnten auf Grund der Dokumentationsanforderungen als verfahrenstechnische Anlagen zur Verwertung von Biomasse (VAVBM) klassifiziert werden, für die ein entsprechendes Informationsmodell entwickelt wurde. Das erarbeitete Informationsmodell sollte in Zukunft um weitere Anlagentypen ergänzt werden. Für mögliche Erweiterungen wurde ein entsprechendes Vorgehensmodell erarbeitet und in dieser Arbeit vorgestellt. Bei der Erweiterung muss allerdings noch geprüft werden, inwieweit Anforderungen, die nicht für alle Anlagentypen gelten, sondern nur für eine entsprechende Auswahl, für diese verallgemeinert werden können.

**Erweiterung des Konzeptes um weitere betriebsrelevante Geschäftsprozesse:**

Zum Entwicklung des Konzeptes für digitale Lebenslaufakten konnte nicht alle Geschäftsprozesse analysiert werden. Der Fokus bei der Anforderungsanalyse und Erstellung des Konzeptes für digitale Lebenslaufakten lag auf den Prozessen zur Durchführung von Prüfungen nach BetrSichV, der Anwendung eines Experten gestützten Bewertungsverfahrens für den Zustand von Anlagen, mit dem eine Prüffristenverlängerung nach BetrSichV möglich ist, und Prozessen zur Pflege der Gesamtdokumentation einer Anlage. Darüber hinaus werden in der Betriebsphase einer Anlage noch weitere Prozesse durchgeführt, die mit digitalen Modellen, Methoden und Werkzeugen effizienter gestaltet werden können. Zu diesen Prozessen gehören beispielsweise alle Instandhaltungsprozesse. Das Konzept der digitalen Lebenslaufakte sollte um weitere Betrachtungsbereiche ergänzt werden, so dass beispielsweise die Verwaltung von Instandhaltungsinformationen und die Unterstützung von Instandhaltungsprozessen ermöglicht werden. Durch eine aktuelle Daten- und Informationsbasis ist es zudem möglich zustandsorientierte Instandhaltungsstrategien umzusetzen, um so die Betriebskosten einer Anlage optimieren zu können. Da nicht davon auszugehen ist, dass in der aktuellen Version des Konzeptes für digitale Lebenslaufakten alle notwendigen Daten-, Informationen und Dokumente für diese Prozesse berücksichtigt werden, muss hier eine Erweiterung des Informationsmodells vorgenommen werden.

**Erweiterung der digitalen Lebenslaufakte um virtuelle-interaktive Technologien:**

Präzise Untersuchungen sowie Vorhersagen über den Ablauf der stofflichen Reaktionen im Inneren einer verfahrenstechnischen Anlage können anhand von chemisch-physikalischen Berechnungen, Stoffbilanzierungen sowie rechnergestützten numerische Strömungssimulationen (englisch: Computational Fluid Dynamics, CFD) durchgeführt werden. Diese durchgeführten Simulationen können dazu dienen, die Betriebsführung verfahrenstech-



nischer Anlagen zu optimieren, um so den maximalen Wirkungsgrad dieser Anlagen zu erreichen. Durch die Leistungssteigerungen der Rechner und die Fortschritte auf dem Gebiet der numerischen Verfahren in den letzten Jahren sind dreidimensionale Strömungssimulationen möglich geworden. Hierbei entstehen allerdings komplexen Datenmengen, die heute nicht mehr effizient untersucht und bewertet werden können, da mit den bisher im verfahrenstechnischen Anlagenbau eingesetzten Simulationssystemen die verfahrenstechnischen Prozesse nicht oder nur minimal interaktiv präsentiert werden können. Stand der Technik ist dabei, dass die Simulationsergebnisse auf Basis von 2-D-Schnitten präsentiert werden, so dass eine gezielte Interpretation der Simulationsergebnisse nur durch Experten möglich ist. Ein möglicher Ansatz, dieses Problem zu lösen, bieten interaktive Werkzeuge, die zusammen mit der Simulation und unter Ausnutzung aller Möglichkeiten der dreidimensionalen Darstellung wie Geometrie, Beleuchtung oder Texturen neue Darstellungsmethoden für verfahrenstechnische Prozessparameter und Strömungen sowie deren effiziente Aufbereitung zu interaktiven VR-Szenarien ermöglichen. Ziel ist es dabei, Produktdaten zusammenzuführen, um beispielsweise auf Basis interaktiver Visualisierungen neues Wissen für die Betriebsführung ableiten zu können. Zur Realisierung dieser Möglichkeiten in der digitalen Lebenslaufakte muss eine Erweiterung des Informationsmodells vorgenommen werden, um die Visualisierung mit virtuell-interaktiven-Technologien zu ermöglichen. [Ott09]

**Einsatz semantischer Technologien:** Es existieren viele Informationen, die für den Betrieb von verfahrenstechnischen Anlagen relevant sind. Um die Beziehungen zwischen diesen Informationen für die Nutzer der digitalen Lebenslaufakte intuitiver darstellen zu können, semantische Technologien eingesetzt werden. Dadurch kann die Suche und Navigation in der Informationsbasis und die Geschwindigkeit und Qualität von Suchvorgängen verbessert werden. So können beispielsweise mit Hilfe von Topic Maps die Informationen, die in der digitalen Lebenslaufakte verwaltet werden, und deren logische Zusammenhänge abgebildet und dem Nutzer repräsentiert werden. Durch die visuelle Darstellung der Topic Map können den Nutzern Bedeutungszusammenhänge erfassbar, übersichtlich und verständlich präsentiert werden. Es sollte untersucht werden, inwieweit semantische Technologien für die digitale Lebenslaufakte eingesetzt werden können.

**Optimierung der Systemanpassung für digitale Lebenslaufakten:** In dieser Arbeit wurde das Konzept der digitalen Lebenslaufakte mit zwei etablierten Werkzeugen umgesetzt. Dazu konnten diese Systeme auf administrativer, logischer und funktionaler Ebene angepasst werden. Um die Anpassungskosten weiter zu senken, sollte in weiteren Arbeiten untersucht werden, wie eine Systemanpassung möglichst automatisiert vorgenommen werden kann. So ist es beispielsweise möglich, PTC Windchill PDMLink mit Hilfe von XML-Dateien zu konfigurieren. Da das erarbeitete Konzept als UML-Modell vorliegt, ist hier zu untersuchen, ob die für die Konfiguration erforderlichen XML-Dateien direkt aus dem UML-Modell oder indirekt über beispielsweise XML Metadata Interchange (XMI) erstellt werden können. Darüber hinaus bietet beispielsweise PTC Windchill PDMLink eine Schnittstelle zu der Computer-Aided-Software-Engineering (CASE-) Anwendung Rational Rose, so dass hier eventuell eine direkte Konfiguration stattfinden könnte. Dies war allerdings nicht Bestandteil der vorliegenden Arbeit, so dass entsprechende Analysen späteren Arbeiten vorbehalten bleiben.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass mit der vorliegenden Arbeit ein Ansatz für die Unterstützung der Betriebsprozesse verfahrenstechnischer Anlagen mit digitalen Lebenslaufakten vorgestellt wurde. Dieser Ansatz diente dem Ziel, darzustellen, wie Modelle, Methoden und Werkzeuge der Informatik, die bereits in den frühen Produktlebenszyklusphasen, also dem Digital Engineering, etabliert sind, auch in der Betriebsphase eingesetzt werden können. Aussagen darüber, inwieweit die Anwendung einer digitalen Lebenslaufakte die Betriebskosten einer Anlage minimieren kann, können zum derzeitigen Zeitpunkt noch nicht getroffen werden. Hier bedarf es einer Langzeituntersuchung im praktischen Einsatz der digitalen Lebenslaufakte bei einem Unternehmen. Die Umsetzbarkeit der digitalen Lebenslaufakte mit etablierten Werkzeugen im Produktlebenszyklus konnte allerdings an Hand des Anwendungsbeispiels einer Pulververbrennungsanlage in zwei Systemen nachgewiesen werden.

# Literaturverzeichnis

- [2006/42/EG] *Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und Rates (Maschinen-Richtlinie)*. vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung), Mai 2006
- [Ada02] ADAMIETZ, P.: *Adaption von Standardsoftwaresystemen - Ein Beitrag zur unternehmensmodellbasierten Integration von Organisation und Information*. Aachen, Deutschland: Shaker Verlag GmbH, April 2002. – ISBN 978-3-83220057-2
- [Ada08] ADAMSON, K.: *ISO 15926 Lebenszyklus-Daten für Prozessanlage. Ein Whitepaper von Bentley*, 2008
- [ADE<sup>+</sup>11] ARNOLD, V.; DETTMERING, H.; ENGEL, T.; KARCHER, A.: *Product Lifecycle Management beherrschen. Ein Anwenderhandbuch für den Mittelstand*. 2., neu bearbeitete Auflage, Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, Juli 2011. – ISBN 978-3-642-21812-5
- [AP01] ABELE, J.; PFAFF, M. J.; KPMG DEUTSCHE TREUHANDGESELLSCHAFT AKTIENGESELLSCHAFT WIRTSCHAFTSPRÜFUNGSGESELLSCHAFT (Hrsg.): *Bedeutung und Entwicklung des multimediasierten Wissensmanagements in der mittelständischen Wirtschaft*. 2001
- [AT00] ANDERL, R.; TRIPPNER, D.: *Step Standard for the Exchange of Product Model Data: Eine Einführung in die Entwicklung, Implementierung und industrielle Nutzung der Normenreihe ISO 10303*. Stuttgart, Leipzig, Deutschland: B. G. Teubner Verlag, März 2000. – ISBN 978-3-519-06377-3
- [Bal05] BALZERT, H.; BALZERT, H. (Hrsg.): *Lehrbuch der Objektmodellierung: Analyse und Entwurf mit der UML 2*. 2. Auflage, Heidelberg, Deutschland: Spektrum Akademischer Verlag, 2005. – ISBN 3-8274-1162-9
- [BBH<sup>+</sup>05] BISCHOF, W.; BRAUN, B.; HABERMEHL, K.; MÜNCH, H.; STORM, W.; WECKWERTH, H.; KORDA, M. (Hrsg.): *Städtebau: Technische Grundlagen*. 5., neubearbeitete Auflage, Wiesbaden, Deutschland: Vieweg+Teubner Verlag, Mai 2005. – ISBN 978-3-519-45001-6

- [Böc13] BÖCK, J.; BAUERNHANSL, T. (Hrsg.); VERL, A. (Hrsg.); WESTKÄMPER, E. (Hrsg.): *Methode zur Integration nicht-konventioneller Verfahren in flexible Fertigungs- und Montagelinien*. Stuttgarter Beiträge zur Produktionsforschung, 1. Auflage, Stuttgart, Deutschland: Fraunhofer Verlag, September 2013. – ISBN 978-3-8396-0590-5
- [Bec13] BECKER, O.: *Teilereduzierung und Teilwiederverwendung durch PLM*. In: *14. CADENAS Industry-Forum 2013*. Augsburg, Deutschland, 2013
- [BetrSichV] *Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung - BetrSichV)*. Vom 27. September 2002 (BGBl. I S. 3777), die zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 8. November 2011 (BGBl. I S. 2178) geändert worden ist
- [Bit09] BITZER, M. A.; EIGNER, M. (Hrsg.): *Entwicklung einer Methode zur prozessorientierten Planung und Optimierung von Product Lifecycle Management Lösungen - am Beispiel der Automobilindustrie*. Schriftenreihe VPE, 6, Kaiserslautern, Deutschland: Technische Universität Kaiserslautern, März 2009. – ISBN 978-3-94143800-2
- [BMV95] BENDA, E.; MAIHOFER, W.; VOGEL, H.-J.: *Handbuch des Verfassungsrechts der Bundesrepublik Deutschland*. 2., neubearbeitete und erweiterte Auflage, Berlin, Deutschland: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, September 1995. – ISBN 978-3-11-014993-7
- [Boe79] BOEHM, B. W.: *Guidelines for Verifying and Validating Software Requirements and Design Specifications*. In: SAMET, P. A. (Hrsg.): *Euro IFIP 79*, 1979, S. 711-719
- [Bor06] BORK, R.: *Allgemeiner Teil des Bürgerlichen Gesetzbuchs*. 2., neubearbeitete Auflage, Tübingen, Deutschland: Mohr Siebeck GmbH & Co. KG, 2006. – ISBN 978-3-16-149040-8
- [BPK08] BRANDT-POOK, H.; KOLLMEIER, R.: *Softwareentwicklung kompakt und verständlich: Wie Softwaresysteme entstehen*. Wiesbaden, Deutschland: Vieweg+Teubner Verlag, Mai 2008. – ISBN 978-3-8348-9507-3
- [Bug96] BUGOW, R.: *Die Bereitstellung von Teilebibliotheken im rechnergestützten Konstruktionsprozeß*. 1. Auflage, Berlin, Deutschland: Beuth Verlag, 1996. – ISBN 978-3-41013490-9
- [Dav93] DAVIS, F. D.: *User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts*. In: *International Journal of Man-Machine Studies*, 38 (1993), März Nr. 3, S. 475 – 487

- [Die07] DIEKMANN, A.: *Empirische Sozialforschung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen*. 4. Auflage, Reinbek, Deutschland: Rowohlt Taschenbuch Verlag, August 2007. – ISBN 978–3499556784
- [DIN 199-1] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (Hrsg.): *DIN 199-1: Technische Produktdokumentation - CAD-Modelle, Zeichnungen und Stücklisten - Teil 1: Begriffe*, März 2002
- [DIN 28000-1] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (Hrsg.): *DIN 28000-1: Chemischer Apparatebau - Dokumentenarten im Lebensweg von Prozessanlagen - Teil 1: Erfassung der grundlegenden und ergänzenden Dokumentenarten*, August 2002
- [DIN 28000-2] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (Hrsg.): *DIN 28000-2: Chemischer Apparatebau - Dokumentenarten im Lebensweg von Prozessanlagen - Teil 2: Definition der Dokumentenarten*, April 2002
- [DIN 61355] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (Hrsg.): *DIN 61355: Klassifikation und Kennzeichnung von Dokumenten für Anlagen, Systeme und Einrichtungen*, November 1997
- [DIN 6763] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (Hrsg.): *DIN 6763. Nummerung - Grundbegriffe*, Dezember 1985
- [DIN 6789-1] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (Hrsg.): *DIN 6789-1: Dokumentationssystematik - Teil 1: Aufbau Technischer Produktdokumentation*, September 1990
- [DIN EN 13445-5] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (Hrsg.): *DIN EN 13445-5: Unbefeuerte Druckbehälter - Teil 5: Inspektion und Prüfung*, Dezember 2010
- [DIN EN 13480-5] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (Hrsg.): *DIN EN 13480-5: Metallische industrielle Rohrleitungen - Teil 5: Prüfung*, August 2002
- [DIN EN 61355-1] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (Hrsg.): *DIN EN 61355-1 (IEC 61355-1:2008). Klassifikation und Kennzeichnung von Dokumenten für Anlagen, Systeme und Ausrüstungen - Teil 1: Regeln und Tabellen zur Klassifikation*, März 2003
- [DIN EN 81346-1] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (Hrsg.): *Industrielle Systeme, Anlagen und Ausrüstungen und Industrieprodukte - Strukturierungsprinzipien und Referenzkennzeichnung - Teil 1: Allgemeine Regeln*, Mai 2010
- [DIN EN ISO 10628] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (Hrsg.): *DIN EN ISO 10628: Fließschemata für verfahrenstechnische Anlagen - Allgemeine Regeln*, März 2001

- [DIN EN ISO 11442] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (Hrsg.): *DIN EN ISO 11442 (ISO 11442:2006): Technische Produktdokumentation - Dokumentenmanagement*, Juni 2006
- [DIN-Fachbericht 146] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (Hrsg.): *DIN-Fachbericht 146: Technische Dokumentation - Betriebsanleitungen für Anlagen - Leitlinie für die Zusammensetzung von Informationen aus Betriebsanleitungen von Komponenten*, Januar 2006
- [DIN ISO 15226] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (Hrsg.): *DIN ISO 15226: Technische Produktdokumentation - Lebenszyklusmodell und Zuordnung von Dokumenten*, Oktober 1999
- [DIN01] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (Hrsg.): *Einführung in die DIN-Normen*. 14., neubearbeitete Auflage, Wiesbaden, Deutschland: B.G. Teubner Verlag, November 2001. – ISBN 978-3-51926301-2
- [DIN13] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (Hrsg.): *EUMONIS. Software- und Systemplattform für Energie- und Umweltmonitoringsysteme*, 2013
- [DP84] DYLLICK, T.; PROBST, G. J. B.: *Management*. In: ULRICH, H. (Hrsg.): *Schriftenreihe Unternehmung und Unternehmungsführung (Band 13)*. Bern, Schweiz und Stuttgart, Deutschland: Paul Haupt Verlag, 1984. – ISBN 978-3-258-03446-1, S. 192 – 209
- [EGH<sup>+</sup>89] ERKMANN, J.; GOTTSCHALK, E.; HARTMANN, J.; KLEIN, W.; SCHAFER, R.; GOTTSCHALK, E. (Hrsg.): *Rechnergestützte Produktionsplanung und -steuerung*. Berlin, Deutschland: VEB Verlag Technik Berlin, 1989
- [EHS<sup>+</sup>91] EIGNER, M.; HILLER, C.; SCHINDEWOLF, S.; SCHMICH, M.: *Engineering Database. Strategische Komponente in CIM-Konzepten*. München, Deutschland; Wien, Österreich: Carl Hanser Verlag GmbH & CO. KG, 1991. – ISBN 3-446-16438-3
- [EKH06] ENDIG, M.; KAUERT, V.; HÄNSCH, K.: *Virtuelle Abbildungen: 3D-CAD-Modelle im Anlagenbau*. In: *AUTOCAD Magazin*, 19 (2006) 4, S. 64–65
- [End01] ENDIG, M.: *Prozeßintegration in integrierten Entwurfsumgebungen*. Düsseldorf, Deutschland: VDI Verlag GmbH, 2001. – ISBN 3-18-365910-7
- [ES01] EIGNER, M.; STELZER, R.: *Produktdatenmanagement-Systeme. Ein Leitfaden für Product Development und Life Cycle Management*. 1. Auflage, Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, August 2001. – ISBN 978-3-540-66870-5
- [ES09] EIGNER, M.; STELZER, R.: *Product Lifecycle Management. Ein Leitfaden für Product Development und Life Cycle Management*. 2., neu

- bearbeitete Auflage, Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, Juli 2009. – ISBN 978-3-540-44373-5
- [F.A91] F.A. BROCKHAUS GMBH (Hrsg.): *Brockhaus Enzyklopädie in vierundzwanzig Bänden*. 19., völlig neubearbeitete Auflage, Mannheim, Deutschland: Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, 1991. – ISBN 3-76523-1100-6
- [FG08a] FELDHUSEN, J.; GEBHARDT, B.: *Product Lifecycle Management für die Praxis. Ein Leitfaden zur modularen Einführung, Umsetzung und Anwendung*. 1. Auflage, Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, Januar 2008. – ISBN 978-3-540-34008-9
- [FG08b] FREUND, J.; GÖTZER, K.: *Vom Geschäftsprozess zum Workflow. Ein Leitfaden für die Praxis*. München, Deutschland: Carl Hanser Verlag GmbH & CO. KG, November 2008. – ISBN 978-3-446-41482-2
- [FIR13] FORSCHUNGSINSTITUT FÜR RATIONALISIERUNG (FIR) E. V. AN DER RWTH AACHEN (Hrsg.): *EUMONIS. Software- und Systemplattform für Energie- und Umweltmonitoringsysteme*, 2013
- [FJG<sup>+</sup>10] FUMAGALLI, L.; JANTUNEN, E.; GARETTI, M.; MACCHI, M.: *Diagnosis for improved maintenance services: Analysis of standards related to condition based maintenance*. In: KIRITSIS, D. (Hrsg.); EMMANOUILIDIS, C. (Hrsg.); KORONIOS, A. (Hrsg.); MATHEW, J. (Hrsg.): *Engineering Asset Management. Proceedings of the Fourth World Congress on Engineering Asset Management (WCEAM) 2009, 28-30 September 2009*. London, United Kingdom: Springer -Verlag London Limited, 2010. – ISBN 978-1-84996-002-1
- [Gad09] GADATSCH, A.: *Grundkurs Geschäftsprozess-Management: Methoden und Werkzeuge für die IT-Praxis: Eine Einführung für Studenten und Praktiker*. 6., aktualisierte Auflage, Wiesbaden, Deutschland: Vieweg+Teubner Verlag, November 2009. – ISBN 978-3-8348-0762-5
- [GAP93] GRABOWSKI, H.; ANDERL, R.; POLLY, A.: *Integriertes Produktmodell. Entwicklungen zur Normung von CIM*. Beuth Verlag, 1993. – ISBN 978-3-41012920-2
- [GBB<sup>+</sup>09] GRECHENIG, T.; BERNHART, M.; BREITENEDER, R.; KAPPEL, K.: *Softwaretechnik: Mit Fallbeispielen aus realen Entwicklungsprojekten*. München, Deutschland: Pear, Oktober 2009. – ISBN 978-3-86894-007-7
- [GG] *Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland (GG)*. in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 100-1, veröffentlichten bereinigten Fassung, das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 21. Juli 2010 (BGBl. I S. 944) geändert worden ist

- [GH07] GÖRTZ, M.; HESSELER, M.: *Basiswissen ERP-Systeme: Auswahl, Einführung & Einsatz betriebswirtschaftlicher Standardsoftware*. 1. Auflage, Witten, Deutschland: W3L-Verlag GmbH, Juli 2007. – ISBN 978-3-937137-38-4
- [GHJ<sup>+</sup>10] GAMMA, E.; HELM, R.; JOHNSON, R.; VLISSIDES, J.: *Entwurfsmuster: Elemente wiederverwendbarer objektorientierter Software*. Neuauflage, München, Deutschland: Pearson Deutschland GmbH, November 2010. – ISBN 978-3-8273-3043-7
- [GHM<sup>+</sup>05] GULDI, A.; HOFFMANN, A.; MAHL, A.; SANDER, S.; SCHOLZ, H.-E.; THIERSE, P.; WEISSKOPF, J.: *Unternehmensspezifisches Klassifikationssystem zur effizienten Datenverwaltung (mit Anwendungsszenarien aus der Praxis). Abschlussbericht des Verbundprojektes "Klassifikationssysteme automatisiert erstellen" (KLAUSTER)*. Karlsruhe, Deutschland: Universitätsverlag Karlsruhe, 2005. – ISBN 3-937300-25-2
- [Gie03] GIESSMANN, A.: *Substrat- und Textilbeschichtung: Praxiswissen für Textil-, Bekleidungs- und Beschichtungsbetriebe*. 1. Auflage, Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, Januar 2003. – ISBN 978-3-540-43426-9
- [GK05] GROSSMANN, M.; KOSCHEK, H.: *Unternehmensportale: Grundlagen, Architekturen, Technologien*. 1. Auflage, Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, Juli 2005. – ISBN 978-3-540-22287-3
- [GLW01] GRABOWSKI, H.; LOSSACK, R.; WEISSKOPF, J.: *Datenmanagement in der Produktentwicklung. Automatische Klassifikation von Produktdaten aus 3D-CAD-Systemen, PDM- und ERP-Systemen, XML- und Office-Dokumenten,...* München, Deutschland: Carl Hanser Verlag GmbH & CO. KG, Oktober 2001. – ISBN 978-3-446-21698-3
- [GSM<sup>+</sup>04] GÖTZER, K.; SCHNEIDERATH, U.; MAIER, B.; KOMKE, T.: *Dokumenten-Management. Informationen im Unternehmen effizient nutzen*. 3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Heidelberg, Deutschland: dpunkt.verlag GmbH, April 2004. – ISBN 978-3-89864-258-3
- [Gut76] GUTHRIE, K. M.: *Process plant estimating, evaluation, and control*. In: *Engineering and Process Economics*, Jg. 1 (1976) Nr. 3, S. 241 – 243
- [GVK05] GURZKI, T.; VLACHAKIS, J.; KIRCHHOF, A.; SPATH, D. (Hrsg.): *Marktübersicht Portalsoftware 2005*. Stuttgart, Deutschland: Fraunhofer IRB Verlag, April 2005. – ISBN 978-3-8167-6752-4
- [Han10] HANSER, E.: *Agile Prozesse: Von XP über Scrum bis MAP*. Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, August 2010. – ISBN 978-3-642-12312-2



