

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN  
Lehrstuhl für Produktentwicklung

# **Situationsspezifische Planung von Produktentwicklungsprozessen**

**Julia Maria Katharina Roelofsen**

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

**Doktor-Ingenieurs**

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Karsten Stahl  
Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann  