- [HE09] HÄNSCH, K.; ENDIG, M.: *Informationsmanagement in der Instandhaltung*. In: SCHENK, M. (Hrsg.): *Instandhaltung technischer Systeme: Methoden und Werkzeuge zur Gewährleistung eines sicheren und wirtschaftlichen Anlagenbetriebs*. 1. Auflage. Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, Oktober 2009. – ISBN 978-364-203948-5
- [Hep03] HEPP, M.: *Güterklassifikation als semantisches Standardisierungsproblem*. 1. Auflage, Wiesbaden, Deutschland: Deutscher Universitäts-Verlag DUV, 2003. – ISBN 978-3-8244-7932-0
- [HieGre0505] HIERMANSPERGER, P.; GREINDL, S.: *Durchführung qualitativer Interviews und Auswertung*. Workingpaper. Freising, Deutschland: Technische Universität München, 2005
- [HN05] HANSEN, H. R.; NEUMANN, G.: *Wirtschaftsinformatik 1. Grundlagen betrieblicher Informationsverarbeitung*. 9., völlig neubearbeitete Auflage, Stuttgart, Deutschland: Uni-Taschenbücher GmbH, Januar 2005. – ISBN 3825226697
- [Hän06] HÄNSCH, K.: *Ganzheitliche Lösungsansätze für den After Sales des Maschinen- und Anlagenbaus*. In: *Workshop Produktservice für den Maschinen- und Anlagenbau im Rahmen der 9. IFF-Wissenschaftstage. 22. Juni 2006*. Magdeburg, Deutschland, Juni 2006, S. 17 – 28
- [Hän07] HÄNSCH, K.: *Plant Maintenance and Operation Services. Dokumentenversus Informationsmanagement*. In: *Arbeitstreffen Instandhaltung im Rahmen der 10. IFF-Wissenschaftstage. 28. Juni 2007*. Magdeburg, Deutschland, Juni 2007
- [HS10a] HERRMANN, M.; SKIRL, F.: *Dokumentierte Qualität in Herstellung und Betrieb als Grundlage für die Effizienz-Steigerung des Betriebes - Eine Lösung auf Basis AVEVA NET Portal*. In: SCHENK, M. (Hrsg.): *13. Industriearbeitskreis Kooperation im Anlagenbau. Wissensbasierte Anlagenplanung und -betrieb*. Stuttgart, Deutschland: Fraunhofer Verlag, Juni 2010. – ISBN 978-3-8396-0182-2, S. 57 – 69
- [HS10b] HERRMANN, M.; SKIRL, F.: *Lebenslaufakten zur Unterstützung des Betriebes verfahrenstechnischer Anlagen auf Basis von AVEVA Net Portal*. In: SCHENK, M. (Hrsg.): *Tagungsband: Anlagenbau der Zukunft - Effizienz im Anlagenbaulebenszyklus, 04./ 05. März 2010, Magdeburg, Germany*. Stuttgart, Deutschland: Fraunhofer Verlag, März 2010. – ISBN 978-3-8396-0023-8, S. 193 – 206
- [Hum10] HUMMER, W.: *Allgemeine Einführung*. In: HUMMER, W. (Hrsg.): *Neueste Entwicklungen im Zusammenspiel von EU-Recht und nationalem Recht der Mitgliedstaaten: Dargestellt am Beispiel Österreichs*. 1. Auflage. Wien, Österreich: SpringerWienNewYork, Dezember 2010. – ISBN 978-3-7091-0236-7, S. 1 – 32

- [JBR99] JACOBSON, I.; BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.: *The Unified Software Development Process*. 1. Auflage, Addison-Wesley Longman, Februar 1999
- [JHE10] JANSEN, J.; HÄNSCH, K.; ENDIG, M.: *Lebenslaufakten zur Unterstützung des Betriebes verfahrenstechnischer Anlagen*. In: *7. Symposium Informationstechnologie für Entwicklung und Produktion in der Verfahrenstechnik*, 25. - 26. März 2010, 2010
- [Jun08] JUNGEBLUTH, V.: *Das ERP-Pflichtenheft: Enterprise Resource Planning*. 4., überarbeitete Auflage, Frechen, Deutschland: mitp, Oktober 2008. – ISBN 978-3-8266-5962-1
- [Kle13] KLEUKER, S.: *Grundkurs Software-Engineering mit UML: Der pragmatische Weg zu erfolgreichen Softwareprojekten*. 3. Auflage, Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, August 2013. – ISBN 978-3-658-00641-9
- [Kli01] KLINGELHÖLLER, H.: *Dokumentenmanagementsysteme: Handbuch zur Einführung*. 1. Auflage, Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, Juni 2001. – ISBN 978-3-540-41250-2
- [KS14] KAISER, M. G.; SMOLNIK, S.: *Information Lifecycle Management für Dokumente*. In: WALTER, S. (Hrsg.); KAISER, G. (Hrsg.): *Dokumentenlogistik. Theorie und Praxis*. 1. Auflage. Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, 2014. – ISBN 978-3-642-00506-0, Kapitel 6, S. 89-107
- [Kur05] KURBEL, K.: *Produktionsplanung und -steuerung im Enterprise Resource Planning und Supply Chain Management*. 6., völlig überarbeitete Auflage, München, Deutschland: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, Juli 2005. – ISBN 978-3-486-57578-1
- [Lam10] LAMNEK, S.: *Qualitative Sozialforschung*. 5., überarbeitete Auflage, Weinheim, Deutschland: Belz Verlag, September 2010. – ISBN 978-3-621-27770-9
- [Leh09] LEHNER, F.: *Wissensmanagement: Grundlagen, Methoden und technische Unterstützung*. 3., aktualisierte und erweiterte Auflage, München, Deutschland: Carl Hanser Verlag GmbH & CO. KG, Februar 2009. – ISBN 978-3-446-41742-7
- [Leo07] LEON, A.: *Enterprise Resource Planning*. Second Edition, New Delhi, Indien: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, 2007. – ISBN 978-0-07-065680-2
- [LFG13] LASHIN, G.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K.-H.: *Hilfsmittel für die Entwicklung und Konstruktion*. In: FELDHUSEN, J. (Hrsg.); GROTE, K.-H. (Hrsg.): *Konstruktionslehre. Methoden und Anwendung erfolgreicher*

- Produktentwicklung*. 8., vollständig überarbeitete Auflage 2013. Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, Oktober 2013. – ISBN 978-3-642-29568-3, Kapitel 7, S. 411–457
- [LH14] LEE, S. H.; HAIDER, A.: *Asset Lifecycle Information Quality Management: A Six-Sigma Approach*. In: LEE, J. (Hrsg.); NI, J. (Hrsg.); SARANGAPANI, J. (Hrsg.); MATHEW, J. (Hrsg.): *Engineering Asset Management 2011* Band 15. Springer London, 2014. – ISBN 978-1-4471-4992-7, S. 461–470
- [Lie10] LIEBSTÜCKEL, K.: *Instandhaltung mit SAP*. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage, Bonn, Deutschland; Bosten, USA: Galileo Press, April 2010. – ISBN 978-3-8362-1557-2
- [Lor07] LORENZ, B.: *Herausforderungen beim Outsourcing von Instandhaltungsaufgaben*. In: *Maintenance 2010*. Berlin, Deutschland, 2007
- [Los06] LOSSACK, R.-S.: *Wissenschaftstheoretische Grundlagen für die rechnerunterstützte Konstruktion*. Berlin, Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, Juli 2006. – ISBN 978-3-540-29637-9
- [Luc95] LUCZAK, H.: *Arbeitswissenschaft*. 2. vollständig neubearbeitete Auflage, Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, November 1995. – ISBN 978-3-540-59138-2
- [May08] MAYER, H. O.: *Interview und schriftliche Befragung: Entwicklung, Durchführung und Auswertung*. 4. Auflage, München, Deutschland: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, Februar 2008. – ISBN 978-3-486-58669-5
- [MHE<sup>+</sup>07] MÜLLER, H.; HÄNSCH, K.; ENDIG, M.; RYLL, F.: *Sicherung und Anwendung von Erfahrungswissen zur Unterstützung eines wirtschaftlichen und sicheren Betriebs technischer Systeme*. In: BENTELE, M. (Hrsg.); HOCHREITER, R. (Hrsg.); RIEMPP, G. (Hrsg.); SCHÜTT, P. (Hrsg.); WEBER, M. (Hrsg.): *Mehr Wissen – Mehr Erfolg! Knowtech 2007. 9. Kongress zum IT-gestützten Wissensmanagement. 28. - 29. November 2007. Frankfurt am Main*. Poing, Deutschland: CMP-WEKA Verlag GmbH & Co. KG, November 2007
- [Mül07a] MÜLLER, A.: *Engineering Change Management*. In: CAD-CAM Report, Jg. 26 (2007), November Nr. 11, S. 52 – 55
- [Mül07b] MÜLLER, T.: *Eine Bestandsaufnahme und Bewertung nationaler und internationaler Standards im Bereich Supply Chain Execution mit Relevanz für Warehouse Management Software Systeme*. München/Ravensburg, Deutschland: GRIN Verlag, Oktober 2007. – ISBN 978-3-638.71958-2

- [MNY99] MORI, S.; NISHIDA, H.; YAMADA, H.: *Optical Character Recognition*. 1. Auflage, New York, USA: John Wiley & Sons, Inc., April 1999. – ISBN 978-0-471-30819-5
- [Nek03] NEKOLAR, A.-P.: *E-Procurement: Euphorie und Realität*. Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, 2003. – ISBN 978-3540439806
- [Nit76] NITSCH, J. R.: *Die Eigenzustandsskala EZ-Skala*). Ein Verfahren zur hierarchisch-mehrdimensionalen Befindlichkeitskalierung. In: NITSCH, J. R. (Hrsg.); UDRIS, I. (Hrsg.): *Beanspruchung im Sport. Beiträge zur psychologischen Analyse sportlicher Leistungssituationen* Band 4. Bad Limburg, Deutschland: Limpert, 1976 Schriftenreihe Training und Beanspruchung, S. 81 – 102
- [NN12] NN: *eCl@ss trägt zur Unternehmenssicherung bei*. In: Der Infor Anwenderverein Magazin, (2012), S. 30 – 31
- [Nor10] NORTH, K.: *Wissensorientierte Unternehmensführung: Wertschöpfung durch Wissen*. 5, aktualisierte und erweiterte Auflage, Wiesbaden, Deutschland: Gabler Verlag, November 2010. – ISBN 978-3-8349-2538-1
- [NV14] NEUTSCHEL, B.; VAJNA, S.: *Organisations- und Prozessintegration*. In: VAJNA, S. (Hrsg.): *Integrated Design Engineering. Ein interdisziplinäres Modell für die ganzheitliche Produktentwicklung*. 1. Auflage. Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, Juni 2014. – ISBN 978-3-642-41103-8, Kapitel 10, S. 335-373
- [OBS12] OESTEREICH, B.; BREMER, S.; SCHEITHAUER, A.: *Analyse und Design mit UML 2.5: Objektorientierte Softwareentwicklung*. 10., aktualisierte und erweiterte Auflage, München, Deutschland: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, September 2012. – ISBN 978-3-486-671667-2
- [Obw10] OBWEXER, W.: *Rechtsquellen des EU-Rechts*. In: HUMMER, W. (Hrsg.): *Neueste Entwicklungen im Zusammenspiel von EU-Recht und nationalem Recht der Mitgliedstaaten: Dargestellt am Beispiel Österreichs*. 1. Auflage. Wien, Österreich: SpringerWienNewYork, Dezember 2010. – ISBN 978-3-7091-0236-7, S. 35-102
- [OFF<sup>+</sup>13] OBERMEIER, S.; FISCHER, H.; FLEISCHMANN, A.; DIRNDORFER, M.: *Geschäftsprozesse realisieren. Ein praxisorientierter Leitfaden von der Strategie bis zur Implementierung*. 2., aktualisierte Auflage, Wiesbaden, Deutschland: Springer Vieweg, Dezember 2013. – ISBN 978-3-486-671667-2
- [OMG10] OBJECT MANAGEMENT GROUP, I. O. (Hrsg.): *OMG Unified Modeling Language™ (OMG UML), Infrastructure, Version 2.4.1 without change bars*, August 2011

- [OMG10a] OBJECT MANAGEMENT GROUP, I. O. (Hrsg.): *OMG Unified Modeling Language™ (OMG UML), Superstructure, Version 2.4.1 without change bars*, Mai 2011
- [OMG10b] OBJECT MANAGEMENT GROUP, I. O. (Hrsg.): *Object Constraint Language Version 2.2*, Februar 2010
- [OS13] OESTEREICH, B.; SCHEITHAUER, A.: *Die UML-Kurzreferenz 2.5 für die Praxis: kurz, bündig, ballastfrei*. 6., überarbeitete Auflage, München, Deutschland: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, September 2013. – ISBN 978-3-486-74909-0
- [Ott09] OTTO, K.: *Generierung interaktiver VR-Szenarien für die Visualisierung verfahrenstechnischer Prozessparameter und Stoffströme*. In: SCHENK, M. (Hrsg.): *5./6. IFF-Kolloquium. Forschung vernetzen - Innovationen beschleunigen*. 11. April und 21. November 2008, Magdeburg. Stuttgart, Deutschlag: Fraunhofer Verlag, 2009. – ISBN 978-3-8167-7994-0, S. 23 – 29
- [OWS<sup>+</sup>03] OESTEREICH, B.; WEISS, C.; SCHRÖDER, C.; WEILKIENS, T.; LENHARD, A.: *Objektorientierte Geschäftsprozessmodellierung mit der UML*. 1. Auflage, Heidelberg, Deutschland: dpunkt.verlag GmbH, 2003. – ISBN 3-89864-237-2
- [Par08] PARAMETRIC TECHNOLOGY CORPORATION (Hrsg.): *Windchill® PDMLink® Benutzerhandbuch. Windchill 9.1*. Needham, USA, Dezember 2008
- [Pfl06] PFLUG, C.: *Modellieren von Geschäftsprozessen*. In: *JavaSPEKTRUM*, Jg. 11 (2006) Nr. 3, S. 9–11
- [Pie09] PIETSCHMANN, J.: *Industrielle Pulverbeschichtung: Grundlagen, Anwendungen, Verfahren*. 3., vollständig überarbeitete Auflage, Wiesbaden, Deutschland: Vieweg+Teubner Verlag, Dezember 2009. – ISBN 978-3-8348-0463-1
- [PP04] POMBERGER, G.; PREE, W.: *Software Engineering: Architektur-Design und Prozessorientierung*. 3., vollständig überarbeitete Auflage, München, Deutschland; Wien, Österreich: Carl Hanser Verlag GmbH & CO. KG, Oktober 2004. – ISBN 978-3-44622429-2
- [PP06] PILONE, D.; PITMAN, N.: *UML 2.0 in a Nutshell*. 1. Auflage, Köln, Deutschland: O'Reilly Verlag GmbH & Co.KG, Januar 2006. – ISBN 978-3-89721-342-5
- [PPH<sup>+</sup>95] PAUL, G.; PAUL, R.; HOFMANN, M.; WIERSCHIN, H.: *Produktdatenverwaltungssysteme - Methode und Werkzeug zur Unternehmensintegration*. In: *CIM Management*, Jg. 11 (1995), April 4, S. 49 – 54

- [PR10] PAULFEUERBORN, A.; RICHTER, S.: *Sicher transparent. Einsatz von Produktdatenmanagement zum Verbessern von Wartung und Instandhaltung*. In: IEE, (2010), Juli 7, S. 16 – 19
- [ProdSG] *Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt (Produktsicherheitsgesetz - ProdSG)*. Vom 8. November 2011 (BGBl. I S. 2178, 2179; 2012 I S. 131)
- [RD07] RICHTER, A.; DERBALLA, V.: *IT-gestütztes Wissensmanagement: Theorie, Anwendungen und Barrieren*. 1. Auflage, Berlin, Deutschland: Volker Derballa Verlag, Dezember 2007. – ISBN 978-3-9811923-0-8
- [Rig09] RIGGERT, W.: *ECM - Enterprise Content Management: Konzepte und Techniken rund um Dokumente*. 1. Auflage, München, Deutschland: Vieweg+Teubner Verlag, August 2009. – ISBN 978-3834808417
- [RMM09] REICHEL, J. (Hrsg.); MÜLLER, G. (Hrsg.); MANDELARTZ, J. (Hrsg.): *Betriebliche Instandhaltung*. 1. Auflage, Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, Juni 2009. – ISBN 978-3-642-00501-5
- [Roy70] ROYCE, W. W.: *Managing the Development of large Software Systems*. In: *Proceedings of IEEE WESCON* IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1970
- [Rüt05] RÜTHERS, B.: *Rechtstheorie. Begriff, Geltung und Anwendung des Rechts*. 2., neu bearbeitete Auflage, München, Deutschland: Verlag C.H.Beck oHG, 2005. – ISBN 3-406-52311-0
- [Rum11] RUMPE, B.: *Modellierung mit UML: Sprache, Konzepte und Methodik*. 2. Auflage, Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, September 2011. – ISBN 978-3-642-22412-6
- [SBD<sup>+</sup>10] SCHATTEN, A.; BIFFL, S.; DEMOLSKY, M.; GOSTISCHA-FRANTA, E.; ÖSTREICHER, T.; WINKLER, D.: *Best Practice Software-Engineering: Eine praxiserprobte Zusammenstellung von komponentenorientierten Konzepten, Methoden und Werkzeugen*. Spektrum Akademischer Verlag, 2010
- [SBM<sup>+</sup>05] SCHEER, A.-W.; BOCZANSKI, M.; MUTH, M.; SCHMITZ, W.-G.; SEGELBACHER, U.: *Prozessorientiertes Product Lifecycle Management*. Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, Oktober 2005. – ISBN 978-3-540-28402-4
- [Sch02a] SCHEER, A.-W.: *ARIS - Vom Geschäftsprozess zum Anwendungssystem*. 4., durchgesehene Auflage, Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, Februar 2002. – ISBN 978-3-540-65823-8

- [Sch02b] SCHICHEL, M.: *Produktdatenmodellierung in der Praxis*. München, Deutschland: Carl Hanser Verlag GmbH & CO. KG, Januar 2002. – ISBN 978-3-446-21857-4
- [Sch0707] SCHAUB, T.: *Konzept für eine Technische Produktdokumentation von Anlagen*. Magdeburg, Deutschland, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Studienarbeit, Juli 2007
- [Sch09] SCHENK, M. (Hrsg.): *Instandhaltung technischer Systeme: Methoden und Werkzeuge zur Gewährleistung eines sicheren und wirtschaftlichen Anlagenbetriebs*. 1. Auflage, Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, Oktober 2009. – ISBN 978-364-203948-5
- [Sch10a] SCHENK, M.: *Effizienz im Anlagenlebenszyklus - Perspektiven der digitalen Anlage*. In: SCHENK, M. (Hrsg.): *Tagungsband: Anlagenbau der Zukunft - Effizienz im Anlagenbaulebenszyklus, 04./ 05. März 2010, Magdeburg, Germany*, 2010, S. 17–30
- [Sch10b] SCHLEIDT, B.; EIGNER, M. (Hrsg.): *Kompetenzen für Ingenieure in der Virtuellen Produktentwicklung*. Schriftenreihe VPE, 7, Kaiserslautern, Deutschland: Technische Universität Kaiserslautern, Januar 2010. – ISBN 978-3-94143834.7
- [Sch10c] SCHREIER, J.: *Produktklassifikation: E-Class soll zum weltweit meistgenutzten Standard werden*. In: *MaschinenMarkt. Das Industrieportal*, (2010), Oktober
- [Sch11] SCHLÖGL, W.: *Digitales Engineering schließt die Lücke zwischen digitaler Fabrik und Anlagenbetrieb*. In: SCHENK, M. (Hrsg.): *14. IFF-Wissenschaftstage 28.-30. Juni 2011. 8. Fachtagung Digitales Engineering und virtuelle Techniken: Digitales Engineering und virtuelle Techniken zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme*, 2011, S. 217–228
- [Sch13a] SCHLAGOWSKI, H.; DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (Hrsg.): *Technische Dokumentation im Maschinen- und Anlagenbau: Anforderungen*. Beuth Praxis, 1. Auflage, Berlin, Deutschland: Beuth Verlag GmbH, 2013. – ISBN 978-3-41023015-1
- [Sch13b] SCHMIDT, J.: *Zwischenbetrieblicher Datenaustausch im Rahmen der technischen Betriebsf für Erneuerbare-Energie-Anlagen*. In: EYMANN, T. (Hrsg.): *Tagungsband zum Doctoral Consortium der WI 2013*. Bayreuth, Deutschland, 2013 Bayreuther Arbeitspapiere zur Wirtschaftsinformatik 54
- [Sei07] SEILER, C.: *Examens-Repetitorium Verwaltungsrecht: Allgemeines Verwaltungsrecht, Polizei-, Bau-, Kommunalrecht, Staatshaftungsrecht*. 2., neu bearbeitete Auflage, Heidelberg/München/Landsberg/Berlin,

- Deutschland: Verlagsgruppe Hüthig-Jehle-Rehm GmbH, September 2007. – ISBN 978-3-8114-9205-9
- [SH13] SCHMIDT, J.; VAN HOOF, A.: *Architektur einer Service Plattform zur Unterstützung des Betriebs erneuerbarer Energieanlagen*. In: *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2013*, 2013
- [SHE11] SCHNELL, R.; HILL, P. B.; ESSER, E.: *Methoden der empirischen Sozialforschung*. 9. Auflage, München, Deutschland: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, Oktober 2011. – ISBN 978-3-486-59106-4
- [SHS12] SARGENT, K.; HYLAND, P.; SAWANG, S.: *Factors influencing the adoption of information technology in a construction business*. In: *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 12 (2012) 2, S. 72 – 85. – ISSN 1837-9133
- [SI08] SAAKSUVUORI, A.; IMMONEN, A.: *Product Lifecycle Management*. Third Edition, Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, Mai 2008. – ISBN 978-3-540-78173-8
- [Sim13] SIMON, I.: *Management Technischer Dokumentation in der Luftfahrt-industrie - ein unterschätzter Support-Prozess*. In: HINSCH, M. (Hrsg.); OLTHOFF, J. (Hrsg.): *Impulsgeber Luftfahrt. Industrial Leadership durch luftfahrtspezifische Aufbau- und Ablaufkonzepte*. 1. Auflage. Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, März 2013. – ISBN 978-3-642-32668-4, Kapitel 5, S. 95-114
- [SS12] SCHENK, M.; SCHMUCKER, U.: *Der Weg zur Ressourceneffizienten Anlage*. In: SCHENK, M. (Hrsg.): *Der Weg zur ressourceneffizienten Anlage. Tagung - Anlagenbau der Zukunft, 1.-2. März 2012*, 2012, S. 9 – 20
- [Ste04] STELZER, D.: *Portale - Einführung und Überblick*. In: 978-3-4091-2454-6 (Hrsg.); GENTSCH, P. (Hrsg.); LEE, S. (Hrsg.): *Praxishandbuch Portalmanagement: Profitable Strategien für Internetportale*. 1. Auflage. Wiesbaden, Deutschland: Gabler Verlag, Mai 2004
- [Str08] STROHMEIER, S.: *Informationssysteme im Personalmanagement: Architektur - Funktionalität - Anwendung*. 1. Auflage, Wiesbaden, Deutschland: Vieweg+Teubner Verlag, März 2008. – ISBN 978-3-8348-0310-8
- [SW04] SCHENK, M.; WIRTH, S.: *Fabrikplanung und Fabrikbetrieb: Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik*. 1. Auflage, Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, April 2004. – ISBN 978-3-540-20423-7
- [TH08] THEWIHSEN, F.; HOLZAPFEL, T.: *Optimierte Wertschöpfung in der Supply Chain durch effizientes Management von Produktdaten & Lieferanten*. In: BUNDESVERBAND MATERIALWIRTSCHAFT, EINKAUF UND



- LOGISTIK E.V. (Hrsg.): *Tagungsband zum 43. BME-Symposium Einkauf und Logistik - Challenging Markets, 10. - 12. November 2008*. Berlin, Deutschland, 2008
- [TRBS 1201] *Technische Regeln für Betriebssicherheit – TRBS 1201 – Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen*. GMBL. Nr. 50, vom 20.10.08, S. 1042)
- [TRBS 1203] *Technische Regeln für Betriebssicherheit – TRBS 1203 – Befähigte Personen*. GMBL. Nr. 29 vom 12. Mai 2010 S. 627
- [TRD 501] VdTÜV VERBAND DER TECHNISCHEN ÜBERWACHUNGS-VEREINE E.V. (Hrsg.): *TRD 501: Vorprüfung der Unterlagen des Erlaubnisantrages oder der Anzeige - Prüfung der Ausrüstung, der Aufstellung und der Betriebsverhältnisse*. Vom 21. April 1983 (BArbBl. 6/1983 S. 60), Juni 1983
- [TRD 507] VdTÜV VERBAND DER TECHNISCHEN ÜBERWACHUNGS-VEREINE E.V. (Hrsg.): *TRD 507: Wiederkehrende Prüfung - Wasserdruckprüfung*. Vom 21. April 1983 (BArbBl. 6/1983 S. 57) zuletzt geändert am 13. August 1997 (BArbBl. 10/1997 S. 86), Juni 1983
- [TRD 520] VdTÜV VERBAND DER TECHNISCHEN ÜBERWACHUNGS-VEREINE E.V. (Hrsg.): *TRD 520: Richtlinie für das Verfahren der Erlaubnis zur Errichtung und zum Betrieb und für das Verfahren der Anzeige von Dampfkesselanlagen*, September 1981
- [Tro04] TROVARIT AG (Hrsg.): *ERP-Systeme im Maschinen- und Anlagenbau: Marktüberblick, Projekte undAnwenderzufriedenheit*, Oktober 2004
- [VDI 2219] VDI VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V. (Hrsg.): *VDI 2219: Informationsverarbeitung in der Produktentwicklung Einführung und Wirtschaftlichkeit von EDM/PDM-Systemen*, November 2002
- [VDI 2890] VDI VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V. (Hrsg.): *VDI 2890: Planmäßige Instandhaltung - Anleitung zur Erstellung von Wartungs- und Inspektionsplänen*, November 1986
- [VDI 4500-2] VDI VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V. (Hrsg.): *VDI 4500-2: Technische Dokumentation: Organisieren und Verwalten*, November 2006
- [VDM13a] VDMA VERBAND DEUTSCHER MASCHINEN- UND ANLAGENBAU E.V. *Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau*. <http://www.vdma.org/article/-/articleview/648216>. Frankfurt am Main, Deutschland. 2013
- [VDM14] VDMA VERBAND DEUTSCHER MASCHINEN- UND ANLAGENBAU E.V. *Maschinenbau in Zahl und Bild 2014*. Frankfurt am Main, Deutschland. März 2014

- [VGB-R 171] VGB POWERTECH E.V. (Hrsg.): *VGB-R 171: Lieferung der technischen Dokumentation für fossil befeuerte und regenerative Kraftwerke*, 2003
- [VGB-R 506] VGB POWERTECH E.V. (Hrsg.): *VGB-R 506 (Entwurf): Zustandsüberwachung und Prüfung der Komponente von Dampfkesselanlagen und Wasser oder Dampf führende Hochdruckleitungen*, April 2008
- [VGB-S-506] VGB POWERTECH E.V. (Hrsg.): *VGB-Standard-S-506-R-00: Zustandsüberwachung und Prüfung der Komponente von Dampfkesselanlagen, Druckbehälteranlagen und Wasser oder Dampf führende Hochdruckleitungen*, März 2012
- [Völ05] VÖLKER-LEHMKUHL, K.: *Praxis der Bilanzierung und Besteuerung von CO<sub>2</sub>-Emissionsrechten: Grundlagen, Risiken, Fallstudie*. Berlin, Deutschland: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Dezember 2005. – ISBN 978-3-503-09310-6
- [WBS<sup>+</sup>07] WOLFF, H. J.; BACHOF, O.; STOBER, R.; AND, W. K.: *Verwaltungsrecht I. 12.*, neu bearbeitete Auflage, München, Deutschland: Verlag C. H. Beck oHG, Juni 2007. – ISBN 978-3-40655437-7
- [Web06] WEBER, K. H.: *Inbetriebnahme verfahrenstechnischer Anlagen: Praxishandbuch mit Checklisten und Beispielen*. 3., vollständig bearbeitete und aktualisierte Auflage., Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, September 2006. – ISBN 978-3-540-34316-5
- [Web08] WEBER, K. H.: *Dokumentation verfahrenstechnischer Anlagen: Praxishandbuch mit Checklisten und Beispielen*. 1. Auflage, Berlin/Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, August 2008. – ISBN 978-3-540-85123-3
- [Wei05] WEINRAUCH, M.: *Wissensmanagement im technischen Service: Praxisorientierter Gestaltungsrahmen am Beispiel industrieller Großanlagen*. 1. Auflage, Wiesbaden, Deutschland: Deutscher Universitätsverlag, Juli 2005. – ISBN 978-3-8244-8347-1
- [WGP<sup>+</sup>09] WEGLAGE, A.; GRAMLICH, T.; PAULS, B.; PAULS, S.; SCHMELICH, R.; JASEF, T.; WEGLAGE, A. (Hrsg.): *Energieausweis - Das große Kompendium: Grundlagen - Erstellung - Haftung*. 3., aktualisierte Auflage, Wiesbaden, Deutschland: Vieweg+Teubner Verlag, Dezember 2009. – ISBN 978-3-83480862-2
- [Wit01] WITT, H.: *Forschungsstrategien bei quantitativer und qualitativer Sozialforschung*. In: Forum: Qualitative Sozialforschung, Jg. 2 (2001), Februar Nr. 1

- [ZBG<sup>+</sup>01] ZUSER, W.; BIFFL, S.; GRECHENIG, T.; KÖHLE, M.: *Software-Engineering: Mit UML und dem Unified Process*. 1. Auflage, München, Deutschland: Pearson Studium, Oktober 2001. – ISBN 3–8273–7027–2



# Glossar

## Anlagenteil

Ein Anlagenteil ist ein »Ausrüstungsteil einer verfahrenstechnischen Anlage« [DIN EN ISO 10628].

## Bauelement

Ein Bauelement ist »in Abhängigkeit von der Betrachtung die kleinste, als auch unteilbar aufgefasste technische Einheit« [VDI 2890].

## Baugruppe

Eine Baugruppe ist »die Zusammenfassung oder Verbindung von Elementen« [VDI 2890].

## Daten

Daten entstehen durch die Kombination von Zeichen beziehungsweise Zeichenfolgen und der Einhaltung bestimmter Ordnungsregeln (Syntax) [AP01, Nor10].

## Dokument

»Ein Dokument ist eine als Einheit gehandhabte Zusammenfassung oder Zusammenstellung von Informationen, die nicht-flüchtig auf einem Informationsträger gespeichert sind« [DIN 6789-1].

## Dokumentation

»Eine Dokumentation ist die Summe der für einen bestimmten Zweck vollständig zusammengestellten Dokumente« [DIN 6789-1].

## Dokumentenart

»Eine Dokumentenart ist ein Typ eines Dokuments, definiert im Hinblick auf seinen festgelegten Informationsgehalt und die Darstellungsform« [DIN EN 61355-1].

## Einzelteil

Ein Einzelteil ist ein »Teil, das nicht zerstörungsfrei zerlegt werden kann« [DIN 199-1].

## Erzeugnis

Ein Erzeugnis ist »durch Produktion entstandener gebrauchsfähiger beziehungsweise verkaufsfähiger Gegenstand« [DIN 199-1].

### **Geschäftsprozess**

»Allgemein ist ein Geschäftsprozess eine zusammengehörende Abfolge von Unternehmensverrichtungen zum Zweck einer Leistungserstellung. Ausgang und Ergebnis des Geschäftsprozesses ist eine Leistung, die von einem internen und externen 'Kunden' angefordert und abgenommen wird« [Sch02a].

### **Gruppe**

Eine Gruppe ist ein »aus zwei oder mehr Teilen und/oder Gruppen niedrigerer Ordnung bestehender Gegenstand« [DIN 199-1].

### **Information**

Information entsteht, wenn Daten strukturiert eine Bedeutung zugewiesen wird [AP01, RD07, Nor10]. Durch individuelle Interpretation werden objektive Daten zur subjektiven Information.

### **Metadaten**

»Metadaten sind Daten über Daten« [HN05]. Sie werden dazu verwendet, Daten, die sie beschreiben, besser zu verstehen, zu verwalten und zu verwenden.

### **Produkt**

Ein Produkt ist das »Ergebnis eines Satzes von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Tätigkeiten, der Eingaben in Ergebnisse umwandelt« [DIN ISO 15226].

### **Rechtsquelle**

Eine Rechtsquelle stellt die »Grundlage eines Rechtssatzes [F.A91]«, so dass aus ihr das geltende Recht entnommen werden kann [WBS<sup>+</sup>07].

### **Technische Dokumentation**

»Eine Technische Dokumentation ist eine Dokumentation in der für technische Zwecke erforderlichen Art und Vollständigkeit« [DIN 6789-1] .

### **Technische Produktdokumentation**

»Eine Technische Produktdokumentation ist die Gesamtheit der während der Lebensphase eines Erzeugnisses erstellten Technischen Dokumente« [DIN 6789-1].

### **Technisches Dokument**

Ein Technisches Dokument ist »ein Dokument in der für technische Zwecke erforderlichen Art und Vollständigkeit« [DIN 6789-1].

### **Teilanlage**

Eine Teilanlage ist der »Teil einer [...] Anlage, der zumindest zeitweise selbständig betrieben werden kann« [DIN EN ISO 10628].

**Verfahren**

Ein Verfahren ist der »*Ablauf von chemischen, physikalischen oder biologischen Vorgängen zur Gewinnung, Transport oder Lagerung von Stoffen oder Energie*« [DIN EN ISO 10628].

**Verfahrenstechnische Anlage**

Eine verfahrenstechnische Anlage sind die »*für die Durchführung eines Verfahrens notwendigen Einrichtungen und Bauten*« [DIN EN ISO 10628].

**Wissen**

Wissen entsteht durch die Interpretation und die gleichzeitige Vernetzung von Information im Kontext des Informationsempfängers (Pragmatik) [AP01, RD07, Nor10].

**Zeichen**

Zeichen sind Elemente eines Alphabets. Sie bestehen aus Buchstaben, Ziffern und Sonderzeichen und bilden in ihrer Gesamtheit einen Zeichenvorrat. Zur Darstellung von Zeichen gibt es vorgegebene Regeln (Syntax), die die Beziehungen eines Zeichens zu anderen Zeichen reglementieren [Nor10].





## Anhang A

# Anforderungsanalyse

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse von Ist-Analysen dargestellt, die in verschiedenen Unternehmen durchgeführt worden sind. Die Analysen dienen dazu, Schwachstellen in durchzuführenden Geschäftsprozessen zu identifizieren und Handlungsfelder abzuleiten. Ein weiteres Ziel der Ist-Analysen ist die Identifikation der in den Geschäftsprozessen erforderlichen Informationen und Dokumente, die in das Konzept mit einfließen.

### A.1 Analysemethode

Die zur Analyse verwendete Methode orientiert sich stark an der zirkulären Strategie, die hauptsächlich in der qualitativen Sozialforschung Anwendung findet [Wit01, Lam10]. Bei dieser Strategie werden die einzelnen Analyseschritte mehrfach durchlaufen und der jeweils nächste Schritt hängt von den Ergebnissen der vorhergehenden Analyseschritten ab [Wit01]. In Abbildung A.1 ist die in dieser Arbeit verwendete Analysemethode dargestellt.

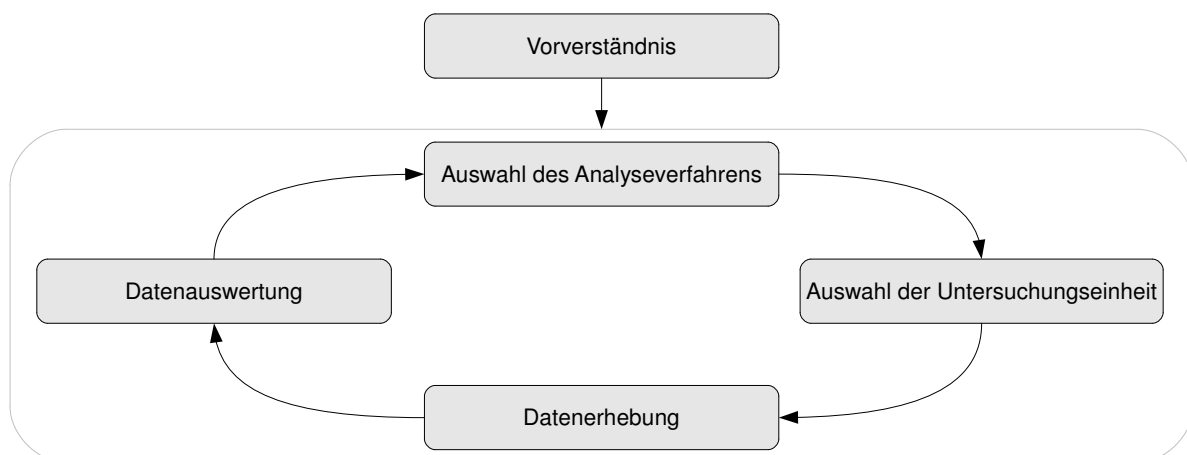


Abbildung A.1: Verwendete Analysemethode in Anlehnung an [Wit01, Lam10]

Nach einem Vorverständnis, das durch Literaturrecherchen und erste Gespräche mit Experten erworben wurde, wird ein passendes Erhebungsverfahren ausgewählt. Für die in dieser Arbeit durchgeführten Analysen wurde das qualitative Interview verwendet, das im Folgenden noch detaillierter vorgestellt wird. Diese Datenerhebungsmethode bietet sich vor allem an, wenn für ein Themengebiet wenig oder keine Literatur vorhanden ist, was beispielsweise für den Prozess *Prüftechnischen Teil der Revision entsprechend der TÜV-Experten-Methode durchführen* der Fall war [Die07]. Die Auswahl der Untersuchungseinheit beinhaltet für das qualitative Interview die Auswahl der Interviewpartner. Während der Durchführung der Interviews wird das Vorverständnis verbessert und neue Personengruppen für weitere Interviews identifiziert. Über den gesamten Analyseprozess wurden folgende Experten ausgewählt:

- drei Experten der TÜV Rheinland AG, die an der Durchführung des Prüftechnischen Teils in Revisionen beteiligt sind und an der Erstellung der [VGB-R 506] beteiligt waren,
- ein Leiter der Instandhaltung einer Anlage, der die Instandhaltung dieser Anlage koordiniert und dokumentiert,
- zwei Experten für zerstörungsfreie Prüfungen, die diese Prüfungen unter anderem in Zusammenarbeit mit der TÜV Rheinland AG bei Anlagen durchführen,
- ein Experte für Instandhaltung aus dem Fraunhofer IFF, der an der Erstellung und Umsetzung von Instandhaltungskonzepten bei mehreren Unternehmen beteiligt war,
- vier Experten aus dem Fraunhofer IFF, die für die Zusammenstellung von verfahrenstechnischen Anlagen verantwortlich sind, die vom Fraunhofer IFF realisiert wurden.

Die Einzelinterviews wurden mit den ausgewählten Experten als Leitfadengespräche nach [SHE11] durchgeführt. Diese Befragungsform wurde gewählt, da die Gruppe der Experten aus den Bereichen zum Teil nur in kleiner Zahl vorhanden ist. Die Form des Interviews ist eine offene, teilstandardisierte Befragung. Dabei kann sich der Befragte frei äußern und die Sachverhalte widerlegen, die ihm wichtig erscheinen. Der Interviewer stellt dabei dem Befragten keine vorformulierten Fragen und die Reihenfolge der Befragung ist nicht festgelegt [HieGre0505]. Dem Interviewer und Befragten lagen die bisherigen Analyseergebnisse vor und wurden im Verlauf des Interviews weiter detailliert beziehungsweise überprüft.

Die Ergebnisse wurden mit Hilfe der Unified Modeling Language (UML) 2.4.1 [OMG10, OMG10a] aufbereitet und in Form von Anwendungsfällen, Anwendungsfallbeschreibungen, Aktivitätsdiagrammen und Klassendiagrammen dokumentiert. UML bietet sich für die Aufgabenstellung in dieser Arbeit besonders an, da mit Hilfe von UML verschiedene Sichten auf einen bestimmten Sachverhalt dargestellt werden können, um so die Komplexität des betrachteten Sachverhaltes zu bewältigen. Es ist möglich, die Ergebnisse von Geschäftsprozessanalysen mit Hilfe von UML zu dokumentieren. So beinhaltet nach [OWS<sup>+</sup>03, OBS12] jeder Anwendungsfälle einen Geschäftsprozess, dessen Ablauf mit Hilfe von Aktivitätsdiagrammen dargestellt werden kann [Pfl06].

Im Folgenden werden die Analyseergebnisse in Form von Anwendungsfällen vorgestellt.

## A.2 Anwendungsfälle in der Lebenszyklusphase »Betrieb«

In der Lebenszyklusphase *Betrieb* werden verschiedene Geschäftsprozesse durchgeführt. Bevor detailliert auf die Geschäftsprozesse eingegangen wird, werden zunächst die Akteure vorgestellt, die an diesen Geschäftsprozesse beteiligt sind, um einen Überblick über die Betriebsphase zu geben.

### A.2.1 Akteure in der Lebenszyklusphase »Betrieb«

Die Akteure und deren Beziehungen untereinander sind in Abbildung A.2 in Form eines Anwendungsfalldiagramms zusammenfassend dargestellt.

Der Betreiber ist für den sicheren Betrieb seiner Anlage verantwortlich. Dazu muss er beispielsweise den Zustand der Anlage überprüfen. Falls die Anlage Erzeugnisse enthält, die nach [ProdSG] als überwachungsbedürftige Anlage einzustufen sind, müssen diese in bestimmten Fristen wiederkehrend auf ihren ordnungsgemäßen Zustand durch eine Zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS) überprüft werden [BetrSichV]. Zugelassene Überwachungsstellen werden von der Zentralstelle der Länder für Sicherheitstechnik (ZLS) akkreditiert, wenn diese zum einen die Anforderungen gem. §13 des Produktsicherheitsgesetzes [ProdSG] und zum anderen die speziellen Anforderungen des §21 der Betriebssicherheitsverordnung [BetrSichV] erfüllt. Die Fristen für wiederkehrende Prüfungen überwachungsbedürftiger Anlagen müssen vom Betreiber ermittelt werden. Je nach Anlagenzustand ist es möglich längere beziehungsweise kürzere Prüffristen zu wählen. Eine zugelassene Überwachungsstelle kann dem Betreiber Hinweise

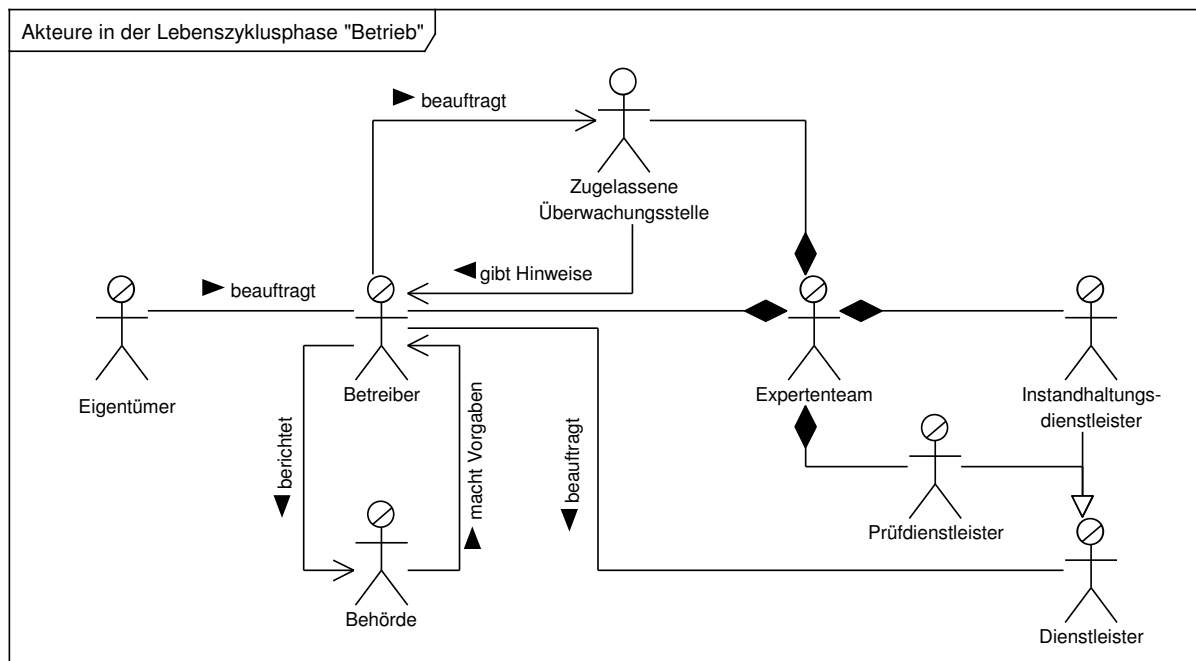


Abbildung A.2: Anwendungsfalldiagramm: Beteiligte Akteure in der Lebenszyklusphase »Betrieb« und ihre Beziehungen

bezüglich der von ihm festzulegenden Prüffristen geben. Die ermittelten Prüffristen müssen innerhalb von sechs Monaten nach Inbetriebnahme der ZÜS mitgeteilt werden [BetrSichV], die die ermittelten Fristen des Betreibers prüft. Der Betreiber muss eine zugelassene Überwachungsstelle mit der Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen beauftragen.

Wiederkehrende Prüfungen können innerhalb von Revisionen gebündelt werden, um Stillstandszeiten einer Anlage zu minimieren. Der Betreiber hat die Möglichkeit mit Hilfe einer Expertenmethode, die in [VGB-R 506] beschrieben ist, den Prüfumfang innerhalb einer Revision zu minimieren. Dazu benötigt er ein Expertenteam, das aus Vertretern der Zugelassenen Überwachungsstelle, dem Betreiber, den Instandhaltungsdienstleistern und Prüfdienstleistern besteht. Die Grundlage für die Anwendung dieser Expertenmethode beruht auf der Sammlung von Erfahrungen aus dem Betrieb der Anlage, der Durchführung werkstofftechnischer Untersuchungen, der Erfassung zustandsrelevanter Prozessdaten zum Beispiel für die Erschöpfungsbeurteilung sowie der Analyse dieser Informationen. Auf dieser Informationsbasis bestimmt das Expertenteam den Prüfumfang einer anstehenden Revision. Es werden dabei Aspekte wie Schadensanfälligkeiten, Gefährdungspotenzial, Verfügbarkeitsrelevanz sowie die Zuverlässigkeit der Beurteilungsbasis berücksichtigt. Mit der Durchführung der festgelegten Prüfung werden dann entsprechende Prüfdienstleister beauftragt. Die Expertenmethode wird detailliert in Abschnitt vorgestellt.

Innerhalb der Betriebsphase sind zusätzlich zu den wiederkehrenden Prüfung Tätigkeiten bezüglich der Instandhaltung durchzuführen. Dazu beauftragt der Betreiber Instandhaltungsdienstleister.

Die vorgestellten Akteure sind in der Betriebsphase an verschiedenen Geschäftsprozessen beteiligt, die im Folgenden als Anwendungsfälle dargestellt werden. Die Anwendungsfälle sind in Abbildung A.3 zusammenfassend dargestellt und werden im Folgenden detaillierter beschrieben. Der Anwendungsfall *Anlage betreiben* beinhaltet die Anwendungsfälle *Anlage nutzen*, *Revision durchführen* und *Anlage instand halten* und wird vom Eigentümer der Anlage initiiert. Der Betreiber nimmt an den Anwendungsfällen *Anlage betreiben* und *Anlage nutzen* teil.

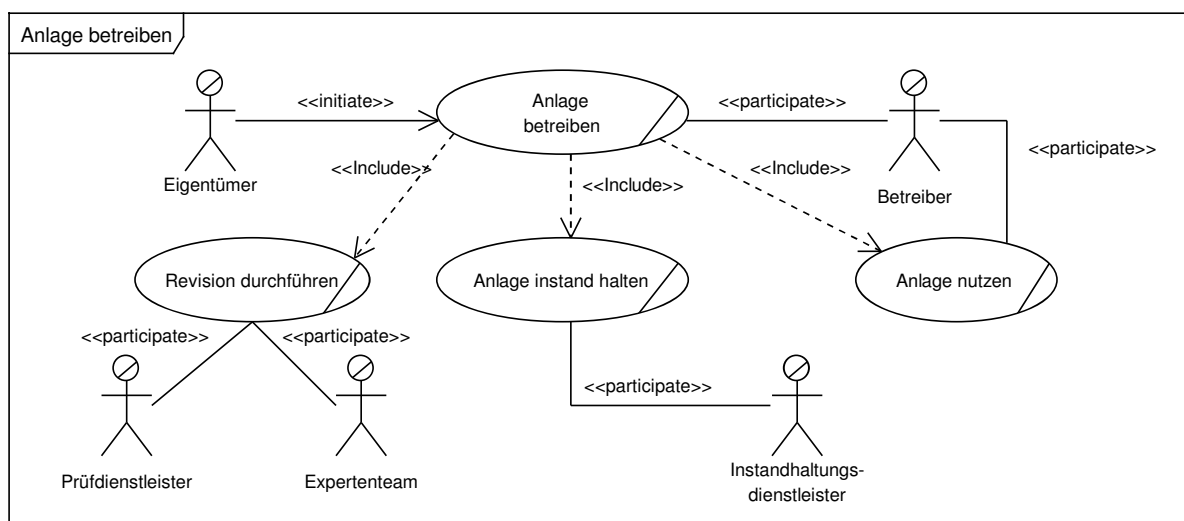


Abbildung A.3: Anwendungsfalldiagramm »Anlage betreiben«

An dem Anwendungsfall *Anlage instand halten* nimmt der Dienstleister Instandhaltung teil. der Instandhaltungsmaßnahmen koordiniert und durchführt. An dem Anwendungsfall *Revision durchführen* nimmt das Expertenteam teil, das festlegt, welche Erzeugnisse der Anlage geprüft werden müssen, und der Prüfdienstleister, der die festgelegten Prüfungen durchführt.

### A.2.2 Anwendungsfall »Revision durchführen«

Der Anwendungsfall *Revision durchführen* wird vom Betreiber der Anlage initiiert, um eine Revision durchzuführen. Er beinhaltet den Anwendungsfall *Prüftechnischen Teil durchführen*, der die Prozesse für den prüftechnischen Teil einer Revision kapselt. Zusätzlich zu dem prüftechnischen Teil kann in einer Revision der Anwendungsfall *Anlage instand halten* durchgeführt werden, um verschiedene Instandhaltungstätigkeiten innerhalb einer Revision realisieren zu können. Der Anwendungsfall *Prüftechnischen Teil durchführen* kann entsprechend verschiedener Vorgehensweisen durchgeführt werden. So kann die Anlage entsprechend der festgelegten Zyklen der wiederkehrenden Prüfung durchgeführt werden oder es werden lediglich Erzeugnisse entsprechend ihres Zustandes geprüft, um so eine Prüffristenverlängerung zu erreichen. In [VGB-R 506] werden drei Verfahren zur Zustandsbewertung beschrieben. Im Folgenden wird exemplarisch die Durchführung des prüftechnischen Teils entsprechend der Experten-Methode in der TÜVAusprägung detaillierter betrachtet, da nur für diese Methode Experten zur Befragung zur Verfügung standen und somit nur für diese Methode valide Analyseergebnisse erzielt werden konnten. An diesem Anwendungsfall ist das Expertenteam beteiligt. Der Anwendungsfall *Revision durchführen* ist in Abbildung A.4 in Form eines Anwendungsfalldiagramms zusammenfassend dargestellt.

Im Folgenden wird der Anwendungsfall *Prüftechnischen Teil entsprechend Experten-Methode durchführen (TÜV-Ausprägung)* detaillierter dargestellt. Zu diesem Anwendungsfall gehören verschiedene Aufgaben. Es wird beispielsweise festgelegt, welche Erzeugnisse geprüft werden müssen, der Prüfumfang, -art und -verfahren werden festgelegt, die Prüfung wird durchgeführt und das Prüfergebn muss ausgewertet werden. Der Anwendungsfall *Prüftechnischen*

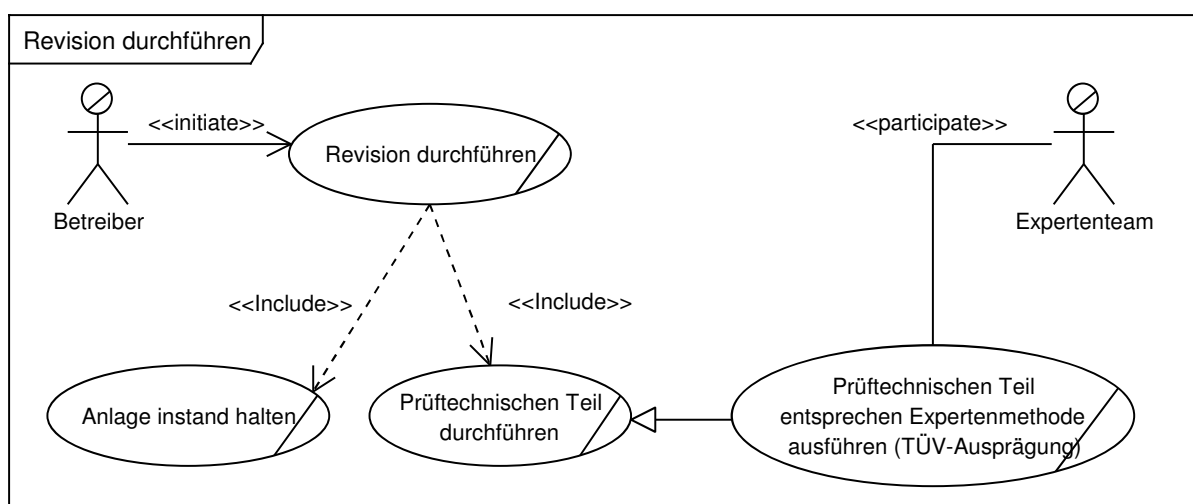


Abbildung A.4: Anwendungsfalldiagramm »Revision durchführen«

Teil entsprechend Experten-Methode durchführen (TÜV-Ausprägung) ist in Tabelle A.1 detailliert beschrieben.

Der Anwendungsfall *Prüftechnischen Teil entsprechend Experten-Methode (TÜV-Ausprägung)* durchführen erfolgt nach dem Ablauf, der in Abbildung A.5 in Form eines Aktivitätsdiagramms dargestellt ist.

Name:	Prüftechnischen Teil entsprechend Experten-Methode durchführen (TÜV-Ausprägung)
Kurzbeschreibung:	Eine Revision wird durchgeführt. Es werden nur die Erzeugnisse einer Prüfung durch die ZÜS unterzogen, bei denen dies notwendig ist. Die Prüfungen werden durchgeführt und die Ergebnisse und Entscheidungen dokumentiert.
Akteur:	Expertenteam, Dienstleister Prüfung, Hersteller, Dienstleister Instandhaltung
Auslöser:	Die Anlage muss einer Revision unterzogen werden.
Ergebnis(se):	Die erforderlichen Prüfungen wurden durchgeführt und die Ergebnisse und Entscheidungen dokumentiert. Eventuell aufgetretene Mängel wurden behoben beziehungsweise Auflagen für den Weiterbetrieb festgelegt.
Eingehende Daten:	Zustand der Erzeugnisse, Wiederholprüfzyklus der Erzeugnisse, Non-Conformity-Reports, Lebensdauerberechnung der Erzeugnisse, Genehmigungsantrag
Vorbedingungen:	Keine
Nachbedingungen:	Die erforderlichen Prüfungen wurden durchgeführt und die entsprechenden Prüfbescheinigungen liegen vor. Die Anlage darf weiter betrieben werden.
Grober Ablauf:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Das Expertenteam legt die zu prüfenden Komponenten fest.</li> <li>2. Für jede Komponente wird eine Ordnungsprüfung durchgeführt, der Sollzustand und die Prüfmethode, -verfahren und -umfang festgelegt, die Prüfung wird durchgeführt, das Ergebnis bewertet.</li> <li>3. Die Prüfungen werden dokumentiert und die entsprechenden Prüfbescheinigungen ausgestellt.</li> </ol>

Tabelle A.1: Anwendungsfallbeschreibung »Prüftechnischen Teil entsprechend Experten-Methode durchführen (TÜV-Ausprägung)«

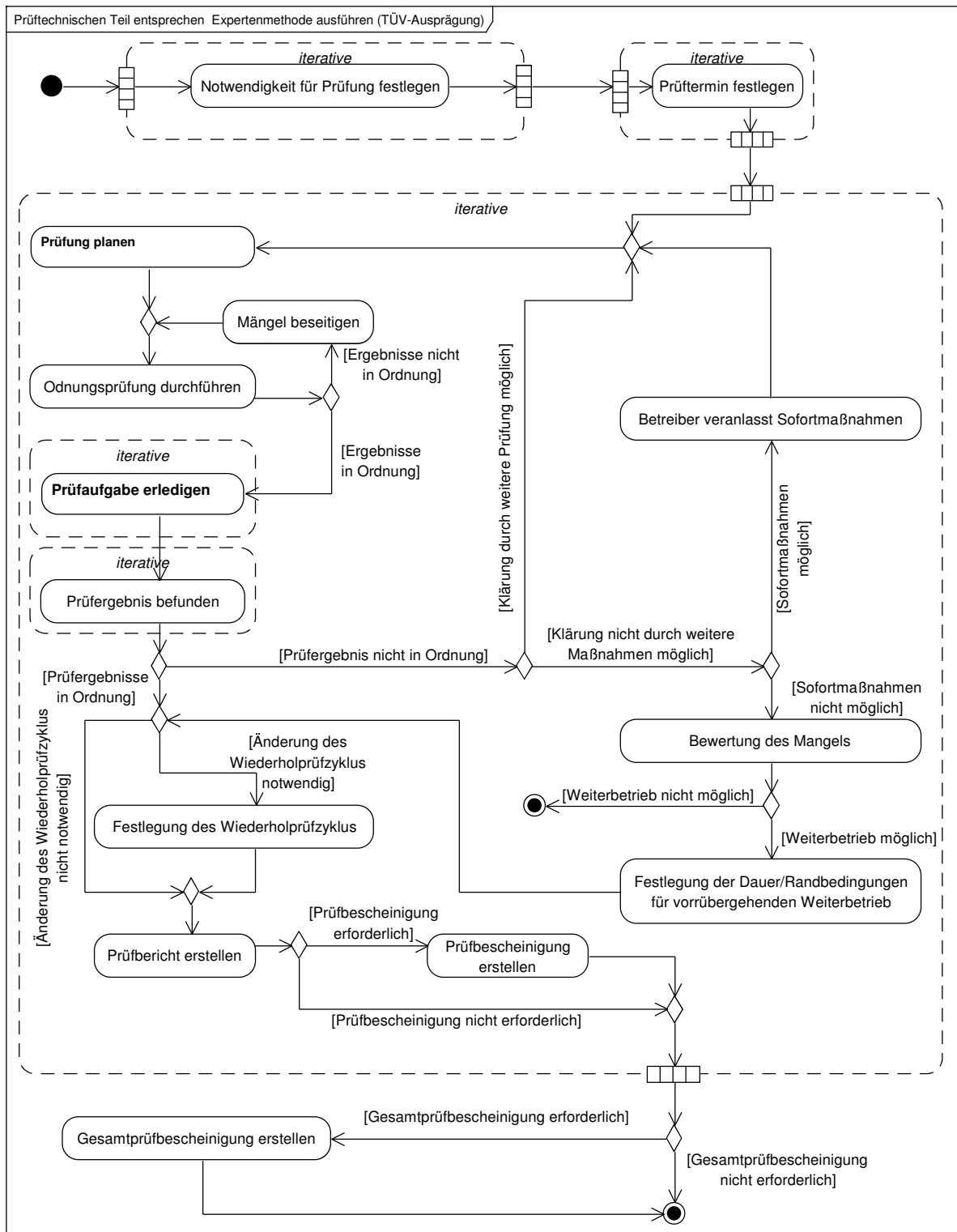


Abbildung A.5: Aktivitätsdiagramm »Prüftechnischen Teil entsprechend Experten-Methode durchführen (TÜV-Ausprägung)«

Es wird für jedes Erzeugnis festgelegt, ob ein Erzeugnis in der anstehenden Revision geprüft wird oder nicht. Für diese Entscheidung sind verschiedene Informationen notwendig, wie eine Risikobewertung der Erzeugnisse, Befunde der bisher durchgeführten Prüfungen, Non-Conformity-Reports aus der Bau- und Montageüberwachung oder Lebensdauerberechnungen. Dann werden die Termine für die einzelnen Prüfungen festgelegt und die Prüfungen geplant, das heißt, die einzelnen Prüfaufgaben der Prüfung werden festgelegt. Für jedes zu prüfende Erzeugnis wird eine Ordnungsprüfung durchgeführt. Falls die Ergebnisse nicht den Anforderungen entsprechen, müssen die aufgetretenen Mängel beseitigt werden und die Ordnungsprüfung wird erneut durchgeführt. Falls das Ergebnis der Ordnungsprüfung den Anforderungen entspricht, werden die festgelegten Prüfaufgaben durchgeführt. Die Prüfergebnisse werden befundet. Falls das Ergebnis der Prüfung den Anforderungen entspricht, wird überprüft, ob eine Anpassung des Wiederholprüfzyklus erforderlich ist. Wenn ja, wird dieser angepasst. Dann wird ein Prüfbericht erstellt und falls erforderlich eine Prüfbescheinigung der durchgeführten Prüfung ausgestellt. Ist eine Gesamtprüfbescheinigung für alle in der Revision durchgeführten Prüfungen erforderlich, wird diese ebenfalls erstellt.

Falls das Prüfergebnis nicht den Anforderungen entspricht, muss geprüft werden, ob eine Klärung mit Hilfe weiterer Prüfungen möglich ist. Wenn ja, werden weitere Prüfungen veranlasst und durchgeführt, wenn nicht, wird entschieden, ob Sofortmaßnahmen möglich sind. Wenn ja, veranlasst der Betreiber Sofortmaßnahmen und die Prüfung wird erneut durchgeführt, wenn nicht, entscheidet das Expertenteam ob die Anlage weiter betrieben werden kann. Wenn Sie nicht weiterbetrieben werden kann, wird die Revision beendet und die Anlage kann nicht mehr in Betrieb genommen werden. Falls sie weiterbetrieben werden kann, werden die Auflagen für den Weiterbetrieb festgelegt und ein neuer Prüftermin spezifiziert. Nachdem der Prüftermin festgelegt wurde, wird gegebenenfalls der Wiederholprüfzyklus geändert und eine Einzelprüfbescheinigung ausgestellt. Nachdem alle festgelegten Erzeugnisse geprüft wurden, wird gegebenenfalls eine Gesamtprüfbescheinigung erstellt.

In dem Anwendungsfall »Prüftechnischen Teil entsprechend Experten-Methode durchführen (TÜV-Ausprägung)« werden verschiedene Daten, Informationen und Dokumente benötigt beziehungsweise erzeugt. Diese sind in Abbildung A.6 als Domänenmodell in Form eines Klassendiagramms dargestellt und werden im Folgenden beschrieben. In einem Domänenmodell werden die Daten, Informationen und Dokumente, die in der betrachteten Domäne existieren, identifiziert und mit deren Beziehungen untereinander modelliert. Die einzelnen Klassen repräsentieren die Daten, Informationen und Dokumente, die in dem betrachteten Anwendungsfall genutzt - also eingegeben, angezeigt, erzeugt etc. - werden. Ziel des Domänenmodells ist es, ein Modell über fachlichen Zusammenhänge, das heißt ein abstraktes fachliches Datenschema zu erstellen, das als Basis für die Entwicklung eines ganzheitlichen Datenschemas im Soll-Konzept dient [Pfl06].

Eine Revision besteht aus einem prüftechnischen Teil. An dem prüftechnischen Teil ist das Expertenteam beteiligt, das eine Zustandsbewertung der einzelnen Erzeugnisse in der Anlage durchführt. Im Ergebnis des prüftechnischen Teils kann eine Gesamtprüfbescheinigung ausgestellt werden. Der prüftechnische Teil besteht aus mindestens einer Prüfung, die von einem Prüfdienstleister durchgeführt wird. Dieser muss bei der Durchführung der Prüfung verschiedene Rechtsquellen beachten. So wird zum Beispiel in der [TRD 507] der Umfang von Wasserdruckprüfungen und die Höhe des zu verwendenden Wasserdrucks festgelegt.





Zu der durchzuführenden Prüfung wird ein Prüfplan erstellt, der die verschiedenen Prüfaufgaben zusammenfasst. Eine Prüfaufgabe legt fest, welcher Prüfpunkt an einem Erzeugnis mit welchem Mess- und Prüfverfahren geprüft wird. Um das Mess- und Prüfverfahren einsetzen zu können, sind bestimmte Qualifikationen notwendig. Zum einen muss eventuell der Prüfdienstleister diese Qualifikationen erfüllen, zum anderen muss das Unternehmen, bei dem der Prüfdienstleister angestellt ist, unter Umständen bestimmte Qualifikationen besitzen und diese durch Qualifikationsnachweise wie beispielsweise Zertifikate nachweisen können. So muss eine Person, die eine Prüfung nach §10 BetrSichV durch befähigte Personen [BetrSichV] durchführt, entsprechend [TRBS 1203] beispielsweise über eine abgeschlossene Berufsausbildung verfügen, die an Hand eines Berufsabschlusses oder eines vergleichbaren Qualifikationsnachweises festgestellt werden kann. In bestimmten Fällen, die in §14 und §15 der BetrSichV [BetrSichV] aufgeführt werden, ist die Prüfung einer überwachungsbedürftigen Anlage durch eine zugelassene Überwachungsstelle erforderlich. In diesem Fall muss auch das Unternehmen, das mit der Durchführung der Prüfung beauftragt wurde, eine Akkreditierung als ZÜS nachweisen.

Im Ergebnis der Prüfung entstehen ein Prüfbericht und eine Prüfbescheinigung, falls diese erforderlich ist. Der Prüfbericht beinhaltet die Qualifikationsnachweise des Prüfdienstleisters und seines Arbeitgebers. Er beinhaltet das Prüfergebnis und den Befund, das eingesetzte Mess- und Prüfverfahren und die eingesetzte Mess- und Prüftechnik und eventuell Handlungsempfehlungen, um aufgetretene Mängel zu beseitigen. Die Prüfungen, die an einem Erzeugnis durchgeführt worden sind, werden in einem Prüfbuch gesammelt.

### A.2.3 Anwendungsfall »Anlage nutzen«

Der Anwendungsfall *Anlage nutzen* beinhaltet den Anwendungsfall *Technische Dokumentation überprüfen*, *Anlagendokumentation pflegen* und *Condition Monitoring durchführen*. Der Anwendungsfall *Technische Dokumentation überprüfen* wird von der Behörde initiiert und der Betreiber ist daran beteiligt, wie in Abbildung A.7 dargestellt.

Der Anwendungsfall *Technische Dokumentation überprüfen* ist in Tabelle A.2 detailliert beschrieben.

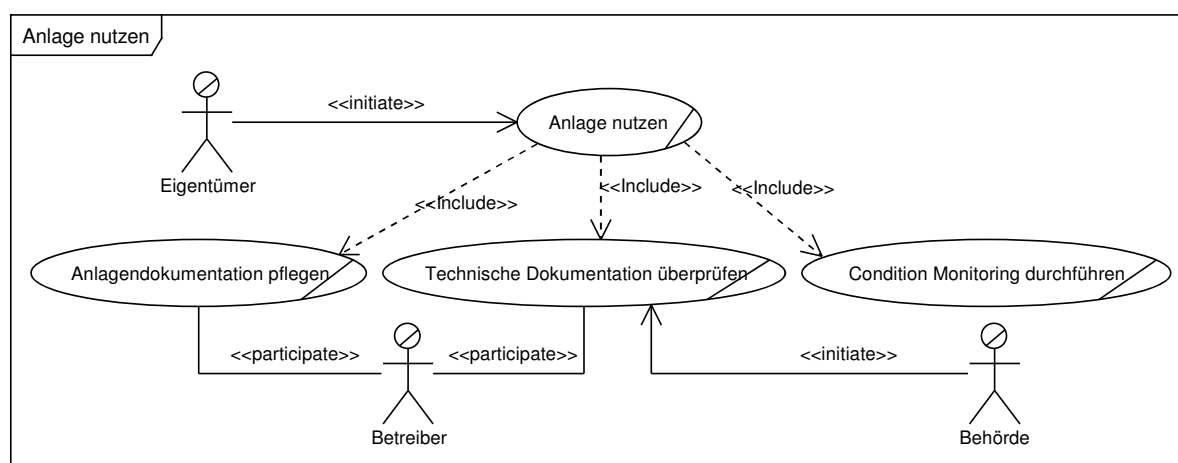


Abbildung A.7: Anwendungsfalldiagramm »Anlage nutzen«

Name:	Technische Dokumentation überprüfen
Kurzbeschreibung:	Die Behörde überprüft die Technische Dokumentation einer Anlage.
Akteur:	Betreiber, Behörde
Auslöser:	Die Behörde prüft auf Verdacht, ob die Technische Dokumentation zu einer Anlage aktuell ist.
Ergebnis(se):	Die Technische Dokumentation wurde von der Behörde überprüft.
Eingehende Daten:	Technische Dokumentation der Anlage, Rechtsquellen
Vorbedingungen:	Keine
Nachbedingungen:	Keine
Grober Ablauf:	
1.	Die Behörde legt den Termin für die Überprüfung fest.
2.	Die Überprüfung wird an dem festgelegten Termin durchgeführt.
3.	Das Ergebnis der Überprüfung wird ausgewertet und in einem Bericht dokumentiert.
4.	Falls Mängel aufgetreten sind, wird eine Frist festgesetzt, in der die Mängel beseitigt werden müssen.

Tabelle A.2: Anwendungsfallbeschreibung »Technische Dokumentation überprüfen«

Die Behörde ist dazu berechtigt, die Technische Dokumentation einer Anlage auf Aktualität zu überprüfen. Der Hersteller, der ein Erzeugnis in Verkehr bringt, das nach [2006/42/EG] als Maschine klassifiziert werden kann, ist dazu verpflichtet, eine Technische Dokumentation zu diesem Erzeugnis vorzuhalten und auf Verlangen der Behörde vorzulegen. Falls ein Betreiber Umbaumaßnahmen an einer Anlage durchführt wird er entsprechend [2006/42/EG] als Hersteller dieser Anlage eingestuft, so dass er eine Technische Dokumentation dieser Anlage vorhalten muss. In [2006/42/EG] wird festgelegt, aus welchen Dokumentenarten eine Technische Dokumentation mindestens bestehen muss. Die Inhalte der jeweiligen Dokumentenarten werden jedoch nicht oder nur oberflächlich festgelegt, so dass es sehr schwierig ist, festzustellen, ob eine Dokumentation vollständig und aktuell ist. Es gibt diverse Richtlinien und Normen, die erforderliche und optionale Dokumentenarten von Anlagen beschreiben. So werden beispielsweise in der [DIN 28000-1] einige Dokumentenarten, die im Anlagenlebenszyklus entstehen, aufgelistet. Aber auch hier werden nur eingeschränkte Hinweise zu konkreten Dokumentinhalten gegeben. Hier muss also ein entsprechendes Modell erarbeitet werden, dass die Vorgaben aus den verschiedenen Rechtsquellen vereinigt und als Basis für die Überprüfung dienen kann. Der Anlagenbetreiber sollte in jedem Fall daran interessiert sein, eine aktuelle und vollständige Anlagendokumentation bereitstellen zu können. Nur so kann ein wirtschaftlicher und sicherer Anlagenbetrieb gewährleistet werden.

Die Behörde kündigt die Überprüfung der Technischen Dokumentation der verfahrenstechnischen Anlage beim Betreiber an und setzt einen Termin fest. Zum angekündigten Termin wird die Überprüfung der Technischen Dokumentation durchgeführt. Der Betreiber legt der Behörde

zum vereinbarten Zeitpunkt die Technische Dokumentation vor. Die Behörde überprüft diese auf Vollständigkeit. Nachdem die Überprüfung abgeschlossen ist, wertet die Behörde die Ergebnisse aus und erstellt einen Bericht über den Zustand der Technischen Dokumentation. Sollten Mängel festgestellt worden sein, so setzt die Behörde eine Frist, in der die Mängel beseitigt werden sollten. Wie der mögliche Ablauf einer Überprüfung durch die Behörde aussehen kann, ist der Abbildung A.8 dargestellt.

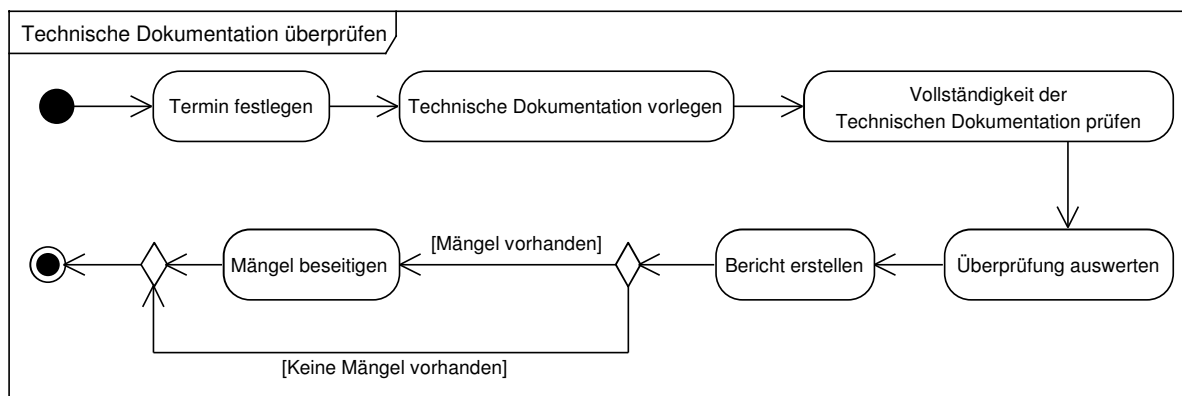


Abbildung A.8: Aktivitätsdiagramm »Technische Dokumentation überprüfen«

Innerhalb der analysierten Anwendungsfälle der Betriebsphase einer Anlage werden unterschiedlichste Daten, Informationen und Dokumente benötigt. Zum Teil kommen diese schon aus vor dem Betrieb liegenden Lebenszyklusphasen. Um festzustellen, ob in den vorgelagerten Lebenszyklusphasen weitere Daten, Informationen und Dokumente entstehen, die in der Betriebsphase benötigt werden, wurden auch einige Geschäftsprozesse aus vorgelagerten Lebenszyklusphasen analysiert. Damit soll identifiziert werden, ob Lücken in der Informationsversorgung bis in die Betriebsphase existieren. Die Ergebnisse der durchgeführten Analysen werden im Folgenden vorgestellt. Es wurde im speziellen die Genehmigung, die Bau- und die Montageüberwachung der Anlage untersucht. Diese finden in verschiedenen Lebenszyklusphasen statt. Die Genehmigung findet in der Lebenszyklusphase Entwicklung/Konstruktion statt und die Bau- und die Montageüberwachung findet in der Lebenszyklusphase Herstellung statt.

### A.3 Anwendungsfälle in der Lebenszyklusphase »Entwicklung/Konstruktion«

In der Lebenszyklusphasen, die vor dem Betrieb, durchlaufen werden, unterscheiden sich die Akteure zu denen in der Betriebsphase, so dass diese zunächst vorgestellt werden, um einen Überblick über die Lebenszyklusphase *Entwicklung/Konstruktion* und *Herstellung* zu geben.

#### A.3.1 Akteure in den Lebenszyklusphasen vor dem »Betrieb«

In Abbildung A.9 sind die relevanten Akteuren und deren Beziehungen untereinander zusammenfassend dargestellt.

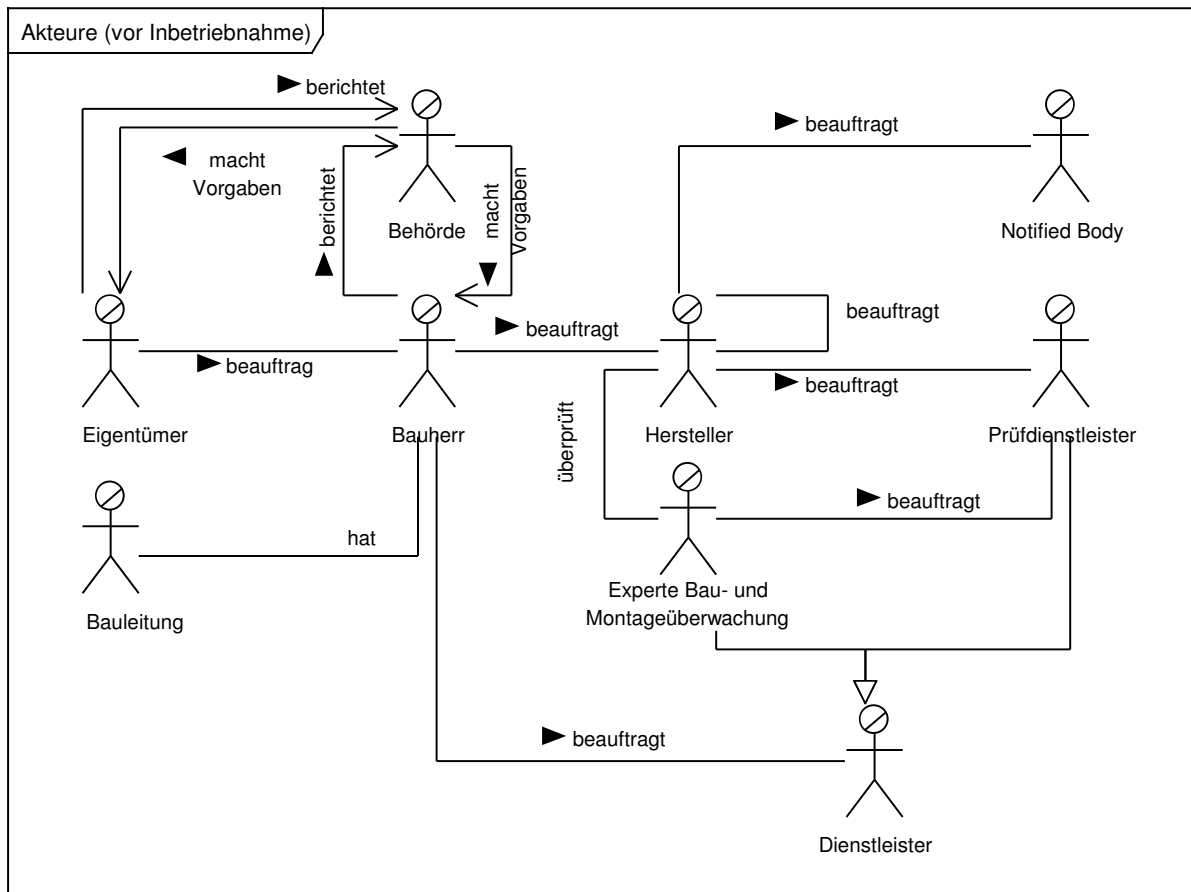


Abbildung A.9: Anwendungsfalldiagramm: Beteiligte Akteure vor der Inbetriebnahme und ihre Beziehungen

Im Lebenszyklus einer verfahrenstechnischen Anlage sind verschiedene Akteure von Bedeutung. So wird beispielsweise ein Bauherr mit dem Bau einer verfahrenstechnischen Anlage vom späteren Eigentümer beauftragt. Der Bauherr wiederum beauftragt verschiedene Hersteller mit der Fertigung einzelner Erzeugnisse. Die einzelnen Hersteller können weitere Hersteller damit beauftragen, (Teil-)Erzeugnisse zu fertigen.

Falls der Bauherr eine Anlage plant, die nach [ProdSG] als überwachungsbedürftige Anlage einzustufen ist beziehungsweise Erzeugnisse enthält, die als überwachungsbedürftige Anlage eingestuft werden, stellt der Hersteller der Erzeugnisse vor der Fertigung einen Erlaubnis Antrag. Während des Erlaubnisverfahrens wird geprüft, ob der Hersteller die Erzeugnisse entsprechend seiner Konstruktion fertigen darf. Falls die Konstruktion nicht den rechtlichen Vorgaben entspricht, muss der Hersteller die Konstruktion entsprechend ändern. Wenn die Konstruktion den rechtlichen Anforderungen entspricht, kann sie gefertigt werden.

Während der Fertigung der verfahrenstechnischen Anlage beziehungsweise der einzelnen Erzeugnisse kann der Hersteller Prüfdienstleister beauftragen, um die Qualität seiner Arbeit abzusichern. Am Ende der Fertigung führt der Notified Body eine Abnahmeprüfung durch, sofern die Anlage oder Teile davon als überwachungsbedürftige Anlage eingestuft wurden.

Der Bauherr ist für die Fertigung und die Montage der Anlage beziehungsweise der einzelnen Erzeugnisse verantwortlich. Um diese Aufgabe entsprechend der gestellten Anforderungen erfüllen zu können, beauftragt er während der Fertigung und der Montage verschiedene Dienstleister. Zum einen beauftragt er Prüfdienstleister, Prüfungen durchzuführen und zum anderen beauftragt er einen Experten Bau- und Montageüberwachung, der sowohl die Bauüberwachung als auch die Montageüberwachung durchführt. Der Experte Bau- und Montageüberwachung kann Prüfdienstleister mit der Durchführung von Prüfungen beauftragen, um die Qualität einzelner Arbeiten zu bestimmen und sicherzustellen.

Die Herstellung wird durch eine Abnahmeprüfung des Notified Body abgeschlossen, sofern einzelne Erzeugnisse als überwachungsbedürftige Anlage eingestuft werden können. Innerhalb der Abnahmeprüfung wird untersucht, inwieweit technische und organisatorische Anforderungen, die aus den geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen resultieren, erfüllt wurden. So wird beispielsweise überprüft, ob das Personal mit der Bedienung vertraut ist oder erforderliche Dokumente vorliegen.

Bestimmte Sachverhalte muss der Eigentümer den zuständigen Behörden melden und die zuständige Behörde macht beispielsweise Vorgaben hinsichtlich durchzuführender Prüfungen.

### A.3.2 Anwendungsfall »Anlage genehmigen«

Der Anwendungsfall »Anlage genehmigen« beinhaltet den Anwendungsfall »Erlaubnis zur Errichtung/Betrieb einer Dampfkesselanlage beantragen«, sofern die Anlage Erzeugnisse enthält, die nach [ProdSG] als überwachungsbedürftige Anlage einzustufen sind. Dieser Anwendungsfall muss entsprechend [TRD 501] durchgeführt werden. Er enthält den Anwendungsfall »Rechnerische Vorprüfung durchführen«. Dieser wird vom Hersteller initiiert und der Betreiber und der Notified Body sind an diesem Anwendungsfall beteiligt. Dieser Sachverhalt ist in Abbildung A.10 in Form eines Anwendungsfalldiagramms dargestellt.

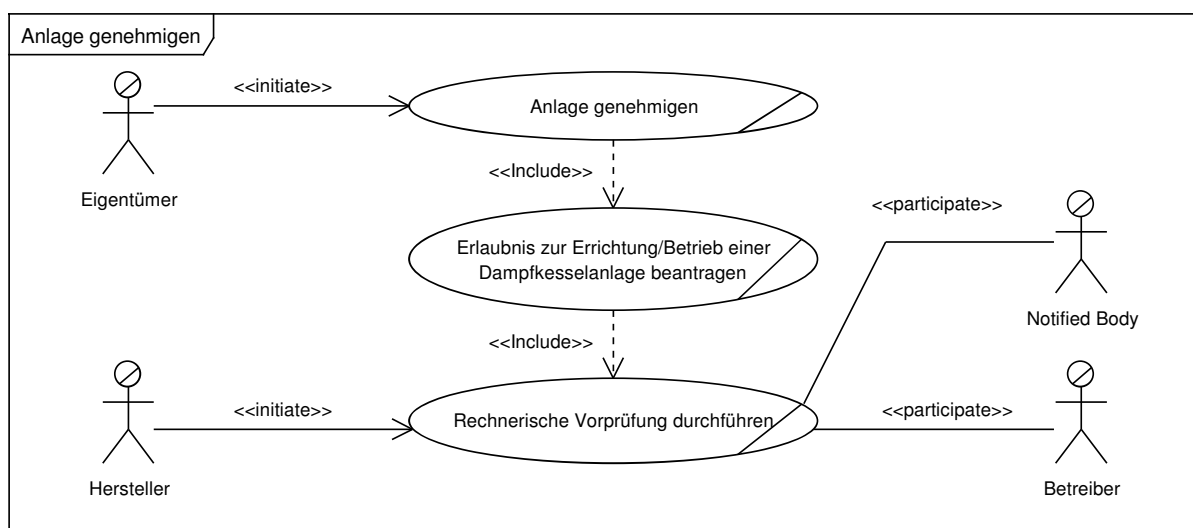


Abbildung A.10: Anwendungsfalldiagramm »Anlage genehmigen«

Inhalt der rechnerischen Vorprüfung ist die Prüfung der Konstruktionen, Zeichnungen und Berechnungen nach den jeweils maßgeblichen Regelwerken. Die Konstruktion und die Berechnungen werden auf die Erfüllung der gesetzlich vorgeschriebenen Anforderungen, wie sie beispielsweise aus der Druckgeräterichtlinie resultieren, geprüft. Zusätzlich werden die tatsächlich unter Betriebsbedingungen auftretenden Belastungen berechnet, um Rückschlüsse auf die Materialauswahl oder Einsatzbedingungen ziehen zu können. Der Anwendungsfall »Rechnerische Vorprüfung« ist in Tabelle A.3 entsprechend [TRD 501] detailliert beschrieben.

Für den Anwendungsfall »Rechnerische Vorprüfung durchführen« werden unterschiedliche Arten an Daten, Informationen und Dokumente benötigt beziehungsweise erstellt. Zum einen benötigt der Notified Body den entsprechenden Erlaubnisantrag zu dem zu genehmigenden Erzeugnis, sowie dessen Prozessparameter und die Materialien, aus denen das Erzeugnis er-

Name:	Rechnerische Vorprüfung durchführen
Kurzbeschreibung:	In der rechnerischen Vorprüfung wird die Konstruktion rechnerisch auf die Einhaltung der geltenden Technischen Regeln geprüft.
Akteur:	Notified Body, Hersteller, Betreiber
Auslöser:	Der Hersteller leitet ein Erlaubnisverfahren ein.
Ergebnis(se):	Die rechnerische Vorprüfung ergab, dass die Konstruktion dem geltenden Regelwerk entspricht. Wenn die rechnerische Vorprüfung ergab, dass die Konstruktion nicht dem geltenden Regelwerk entspricht, muss die Konstruktion geändert werden.
Eingehende Daten:	Antragsunterlagen mit Informationen wie Werkstoffen, Konstruktionszeichnungen oder die Prozessparameter, für die das Erzeugnis ausgelegt ist.
Vorbedingungen:	Die Antragsunterlagen sind vollständig
Nachbedingungen:	Der Notified Body hat dem Hersteller und der Erlaubnisbehörde die Ergebnisse der rechnerischen Vorprüfung mitgeteilt und die Antragsunterlagen zugesandt.

Grober Ablauf:

1. Der Notified Body prüft die Ausrüstung, Aufstellung und Betriebsweise der Anlage hinsichtlich der geltenden Anforderungen.
2. Der Notified Body erstellt einen Prüfbericht.
3. Der Notified Body versieht die geprüften Antragsunterlagen mit einem Prüfvermerk.
4. Der Notified Body versieht die nicht geprüften Antragsunterlagen mit dem Vermerk »Nicht geprüft«.

Tabelle A.3: Anwendungsfallbeschreibung »Rechnerische Vorprüfung durchführen«

stellt werden soll. Im Antrag sind beziehungsweise Dokumente enthalten wie das Aufstellungskonzept, der Anlagen-Lageplan, die Apparatespezifikation, Aufstellungszeichnung mit Grund- und Zusatzinformationen und der Aufstellungsort. Diese Dokumente und Informationen bilden die Grundlage für seine Berechnungen. Diese überprüft er unter Verwendung gültiger Rechtsquellen wie Technischer Regeln und erklärt den Antrag für geprüft, sofern alle Anforderungen erfüllt sind. Dann erstellt er einen Prüfbericht, den er der Behörde und dem Antragsteller übergibt. Die beschriebenen Daten, Informationen und Dokumente sind in Abbildung A.11 in Form eines Domänenmodells zusammenfassend dargestellt.

In der rechnerischen Vorprüfung werden Daten, Informationen und Dokumente benötigt und erzeugt, die auch im Betrieb von Bedeutung sind. So fließen die Ergebnisse der rechnerischen Vorprüfung beispielsweise in die Zustandsbewertung mit ein, die das Expertenteam im Zuge einer Revision durchführt. Weitere Dokumente, die ebenfalls in die Zustandsbewertung mit einfließen, sind die Non-Conformity-Reports aus der Bau- und Montageüberwachung, aus denen beispielsweise kleinere Schäden an Erzeugnissen der Anlage hervorgehen.

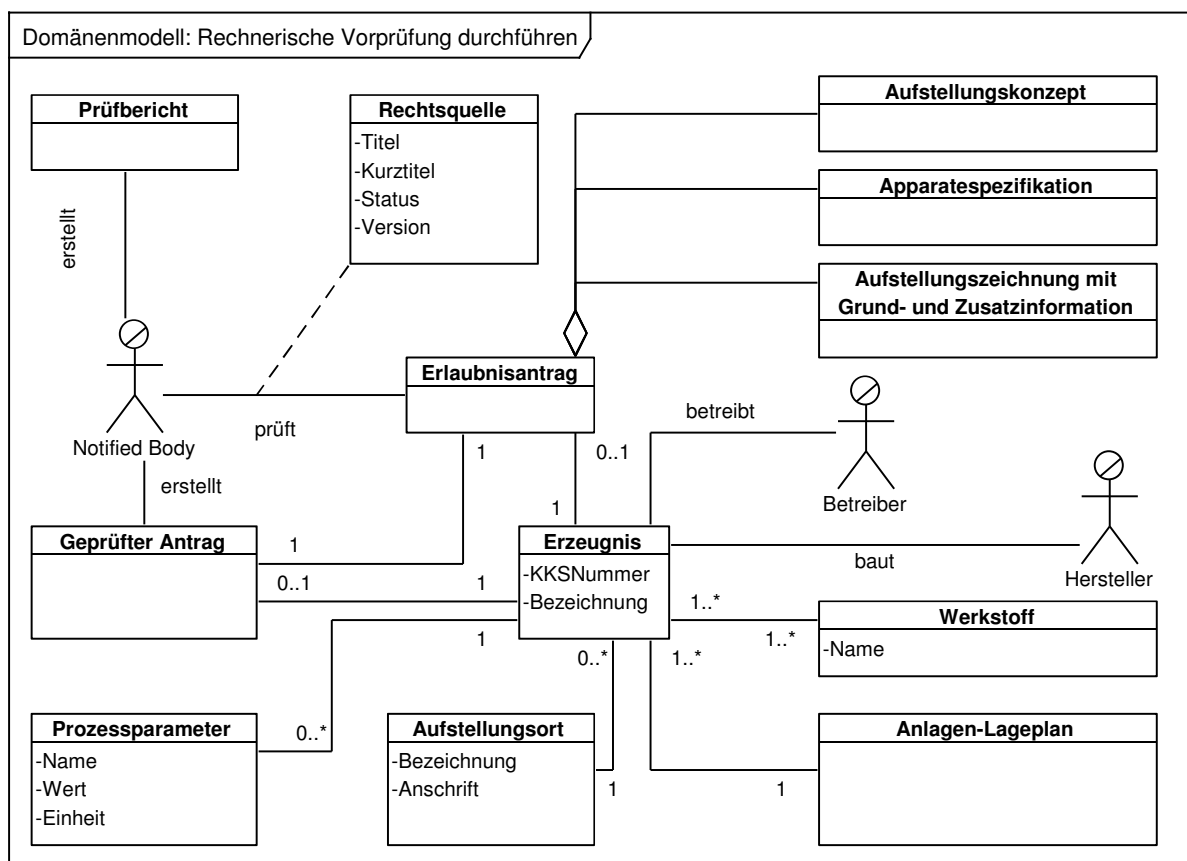


Abbildung A.11: Domänenmodell »Rechnerische Vorprüfung durchführen«



## A.4 Anwendungsfälle in der Lebenszyklusphase »Herstellung«

In der Lebenszyklusphase Herstellung werden die Bau- und Montageüberwachung durchgeführt, in denen Mängel der Erzeugnisse festgestellt werden, die später in die Zustandsbewertung einer Anlage mit einfließen müssen, um so den Zustand möglichst exakt bestimmen zu können. Die Akteure, die in dieser Lebenszyklusphase relevant sind wurden bereits in Abschnitt A.3.1 detailliert vorgestellt.

### A.4.1 Anwendungsfall »Fertigung durchführen«

Der Anwendungsfall »Fertigung durchführen« beinhaltet, wie in Abbildung A.12 dargestellt, unter anderem den Anwendungsfall »Bauüberwachung durchführen«. Ziel der Bauüberwachung ist es, die Qualität der Arbeiten in der Fertigung sicherzustellen. Die Fertigung kann noch in weitere Anwendungsfälle untergliedert werden. Dies war für diese Arbeit nicht erforderlich, so dass nur der Anwendungsfall »Bauüberwachung durchführen« detaillierter betrachtet wurde.

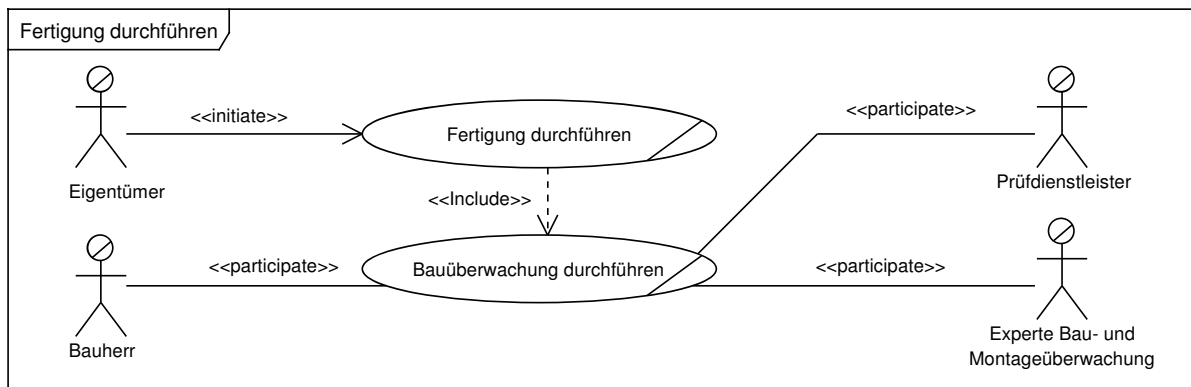


Abbildung A.12: Anwendungsfalldiagramm »Fertigung durchführen«

Der Anwendungsfall »Bauüberwachung durchführen« wird vom Bauherren der Anlage initiiert, der den Experte Bau- und Montageüberwachung damit beauftragt, diesen Anwendungsfall durchzuführen. Weitere beteiligte Akteure sind der Prüfdienstleister. Dieser wird vom Experten der Bau- und Montageüberwachung mit der Durchführung von Prüfungen beauftragt. Der Anwendungsfall »Bauüberwachung durchführen« wird im Folgenden exemplarisch detaillierter erläutert.

Zur Bauüberwachung gehören verschiedene Aufgaben. Beispielsweise werden die verwendeten Materialien überprüft, die Schweißarbeiten und die verwendeten Schweißzusätze kontrolliert oder die Verladung und Verpackung überprüft. Der Anwendungsfall »Bauüberwachung durchführen« ist in Tabelle A.4 detailliert beschrieben.

Nach der Vorbereitung der Bauüberwachung werden in regelmäßigen Abständen Qualitätssicherungssitzungen zwischen dem Experten Bau- und Montageüberwachung und dem Bauherren durchgeführt. In diesen wird entschieden, welche Tätigkeiten durchzuführen sind. Beispielsweise werden Prüfungen beauftragt, um die Qualität der Fertigung festzustellen. Dazu werden die Erzeugnisse festgelegt, die zu prüfen sind. Dann werden die Prüfaufgaben erledigt.

Name:	Bauüberwachung
Kurzbeschreibung:	Der Experte Bau- und Montageüberwachung wird vom Bauherren beauftragt, die Fertigung bei den Herstellern der einzelnen Erzeugnisse zu überwachen. Um einzelne Prüfungen durchzuführen, beauftragt er Prüfdienstleister.
Akteur:	Hersteller, Bauherr, Prüfdienstleister, Experte Bau- und Montageüberwachung
Auslöser:	Der Bauherr will die Fertigung bei den Herstellern der einzelnen Erzeugnisse überwachen.
Ergebnis(se):	Die Erzeugnisse wurden entsprechend der definierten Qualitätsanforderungen gefertigt.
Eingehende Daten:	Herstellerinformationen, Konstruktionsunterlagen des Erzeugnisses und eingesetzte Materialien, Qualifikation der ausführenden Mitarbeiter, wie beispielsweise Schweißerpässe der Schweißer
Vorbedingungen:	Keine
Nachbedingungen:	Keine
Grober Ablauf:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Der Bauherr beauftragt einen Experten Bau- und Montageüberwachung mit der Bauüberwachung bei den Hersteller der einzelnen Erzeugnisse.</li> <li>2. In Qualitätssicherungssitzungen wird entschieden, welche Tätigkeiten der Experte Bau- und Montageüberwachung durchführen muss.</li> <li>3. Der Experte Bau- und Montageüberwachung führt eine Prüfung durch.</li> <li>4. Der Experte Bau- und Montageüberwachung prüft die Vormaterialien.</li> <li>5. Der Experte Bau- und Montageüberwachung prüft die Technische Dokumentation der einzelnen Erzeugnisse.</li> <li>6. Der Experte Bau- und Montageüberwachung stellt Sachverhalte fest, die er aus Gründen der Qualitätssicherung dem Bauherren meldet.</li> <li>7. Am Ende der Bauüberwachung erstellt der Experte Bau- und Montageüberwachung einen Endbericht.</li> </ol>

Tabelle A.4: Anwendungsfallbeschreibung »Bauüberwachung durchführen«

Das Prüfergebnis wird bewertet. Falls das Prüfergebnis nicht den Anforderungen entspricht, erstellt der Experte Bau- und Montageüberwachung ein Non-Conformity Report. Weiterhin muss der Experte Bau- und Montageüberwachung die Materialien prüfen, die für die Fertigung der einzelnen Erzeugnisse eingesetzt werden. Wenn ihm beim Besuch des Herstellers weitere Sachverhalte auffallen, wie beispielsweise nicht der Qualität entsprechende Schweißarbeiten,

stellt er diesen Sachverhalt fest und informiert den Bauherren. Am Ende der Bauüberwachung erstellt der Experte Bau- und Montageüberwachung einen Endbericht, welcher dem Bauherren übergeben wird. Der Ablauf des Anwendungsfalles »Bauüberwachung durchführen« ist in Abbildung A.13 zusammenfassend dargestellt.

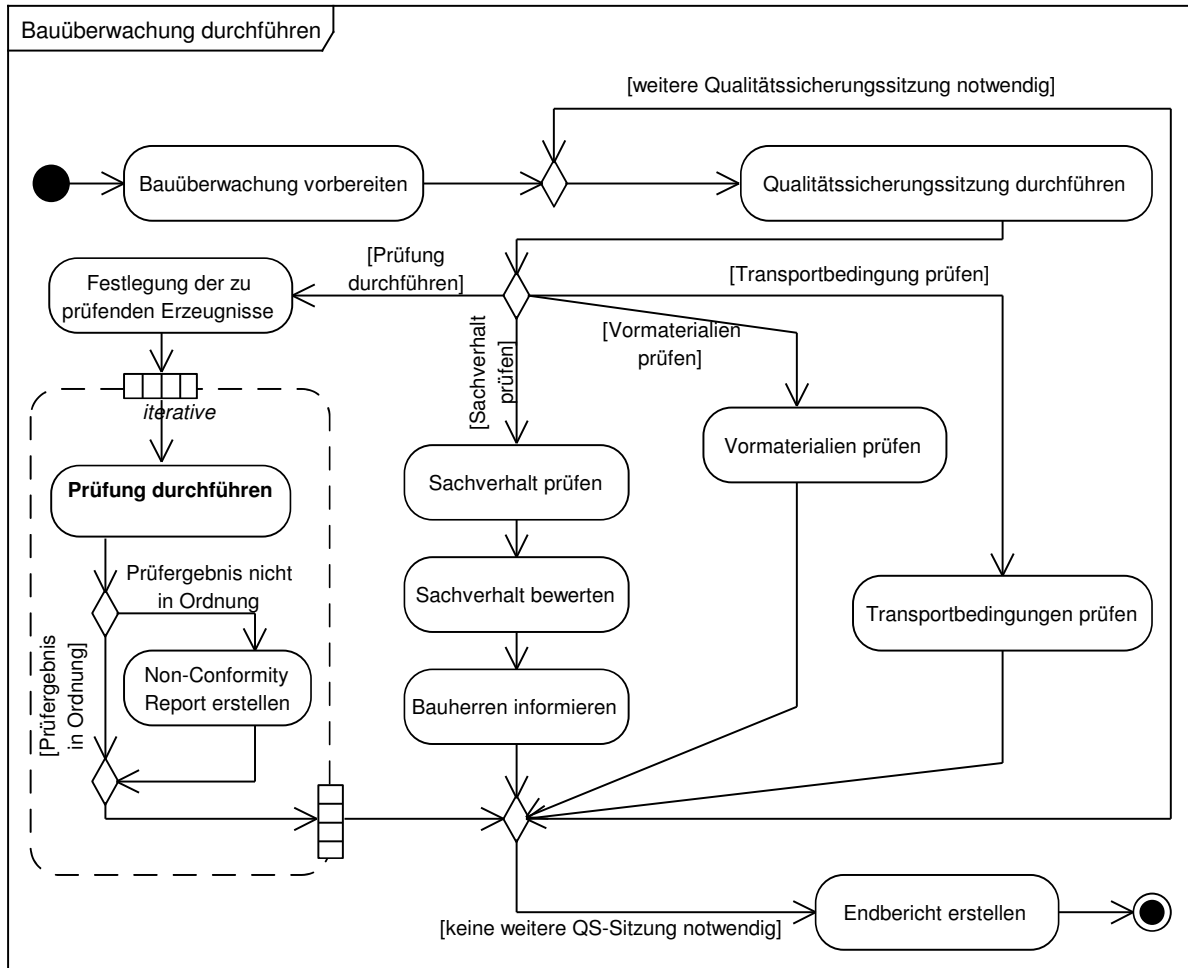


Abbildung A.13: Aktivitätsdiagramm »Bauüberwachung durchführen«

Bei den durchzuführenden Tätigkeiten werden unterschiedlichste Daten, Informationen und Dokumente benötigt beziehungsweise es entstehen neue Daten, Informationen und Dokumente. Die wichtigsten Begriffe der Bauüberwachung und ihre fachlichen Zusammenhänge sind in Form eines Domänenmodells in Abbildung A.14 dargestellt und werden im Folgenden beschrieben.

Der Experte Bau- und Montageüberwachung nimmt gemeinsam mit dem Bauherrn an Qualitätssicherungssitzungen teil. In diesen Sitzungen wird entschieden, ob Prüfungen durchzuführen sind, die Transportbedingungen wie Verpackung und Verladung geprüft werden müssen, die Vormaterialien überprüft werden und eine Rückstellprobe genommen wird. Nach der Durchführung einer Prüfung entscheidet der Experte Bau- und Montageüberwachung, ob ein Non-Conformity Report erstellt werden muss. Am Ende der Bauüberwachung erstellt der Experte Bau- und Montageüberwachung einen Endbericht.

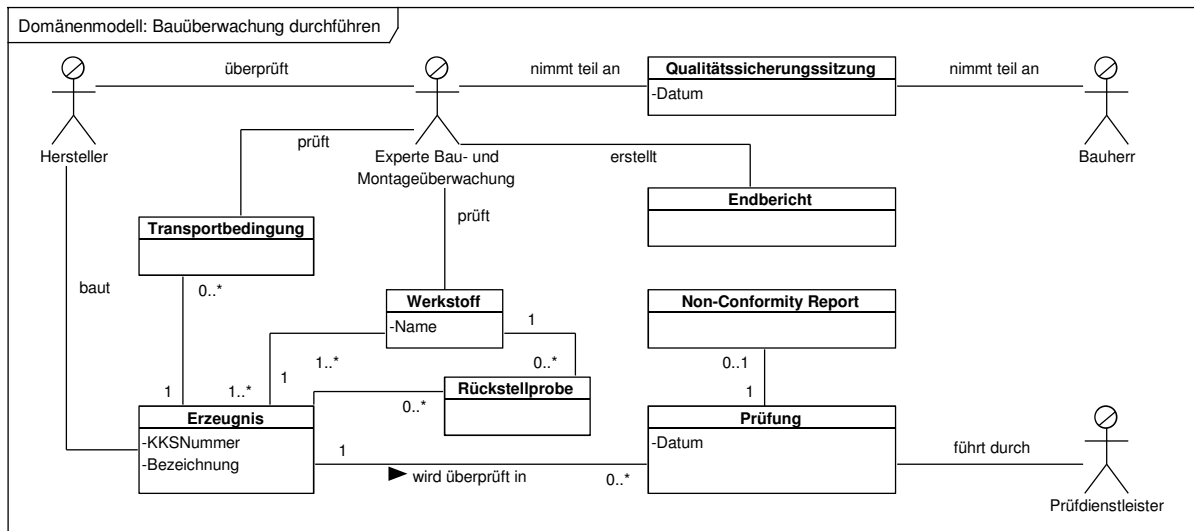


Abbildung A.14: Domänenmodell »Bauüberwachung durchführen«

### A.4.2 Anwendungsfall »Montage durchführen«

In der Lebenszyklusphase Herstellung werden zunächst die einzelnen Erzeugnisse gefertigt. Dann erfolgt die Montage der einzelnen Erzeugnisse zu einer Anlage. Der Anwendungsfall »Montage durchführen« beinhaltet, wie in Abbildung A.15 dargestellt, den Anwendungsfall »Montageüberwachung durchführen«. Ziel der Montageüberwachung ist es, die Qualität der

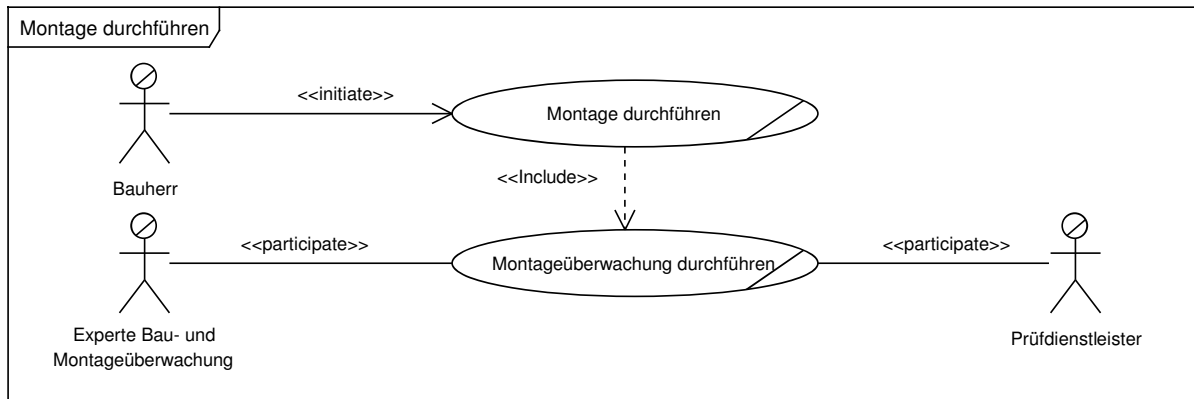


Abbildung A.15: Anwendungsfalldiagramm »Montage durchführen«

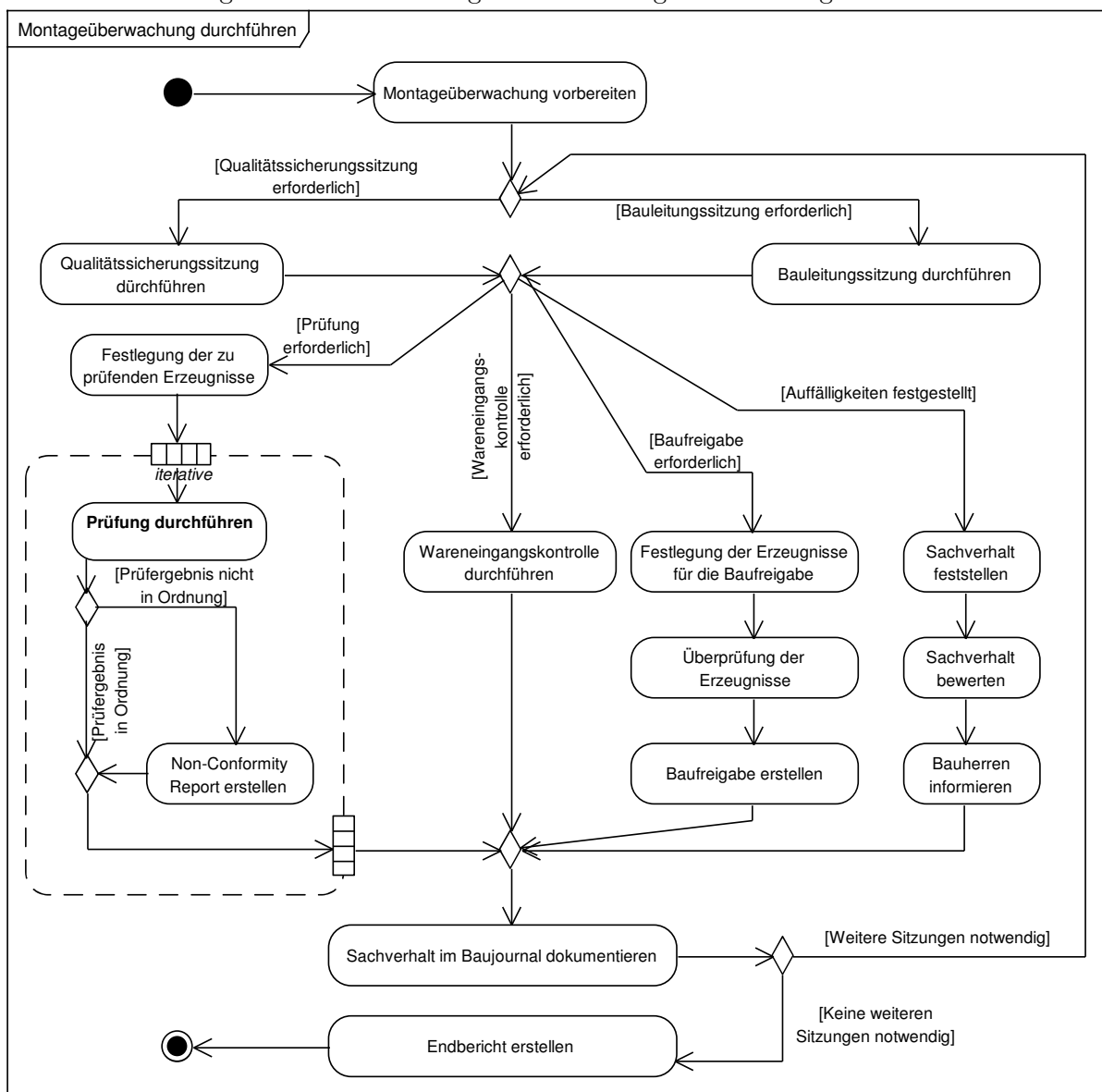
Arbeiten in der Montage sicherzustellen und Mängel aufzuzeigen, die in die Zustandsüberwachung im Betrieb der Anlage mit einfließen müssen. Die Montage kann noch in weitere Anwendungsfälle untergliedert werden. Dies war für diese Arbeit nicht erforderlich, so dass nur der Anwendungsfall »Montageüberwachung durchführen« detaillierter betrachtet wurde. Der Anwendungsfall »Montageüberwachung durchführen« wird vom Bauherren der Anlage initiiert, der den Experten Bau- und Montageüberwachung damit beauftragt, diesen Anwendungsfall

durchzuführen. Ein weiterer beteiligter Akteur ist der Prüfdienstleister. Dieser wird vom Experten Bau- und Montageüberwachung mit der Durchführung von Prüfungen beauftragt.

Zur Montageüberwachung gehören verschiedene Aufgaben. Beispielsweise werden die eingehenden Waren überprüft, Hubeinheiten freigegeben oder ein Baujournal gepflegt. Der Anwendungsfall »Montageüberwachung durchführen« ist in Tabelle A.5 detailliert beschrieben.

In der Montageüberwachung werden verschiedene Tätigkeiten ausgeführt, die in Abbildung A.16 in Form eines Aktivitätsdiagramms dargestellt sind. Nach der Vorbereitung der Montageüberwachung werden in regelmäßigen Abständen Bauleitungs- oder Qualitätssiche-

Abbildung A.16: Aktivitätsdiagramm »Montageüberwachung durchführen«



---

Name:	Montageüberwachung durchführen
Kurzbeschreibung:	Der Experte Bau- und Montageüberwachung wird vom Bauherren beauftragt, die Montage zu überwachen. Um einzelne Prüfungen durchzuführen, beauftragt er Prüfdienstleister.
Akteur:	Hersteller, Bauherr, Prüfdienstleister, Experte Bau- und Montageüberwachung
Auslöser:	Der Bauherr will die Montage überwachen, um seine Qualitätsanforderungen zu überprüfen.
Ergebnis(se):	Die Anlage wurde in einer zufriedenstellenden Qualität gebaut.
Eingehende Daten:	Herstellerinformationen, Konstruktionsunterlagen des Erzeugnisses und eingesetzte Materialien, Qualifikation der ausführenden Mitarbeiter
Vorbedingungen:	Keine
Nachbedingungen:	Die Anlage wurde entsprechend der aktuellen Rechtslage gebaut und entsprechenden Prüfungen unterzogen

---

Grober Ablauf:

1. Der Bauherr beauftragt einen Experten Bau- und Montageüberwachung mit der Montageüberwachung.
2. In Qualitätssicherungs- und Bauleitungssitzungen wird entschieden, welche Tätigkeiten der Experte Bau- und Montageüberwachung durchführen muss.
3. Der Experte Bau- und Montageüberwachung veranlasst die Durchführung von Prüfungen.
4. Der Experte Bau- und Montageüberwachung prüft den Wareneingang.
5. Der Experte Bau- und Montageüberwachung gibt Baueinheiten zur Montage frei.
6. Der Experte Bau- und Montageüberwachung stellt Sachverhalte fest, die er aus Gründen der Qualitätssicherung dem Bauherren meldet.
7. Der Experte Bau- und Montageüberwachung pflegt ein Baujournal, in dem beispielsweise der Baufortschritt, die ausgeführten Tätigkeiten oder festgestellte Mängel dokumentiert werden.
8. Am Ende der Bauüberwachung erstellt der Experte Bau- und Montageüberwachung einen Endbericht.

---

Tabelle A.5: Anwendungsfallbeschreibung »Montageüberwachung durchführen«

rungssitzungen zwischen dem Experten Bau- und Montageüberwachung und dem Bauherren durchgeführt. In diesen wird entschieden, welche Tätigkeiten durchzuführen sind. Beispielsweise werden Prüfungen beauftragt, um die Qualität der Montage zu prüfen. Dazu werden die Erzeugnisse festgelegt, die zu prüfen sind. Dann werden die festgelegten Prüfung durchgeführt. Falls das Prüfergebnis nicht den Anforderungen entspricht, erstellt der Experte Bau- und Montageüberwachung einen Non-Conformity Report. Weiterhin muss der Experte Bau- und Montageüberwachung den Wareneingang überprüfen, um festzustellen, ob die gelieferten Waren, der geforderten Qualität entsprechen oder um beispielsweise Transportschäden feststellen zu können. Weiterhin muss er die Baufreigaben erteilen, damit einzelne Erzeugnisse montiert werden können. Wenn ihm beim Besuch der Baustelle Unregelmäßigkeiten auffallen, wie beispielsweise nicht der Qualität entsprechende Schweißarbeiten, stellt er diesen Sachverhalt fest, bewertet ihn und informiert gegebenenfalls den Bauherren. Während der Montage werden alle durchgeführten Tätigkeiten und Auffälligkeiten in einem Baujournal gepflegt. Am Ende der Bauüberwachung erstellt der Experte Bau- und Montageüberwachung einen Endbericht, welcher dem Bauherren übergeben wird.

Bei den durchzuführenden Tätigkeiten werden unterschiedlichste Daten, Informationen und Dokumente benötigt beziehungsweise es entstehen neue Daten, Informationen und Dokumente. Die wichtigsten Begriffe der Montageüberwachung und ihre fachlichen Zusammenhänge sind in Form eines Domänenmodells in Abbildung A.17 dargestellt.

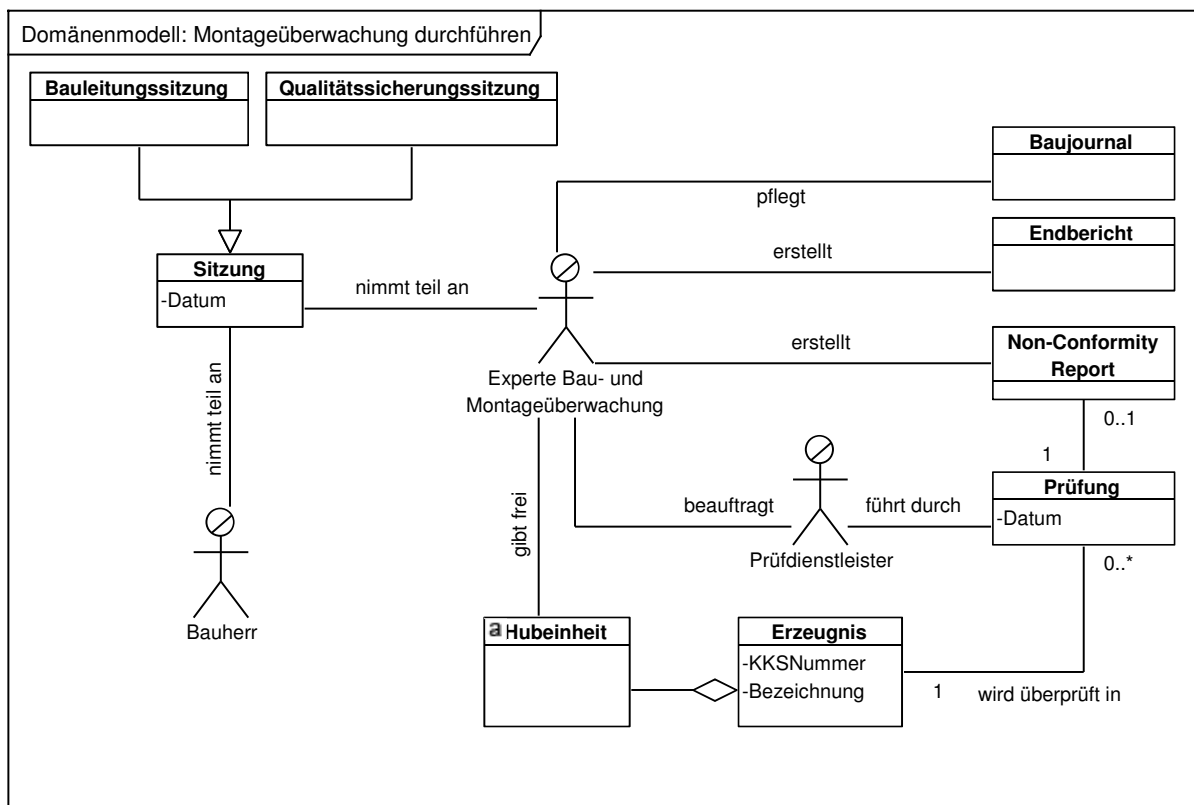


Abbildung A.17: Domänenmodell »Montageüberwachung durchführen«

Der Experte Bau- und Montageüberwachung nimmt gemeinsam mit dem Bauherrn an Bauleitungs- und Qualitätssicherungssitzungen teil, welche beide spezielle Sitzungen sind. In diesen Sitzungen wird entschieden, ob Prüfungen durchzuführen sind oder Hubeinheiten freigegeben werden müssen. Mit der Durchführung einer Prüfung wird ein Prüfdienstleister beauftragt. Nach der Durchführung einer Prüfung entscheidet der Experte Bau- und Montageüberwachung, ob ein Non-Conformity Report erstellt werden muss. Während der Montageüberwachung pflegt der Experte Bau- und Montageüberwachung ein Baujournal. Am Ende der Montageüberwachung erstellt der Experte Bau- und Montageüberwachung einen Endbericht.

In den durchgeführten Analysen wurden einige Problembereiche identifiziert. Im Abschnitt 2.1.2 werden zu diesen Problembereichen Handlungsfelder abgeleitet, in denen Maßnahmen durchgeführt werden müssen, um die auftretenden Probleme zu lösen.



# Anhang B

## eCl@ss

eCl@ss gehört zu den führenden universellen Klassifikationsstandards [Hep03, GLW01, Nek03]. eCl@ss bietet neben der hierarchischen Klassifikation zusätzlich standardisierte Merkmale, Einheiten und Synonyme. Da für diese Arbeit die standardisierten Merkmale eine wichtige Rolle spielen, wird in dieser Arbeit eine Klassifikation von Erzeugnissen nach eCl@ss vorgenommen. In Abbildung B.1 ist der Aufbau von eCl@ss in Form eines Klassendiagramms dargestellt.

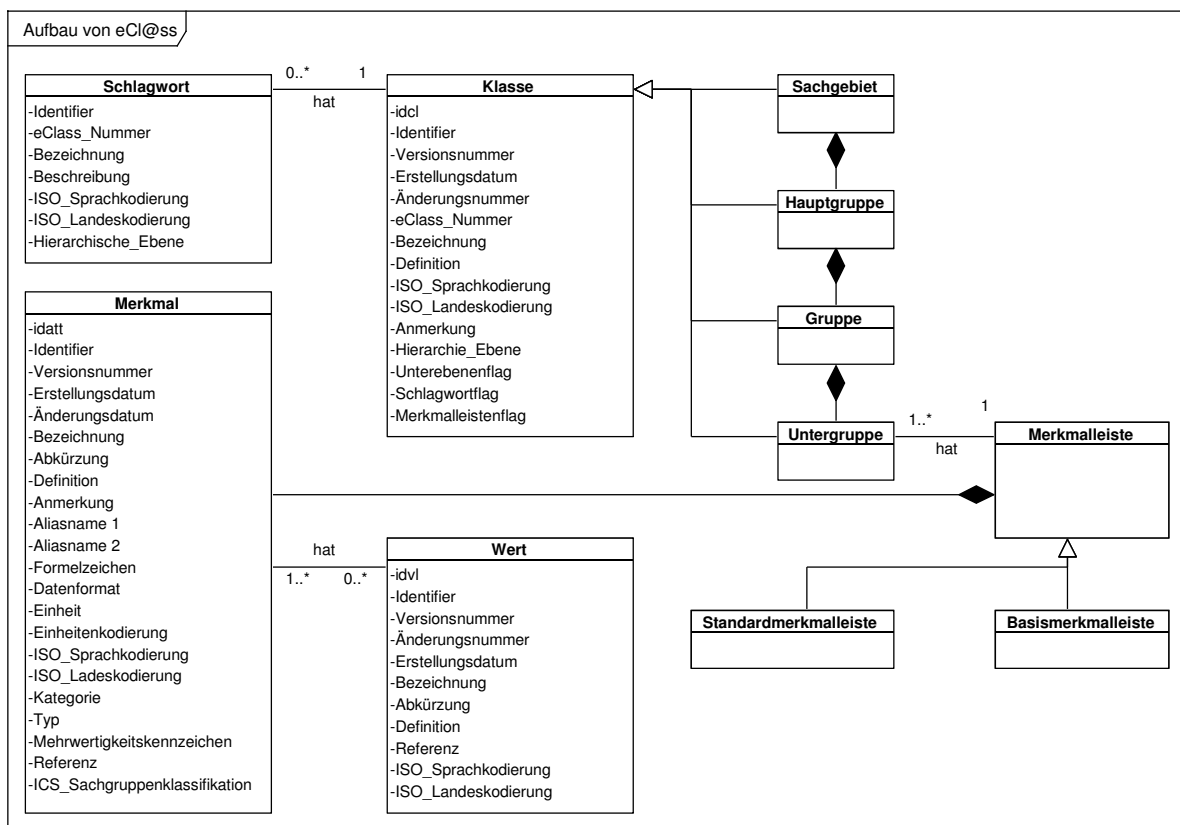


Abbildung B.1: Aufbau von eCl@ss

Eine Klasse aus eCl@ss hat verschiedene Attribute, wie beispielsweise einen eindeutigen Identifier, eine eCl@ss-Nummer und eine Definition. Alle Attribute und ihre Bedeutung sind in Tabelle B.1 zusammenfassend dargestellt.

Da eCl@ss in verschiedenen Sprachversionen erhältlich ist, wird zu jeder Klasse über die Attribute *ISO-Sprachkodierung* und *ISO-Landeskodierung* angegeben, welche Sprach- und Landeskodierung ihr zugeordnet wird.

Die Klassen sind in einer vierstufigen Baumstruktur eingeordnet. Über das Attribut *Hierarchie-Ebene* wird angegeben, auf welcher Hierarchie-Ebene die Klasse eingeordnet wurde. Die Klassen der ersten Hierarchie-Ebene werden als Sachgebiete bezeichnet und bestehen aus Klassen der zweiten Hierarchie-Ebene, die als Hauptgruppen bezeichnet werden. Hauptgruppen können aus Gruppen, das heißt Klassen der dritten Hierarchie-Ebene, bestehen. Gruppen setzen sich aus Klassen der vierten Hierarchie-Ebene, den sogenannten Untergruppen, zusammen.

Über das Attribut *Unterebenenflag* wird gekennzeichnet, ob eine Klassen aus weiteren Klassen besteht. Der Wert 0 bedeutet, dass der Klasse keine weiteren Klassen zugeordnet sind. Der Wert 1 bedeutet, dass der Klasse weitere Klassen untergeordnet sind.

Einer Klasse können Schlagworte zugeordnet werden. Dadurch soll die Suche nach Klassen vereinfacht und standardisiert werden. Ob einer Klasse Schlagworte zugeordnet wurden, wird

Attributname	Beschreibung
idcl	Primärschlüssel (Identifier + Versionsnummer)
Identifier	Identifikator der Klasse
Versionsnummer	Versionsnummer der Klasse
Erstellungsdatum	Datum der Versionserstellung
Änderungsnummer	Änderungsnummer der Klasse
eCl@ss-Nummer	eCl@ss-Nummer der Klasse
Bezeichnung	Bezeichnung der Klasse
Definition	Klassendefinition
ISO-Sprachkodierung	ISO-Sprachkodierung
ISO-Landeskodierung	ISO-Landeskodierung
Anmerkung	Anmerkung zur Definition
Hierarchie-Ebene	Nummer der hierarchischen Ebene
Unterebenenflag	Kennzeichnung, ob eine Unterebene vorhanden ist (0 = nein; 1 = ja)
Schlagwortflag	Kennzeichnung, ob Schlagworte vorhanden ist (kein Eintrag = nein; s = ja)
Merkmalleistenflag	Kennzeichnung, welche Merkmalleiste verwendet wird (kein Eintrag = Basismerkmalleiste; 2 = Standardmerkmalleiste)

Tabelle B.1: Attribute einer Klasse aus eCl@ss

---

über das Attribut *Schlagwortflag* gekennzeichnet. Wenn dieses Attribut leer ist, sind der Klasse keine Schlagworte zugeordnet. Wenn das Attribut den Wert *s* hat, sind der Klasse Schlagworte zugeordnet.

Schlagworte haben ebenso wie Klassen verschiedene Attribute, wie beispielsweise einen Identifier, eine Bezeichnung und eine Beschreibung. Auch hier wird wie bei Klassen die Sprache über die Attribute *ISO-Sprachkodierung* und *ISO-Landeskodierung* angegeben. Alle Attribute von Schlagworten und ihre Bedeutung sind in Tabelle B.2 zusammenfassend dargestellt.

Attributname	Beschreibung
Identifier	Identifikator des Schlagwortes
eCl@ss-Nummer	eCl@ss-Nummer der Klasse
Bezeichnung	Bezeichnung des Schlagwortes
Beschreibung	Beschreibung des Schlagwortes
ISO-Sprachkodierung	ISO-Sprachkodierung
ISO-Landeskodierung	ISO-Landeskodierung
Hierarchie-Ebene	Nummer der hierarchischen Ebene

Tabelle B.2: Attribute von Schlagworten aus eCl@ss

So wie Klassen Schlagworte zugeordnet werden können, werden ihnen Merkmalleisten zugeordnet. eCl@ss unterscheidet prinzipiell zwischen Standard- und Basismerkmalleisten. Bei Standardmerkmalleisten handelt es sich Merkmalleisten, die für jede Klasse individuell entwickelte wurden. Jeder Merkmalleiste werden Merkmale zugeordnet. Merkmale sind Attribute, die nur für bestimmte Klasse sinnvoll verwendet werden können, beispielsweise das maximale Fördervolumen einer Pumpe oder die maximale Betriebsdrehzahl einer Dampfturbine. Basismerkmalleisten bestehen grundsätzlich aus den folgenden fünf Merkmalen:

- Hersteller-Name
- Lieferanten-Artikelnummer
- Hersteller-Artikelnummer
- Artikelbezeichnung
- Produkt-Typbezeichnung

In den Sachgebieten 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 27, 29, 40, 41, 90 kommt zusätzlich als sechstes Merkmal der EAN Code hinzu.

Ob einer Klasse eine Basis- oder Sachmerkmalleiste zugeordnet ist, wird über das Attribut *Merkmalleistenflag* der Klasse ausgedrückt. Wenn dieses Attribut leer ist, ist der Klasse die Basismerkmalleiste zugeordnet. Hat dieses Attribut den Wert *2*, ist der Klasse eine Standardmerkmalleiste zugeordnet.

Ein einer Merkmalleiste zugeordnetes Merkmal hat ebenso wie Klassen und Schlagworte verschiedene Attribute. Alle Attribute von Merkmalen und ihre Bedeutung sind in Tabelle B.3

zusammenfassend dargestellt. Auch hier erfolgt die Sprachzuordnung von Merkmalen über die Attribute *ISO-Sprachkodierung* und *ISO-Landeskodierung*.

Merkmale können mehrere Werte zugeordnet werden. Über das Attribut *Mehrwertigkeitskennzeichen* wird spezifiziert, ob dem Merkmal nur ein Wert zugeordnet werden darf oder mehrere Werte. Werte von Merkmalen können entweder frei definiert werden oder müssen aus einer vorhandenen Werteliste ausgewählt werden. Wenn das Attribut *Typ* den Wert *direct* hat,

Attributname	Beschreibung
idatt	Primärschlüssel (Identifizier + Versionsnummer)
Identifizier	Identifikator des Merkmals
Versionsnummer	Versionsnummer der Klasse
Erstellungsdatum	Datum der Versionserstellung
Änderungsnummer	Änderungsnummer der Klasse
Bezeichnung	Bezeichnung des Merkmals
Abkürzung	Kurzbezeichnung des Merkmals
Definition	Merkmaldefinition
Anmerkung	Anmerkung zur Definition
Kommentar	Kommentar zur Verwendung des Merkmals
Aliasname 1	Aliasname
Aliasname 2	Aliasname
Formelzeichen	Bevorzugtes Formelzeichen
Datenformat	Feldformat des zugehörigen Werts
Einheit	Maßeinheit des zugehörigen Werts
Einheitenkodierung	kodierte Maßeinheit nach UN/CEFACT
ISO-Sprachkodierung	ISO-Sprachkodierung
ISO-Landeskodierung	ISO-Landeskodierung
Kategorie	Typklasse des Merkmals nach IEC 61360
Typ	Kennzeichen für vorhandene Werteliste (direct = es erfolgt ein freier Eintrag; indirect = Werte sind vorhanden)
Mehrwertigkeitskennzeichen	Mehrwertigkeitskennzeichen (univalent = es wird genau ein Wert zugeordnet; multivalent = es werden Werte unbestimmter Anzahl zugeordnet)
Referenz	Quellenangabe zur Definition
ICS-Sachgruppenklassifikation	Zuordnung zur ICS-Sachgruppenklassifikation

Tabelle B.3: Attribute eines Merkmals aus eCl@ss

---

können freie Werte für das Merkmal definiert werden. Wenn das Attribut *Typ* den Wert *indirect* hat, können Werte aus einer vorgegebenen Werteliste ausgewählt werden.

Ein Wert verfügt ebenso wie Merkmale, Schlagwörter und Klassen über Attribute wie beispielsweise einen Identifier, eine Bezeichnung und eine Definition. Alle Attribute und ihre Bedeutung sind in Tabelle B.4 zusammenfassend dargestellt.

---

Attributname	Beschreibung
idvl	Primärschlüssel (Identifier + Versionsnummer)
Identifier	Identifikator des Wertes
Versionsnummer	Versionsnummer der Klasse
Änderungsnummer	Änderungsnummer der Klasse
Erstellungsdatum	Datum der Versionserstellung
Bezeichnung	Bezeichnung des Werts
Abkürzung	Abkürzung des Werts
Definition	Wertedefinition
Referenz	Quellenangabe zur Definition
ISO-Sprachkodierung	ISO-Sprachkodierung
ISO-Landeskodierung	ISO-Landeskodierung

---

Tabelle B.4: Attribute eines Wertes aus eCl@ss



## Anhang C

# Anbieterliste existierender IT-Werkzeuge für den Betrieb

Folgende 37 Lösungsanbieter wurden bei der Analyse berücksichtigt:

- API Deutschland GmbH (API Pro)
- Ascom Deutschland GmbH
- AVEVA Group plc (AVEVA NET Portal for OwnersOperators)
- Comos Industry Solutions GmbH
- Data One GmbH
- dawin®GmbH
- DELTA BARTH Systemhaus GmbH (DELECO)
- sLAB Gesellschaft für Informationssysteme mbH & Co. KG (sMOTIVE)
- Ebert GmbH (AD-Solution)
- ELDICON Systemhaus GmbH (WEST System)
- ESN EnergieSystemeNord GmbH (TBM Technischer Betriebsmanager)
- Evonik Energy Services GmbH
- Gastgeb & Partner Informationssysteme
- GIS
- GreenGate AG
- HEC Hanseatische Software-Entwicklungs- und Consulting GmbH
- hekatec GmbH (MAGPlan)
- IBM Deutschland GmbH
- IBS AG (IBS:prisma)
- Infor (Deutschland) GmbH (Infor EAM)

- INTEC Digital Solutions GmbH (SMaintain)
- Intergraph®Corporation (SmartPlant®Enterprise for Owner Operators)
- H&H SYSTEMS Software GmbH (ISPRO-NG)
- ISOware GmbH
- ki-systeme Kiekenbeck Unternehmensberatung (KIPS)
- KRATZER AUTOMATION AG
- LeBit Software & Consult GmbH (LeBi)
- Loy & Hutz Solutions AG
- MAQSIMA GmbH (MAQSIMA)
- SAP Deutschland AG & Co. KG
- SKF GmbH
- Sogema Group GmbH (CareOffice)
- T.CON GmbH & Co. KG
- UNIVISION Software GmbH & Co. KG (Agency)
- veoTEC GmbH (Mainspector)
- Weitzmann Software GmbH (WartMan®)
- Wonderware GmbH (inzwischen Invensys Systems GmbH) (Wonderware)



## Anhang D

# Anwendungsszenarien

Mit Hilfe der Anwendungsszenarien wird dargestellt, wie Soll-Prozesse durchgeführt werden. Es wurden zwei Anwendungsszenarien auf Grundlage der beiden Geschäftsanwendungsfälle aus der Ist-Analyse »Prüfung durchführen« und »Technische Dokumentation überprüfen« erstellt, um die auszuführenden Tätigkeiten anschaulich an Hand eines konkreten Beispiels darzustellen.

### D.1 Anwendungsszenario »Prüfung einer Schweißnaht eines druckführenden Rohrbogens durchführen«

Das Anwendungsszenario basiert auf dem Anwendungsfall »Prüfung durchführen«, der bereits in Anhang A detailliert beschrieben wurde. Das Anwendungsszenario befasst sich mit der Überprüfung einer Schweißnaht an einem druckführenden Rohrbogen und es ist in Tabelle D.1 zusammengefasst.

Inhalt dieses Anwendungsszenarios ist die Durchführung einer Ultraschallprüfung von einem Prüfdienstleister an dem Rohrbogen. An diesem Anwendungsszenario nehmen ein Prüfdienstleister, der Betreiber und das Expertenteam teil. Die Bedeutung dieser Akteure ist bereits in Kapitel A beschrieben worden. Das Anwendungsszenario beginnt damit, dass der Betreiber eine Prüfung zu dem Rohrleitungsbogen anlegt. Nun muss das Expertenteam einen Prüfplan erstellen. Es wird ein leerer Prüfplan zu der Prüfung angelegt. Um diesen Prüfplan mit Inhalt zu füllen, benötigt das Expertenteam Informationen wie beispielsweise die Prüf- und Instandhaltungshistorie oder aktuelle Betriebsdaten. Auf Basis dieser Informationen entscheidet das Expertenteam, dass eine Ultraschallprüfung an der Schweißnaht durchgeführt werden muss. Diese Prüfaufgabe wird in den Prüfplan aufgenommen. Nachdem der Prüfplan erstellt wurde, muss dieser genehmigt und freigegeben werden. Dadurch wird ein zweistufiger Freigabeprozess realisiert, wie er auch in [DIN EN ISO 11442] für Technische Dokumente vorgeschlagen wird. Sobald der Prüfplan freigegeben wurde, kann mit der Durchführung der Prüfung begonnen werden. Dazu erteilt der Betreiber dem Prüfdienstleister den Auftrag, diese Prüfung durchzuführen. Der Betreiber übergibt dem Prüfdienstleister den Prüfplan zusammen mit dem Auftrag. Der Prüfdienstleister führt als erstes eine Ordnungsprüfung durch. Falls bei dieser Mängel festgestellt wurden sind, muss der Betreiber diese erst beseitigen. Im Anschluss bear-

Name:	Prüfung einer Schweißnaht eines druckführenden Rohrbogens durchführen
Kurzbeschreibung:	Ein Prüfdienstleister führt eine Ultraschallprüfung einer Schweißnaht des Rohrbogens X durch.
Akteur:	Betreiber, Expertenteam, Prüfdienstleister
Vorbedingungen:	Keine
Grober Ablauf:	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Eine Prüfung wird zu dem Rohrbogen angelegt.</li><li>2. Das Expertenteam legt zu der Prüfung einen Prüfplan an und bearbeitet diesen.</li><li>3. Der Prüfplan wird genehmigt und freigegeben.</li><li>4. Der Prüfdienstleister erhält den Auftrag, eine Ultraschallprüfung am Rohrbogen durchzuführen.</li><li>5. Es beginnt die Durchführung der Prüfung.</li><li>6. Der Prüfdienstleister führt eine Ordnungsprüfung durch.</li><li>7. Falls die Ergebnisse der Ordnungsprüfung nicht in Ordnung waren, muss der Betreiber die aufgetretenen Mängel beseitigen.</li><li>8. Der Prüfdienstleister führt die Ultraschallprüfung durch und zeichnet Prüfergebnisse auf.</li><li>9. Die Prüfung wird anschließend dokumentiert.</li><li>10. Der Prüfdienstleister erstellt auf Basis einer Vorlage einen Prüfbericht und wenn erforderlich eine Prüfbescheinigung und ordnet diese der Prüfung zu.</li><li>11. Der Prüfbericht beziehungsweise die Prüfbescheinigung müssen genehmigt und freigegeben werden.</li><li>12. Die Prüfung ist abgeschlossen.</li></ol>

Tabelle D.1: Anwendungsszenario »Prüfung einer Schweißnaht eines druckführenden Rohrbogens durchführen«

beitet der Prüfdienstleister die einzelnen Prüfaufgaben, die in dem Prüfplan enthalten sind, ab. Im diesem Fall ist die Durchführung einer Ultraschallprüfung an der Schweißnaht des Rohrleitungsbogens X die einzige Prüfaufgabe im Prüfplan. Zuerst bereitet der Prüfdienstleister die Prüfung vor. So arbeitet er beispielsweise die Richtlinien auf, die bezüglich des eingesetzten Prüfverfahrens gelten, falls ihm diese nicht bekannt sind. Im Falle der Ultraschallprüfung sind dies beispielsweise

- DIN EN 583-1: Zerstörungsfreie Prüfung - Ultraschallprüfung
- DIN EN 1330: Zerstörungsfreie Prüfung - Terminologie: Begriffe der Ultraschallprüfung

- DIN EN 1712: Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen - Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen - Zulässigkeitsgrenzen
- DIN EN 1713: Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen - Ultraschallprüfung - Charakterisierung von Anzeigen in Schweißnähten
- DIN EN 1714: Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen - Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen

Eine weitere Vorbereitungsmaßnahme ist das Abschalten des Erzeugnisses sowie die Bereitstellung beziehungsweise die Beschaffung von Hilfsmitteln, wie zum Beispiel Werkzeug.

Nachdem die Vorbereitung abgeschlossen ist, kann der Prüfdienstleister mit der Prüfung der Schweißnaht, beginnen. Parallel zeichnet der Prüfdienstleister die Prüfergebnisse auf. Dies kann ein Foto oder eine Ultraschalaufnahme von der Schweißnaht sein. Die Überprüfung endet wenn die erforderlichen Prüfergebnisse aufgezeichnet wurden. Anschließend kann die Prüfung der sicheren Funktion erfolgen, die einen gefahrenlosen Weiterbetrieb des Rohrleitungsbogen X gewährleisten soll. Die Durchführung der Prüfung ist nun beendet und es beginnt die Dokumentation der Prüfung.

Die Dokumentation beginnt mit der Befundung der aufgezeichneten Prüfergebnisse. Auf Basis einer Vorlage legt der Prüfdienstleister einen Prüfbericht zu der Prüfung an. Dieser enthält den Prüfplan mit den Prüfaufgaben, die Prüfergebnisse mit Befundung, die Dokumentation der eingesetzten Mess- und Prüftechnik, die Dokumentation des eingesetzten Mess- und Prüfverfahrens und den Qualifikationsnachweis des Prüfdienstleisters. Der Prüfbericht wird nach der Bearbeitung genehmigt und freigegeben. Ist eine Prüfbescheinigung erforderlich, wird diese ebenfalls vom Prüfdienstleister angelegt, bearbeitet, genehmigt und freigegeben. Die Dokumentation der Prüfung ist daraufhin beendet und die Prüfung kann abgeschlossen werden.

In diesem Szenario wurde an einem Beispiel gezeigt wie der zukünftige Ablauf einer Prüfung aussieht. Im zweiten Szenario führt eine Behörde eine Überprüfung der Technischen Dokumentation eines Erzeugnisses durch.

## D.2 Anwendungsszenario »Dokumentation einer verfahrenstechnischen Anlage überprüfen«

In diesem Anwendungsszenario wird eine Überprüfung der Technischen Dokumentation einer verfahrenstechnischen Anlage von der zuständigen Behörde durchgeführt. Dieses Anwendungsszenario ist in Tabelle D.2 zusammenfassend dargestellt.

An diesem Anwendungsszenario sind die Behörde und der Betreiber beteiligt. Die Behörde kündigt eine Überprüfung der Dokumentation der verfahrenstechnischen Anlage bei dem Betreiber an. Als Grundlage für die Befugnis der Behörde, eine Überprüfung durchzuführen, dient die Maschinenrichtlinie [2006/42/EG]. Der Betreiber hat nach der Ankündigung der Behörde die Möglichkeit sich auf den genauen Termin vorzubereiten. Dazu wird vorab eine Prüfung der Dokumentation der Anlage durchgeführt. Es wird ein Bericht erstellt, indem folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- Aus welchen Gruppen und Einzelteilen besteht die verfahrenstechnische Anlage X?

---

Name:	Dokumentation einer verfahrenstechnischen Anlage überprüfen
Kurzbeschreibung:	Die Dokumentation einer verfahrenstechnischen Anlage wird durch die zuständige Behörde überprüft.
Akteur:	Betreiber, Behörde
Vorbedingungen:	Keine

---

Grober Ablauf:

1. Die Behörde kündigt sich zu der Überprüfung an.
2. Der Betreiber führt eine Überprüfung der Dokumentation durch.
3. Es wird ein Bericht erstellt, in dem die Mängel an der Dokumentation aufgelistet werden.
4. Der Betreiber beseitigt identifizierte Mängel.
5. Die Behörde erscheint zu dem angekündigten Termin beim Betreiber.
6. Der Betreiber legt der Behörde die aktuelle Dokumentation vor.
7. Die Behörde prüft die Dokumentation und wertet die Ergebnisse aus.
8. Die Ergebnisse der Überprüfung werden in einem Bericht festgehalten und dem Betreiber zugesendet.
9. Der Betreiber beseitigt eventuell aufgetretene Mängel.

---

Tabelle D.2: Anwendungsszenario »Dokumentation einer verfahrenstechnischen Anlage überprüfen«

- In welchem Lebenszyklusstatus befinden sich die Gruppen und Einzelteile?
- Welche Dokumente sind, aus Sicht der Dokumentation, den Einzelteilen, den Gruppen und der verfahrenstechnischen Anlage X direkt zugeordnet?
- Welche Dokumente sind für die Dokumentation erforderlich?
- Liegen die erforderlichen Dokumenten im geforderten Lebenszyklusstatus vor?

Dieser Bericht teilt dem Betreiber mit, welche Technischen Dokumente nachzupflegen sind beziehungsweise welche noch nicht in einem notwendigen Lebenszyklusstatus vorliegen. Der Betreiber wertet den Bericht aus und pflegt fehlende Technische Dokumente nach oder klärt, warum eine Menge von Technischen Dokumenten sich nicht im geforderten Lebenszyklusstatus befinden. Die Vorbereitung auf die Überprüfung durch die Behörde ist damit abgeschlossen. Wenn die Behörde zu einem vereinbarten Termin bei dem Betreiber erscheint, um die Überprüfung durchzuführen, legt der Betreiber die Technische Dokumentation vor. Die Behörde prüft diese anschließend auf Vollständigkeit. Nachdem die Behörde alle Technischen Dokumente gesichtet hat, wertet sie die Überprüfung aus und erstellt einen Bericht. Wenn die Behörde der Auffassung ist, dass die Technische Dokumentation unvollständig ist, setzt sie eine Frist zur Mängelbeseitigung. Mit dieser Aktivität endet die Überprüfung.

Damit der Betreiber in der Lage ist, dieses Anwendungsszenario durchzuführen, müssen eine Reihe von Vorbedingungen erfüllt werden:

- Es gibt verschiedene Dokumentenarten. Jedes Dokument wird genau einer Dokumentenart zugewiesen.
- Es gibt verschiedene Erzeugnisklassen. Jedes Erzeugnis wird genau einer Erzeugnisklasse zugewiesen.
- Jeder Erzeugnisklasse werden die für sie erforderlichen Dokumentenarten zugewiesen.
- Erzeugnisse und Dokumente haben einen Lebenszyklus, um deren Qualität abzusichern.
- Zu der verfahrenstechnischen Anlage existiert eine Anlagenstruktur. Diese beinhaltet alle Gruppen und Einzelteile.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass ein Betreiber in der Lage sein muss, die Aktualität und Qualität seiner Dokumentation jeder Zeit festzustellen. Nur dadurch kann sichergestellt werden, dass die Überprüfung durch eine Behörde mit einem positiven Ergebnis abgeschlossen wird.



## Anhang E

# Dokumentenarten

In Tabelle E.1 sind die Dokumentenarten aufgelistet, die im Anlagenlebenszyklus der in dieser Arbeit betrachteten Anlagen entstehen. Zusätzlich werden zu den Dokumentenarten relevante Rechtsquellen aufgelistet. Für jede Dokumentenart wurde darüber hinaus Inhalte, formaler Aufbau, Vorgänger- und Nachfolgerdokumente analysiert und in einem Dokumentationsleitfaden festgehalten. Das Konzept des Dokumentationsleitfadens ist in [Sch0707] dokumentiert.

Tabelle E.1: Dokumentenarten

Name der Dokumentenart	Relevante Rechtsquellen
Ablaufplan	DIN 28000-2
Abnahmeprotokoll (Anlagen-Qualifizierung)	
Anfahranweisung	
Anfragespezifikation, Angebotsanfrage	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Anlagenabnahmeprotokoll	
Anlagenänderungsblatt	
Anlagengenehmigungsbescheid	BImSchG
Anlagenkennzeichnungsverzeichnis	DIN 6779-10 (Entwurf) DIN EN 61346-1 DIN EN 61346-2 DIN EN 61355
Anlagen-Lageplan	DIN 6770 DIN 28000-1 DIN 28000-2

*Fortsetzung auf der nächsten Seite*

Name der Dokumentenart	Relevante Rechtsquellen
Anlagenmodell	DIN 2408-2 DIN 28000-1 DIN 28000-2
Apparateliste mit Grund- und Zusatzinformationen	DIN 6779-2 DIN 28000-1 DIN 28000-2 DIN 62027
Apparateliste mit Grundinformationen	DIN 6779-2 DIN 28000-1 DIN 28000-2 DIN 62027
Apparatespezifikation	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Aufstellungskonzept	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Aufstellungsplan der Anlagenteile	DIN 2408-2
Aufstellungszeichnung mit Grund- und Zusatzinformationen	DIN 6770 DIN 6789-2
Bauabnahmebericht	
Baubeschreibung	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Baugenehmigungsbescheid	
Baustellenabwicklungsrichtlinie	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Baustellenlageplan	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Baustellentagebuch	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Bauvorlagedokumentation	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Bauwerksbestandszeichnung (extern)	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Bedarfsanforderung	DIN 2408-2
Bedienungsanleitung	DIN-Fachbericht 146

*Fortsetzung auf der nächsten Seite*



Name der Dokumentenart	Relevante Rechtsquellen
	DIN EN 62079
Bestellung	DIN 61355
Betriebsanweisung	DIN EN 62079 Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften (UVV bzw. jetzt BGV A1 §2) Arbeitsschutzgesetz (ArbSchutzG §§ 4, 9 Abs. 1 und 12 Abs. 1)
Eignungsfeststellungsgutachten	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Elektroplan	DIN 61355
Energieversorgungskonzept	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Entsorgungskonzept Abwasser, Abluft, Reststoffe	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Ersatzteilliste	DIN 24420-1 DIN 24420-2 DIN 62027 DIN EN 62079 VDI 2892 VDI 4500 Blatt 3
Fertigungsterminplan	DIN 28000-1 DIN 28000-2
FMEA-Formblatt (Fehler-, Möglichkeit- und Einflussanalyse)	DIN 31051
Freigabedokument Rückmeldeschein	
Freigabeprotokoll für Bau- bzw. Montagearbeiten	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Funktionstestprotokoll	DIN 28000-2
Gefährdungsbeurteilung	DIN EN 954-1 DIN 1050 DIN 12100-1
Genehmigungsantrag	DIN EN ISO 10628 DIN 28000-1

*Fortsetzung auf der nächsten Seite*

Name der Dokumentenart	Relevante Rechtsquellen
	DIN 28000-2
Genehmigungsantrag	BimschG BimschV 4
Grundfließschema mit Grund- und Zusatzinformationen	DIN ISO 10209-2 DIN EN ISO 10628 DIN 28000-1 DIN 28000-2
Havarieplan	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Inbetrieb- und Außerbetriebsetzungsplan	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Inbetriebnahmegenehmigung	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Inbetriebnahmeprotokoll	
Installations- und Montagezeichnung	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Instandhaltungskonzept	DIN 11042-1 DIN-31052
Isometrische Rohrleitungszeichnung	DIN 2408-2
Konformitätserklärung	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Kostenanschlagsblatt	DIN 276
Kostenberechnungsblatt	DIN 276
Kostenschätzungsblatt	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Kostenvoranschlag Gesamtinvestition	DIN 276 DIN 28000-1 DIN 28000-2
Lagekarte der Emissionsquellen	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Lärmschutzkonzept	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Lastenheft	DIN 28000-1

*Fortsetzung auf der nächsten Seite*

Name der Dokumentenart	Relevante Rechtsquellen
	DIN 28000-2
Material-und Arbeitsnachweisprotokoll	
Mess-, Probenahme und Analysevorschriften	VDI 2448 BImSchG
Messstellenplan	DIN 19227-1 DIN 19227-2
Montageterminplan	DIN 28000-1 DIN 28000-2
MTBF Prüfkarte	
MTTR Prüfkarte	
PLT-Gerätespezifikation	DIN 28000-1 DIN 28000-2 DIN 62027
PLT-Lastenheft	DIN 28000-1 DIN 28000-2
PLT-Strukturplan	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Projektabschlussbericht	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Projektorganisationsplan	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Prozessleittechnik-Grundkonzept	DIN 19222 DIN 19227-1 DIN 19227-2 DIN 28000-1 DIN 28000-2
QM-Handbuch (extern)	DIN EN ISO 9000 DIN EN ISO 9001 DIN EN ISO 9002
Qualifizierungskonzept	DIN 28000-1 DIN 28000-2
R&I-Fließschemata mit Grund- und Zusatzinformationen	DIN EN ISO 10628 DIN 28000-1 DIN 28000-2

*Fortsetzung auf der nächsten Seite*

Name der Dokumentenart	Relevante Rechtsquellen
	DIN EN 61355
Rahmenterminplan	DIN 6779-2 DIN 6779-10 DIN 6779-13 DIN EN 15226 DIN 28000-1 DIN 28000-2 DIN 69900-1 DIN 69900-2
Rohrleitungs- u. Instrumentenfließschemata mit Grundinformationen	DIN EN ISO 10628 DIN EN 61355
Rohrleitungsberechnungsblatt	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Rohrleitungsliste mit Grund- und Zusatzinformationen	DIN 28000-1 DIN 28000-2 DIN 62027
Rohrleitungsliste mit Grundinformationen	DIN 28000-1 DIN 28000-2 DIN 62027
Rohrleitungsspezifikation	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Schichtbuch	
Schwachstellenanalyse	
Sicherheitsdatenblatt	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Sicherheitsgutachten	DIN EN ISO 10628 DIN 28000-1 DIN 28000-2
Sicherheitskonzept	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Stoffinputbilanz	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Stofflogistikkonzept	DIN 28000-1 DIN 28000-2

*Fortsetzung auf der nächsten Seite*

---

Name der Dokumentenart	Relevante Rechtsquellen
Terminverfolgungsblatt	
Testlaufspezifikation	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Topografiegrundzeichnung	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Transportlogistikkonzept	DIN 28000-1 DIN 28000-2
Verfahrensbeschreibung	
Verfahrensfließschema mit Grund- und Zusatzinformationen	DIN ISO 10209-2 DIN EN ISO 10628 DIN 28000-1 DIN 28000-2
Verfahrensfließschema mit Grundinformationen	DIN ISO 10209-2 DIN EN ISO 10628 DIN 28000-1 DIN 28000-2
Verschrottungsplan	
Wartungs- und Inspektionsplan	DIN 62027 VDI 2890
Wartungs- und Inspektionsprotokoll	
Wartungsanweisung	DIN 31051

---



## Anhang F

# Studentische Arbeiten

Im Rahmen dieser Dissertation wurden folgende studentische Arbeiten betreut:

Michael Stoye: Untersuchung von Portal-Technologien zur Umsetzung von Lebenslaufakten. Studienarbeit. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. Magdeburg, Deutschland. 2010.

Alexander Pelzer: Adaptierung eines PDM-Systems zur Unterstützung des Betriebes technischer Systeme durch Lebenslaufakten. Studienarbeit. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. Magdeburg, Deutschland. 2009.

Christian Schulz, Michael Stoye, Alexander Pelzer, Martin Reyher: Entwicklung und prototypische Realisierung eines digitalen Produktmodells für die effiziente Integration von Simulationsmodellen und -ergebnissen in eine vorhandene PDM-Instanz. Laborpraktikum. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. Magdeburg, Deutschland. 2009.

Fabian Tiefert: Informationsstrukturierung mit Hilfe von Topic Maps für den Anlagenbau. Studienarbeit. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. Magdeburg, Deutschland. 2007.

Tobias Schaub: Konzept für eine Technische Produktdokumentation von Anlagen. Studienarbeit. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. Magdeburg, Deutschland. 2007.

Sven Joksch: Konzept zur Realisierung eines semantischen Mappings von Ontologien. Diplomarbeit. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. Magdeburg, Deutschland. 2007.

Jens Niebuhr: Konzepte und Methoden der Informationsvernetzung. Diplomarbeit. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. Magdeburg, Deutschland. 2006.

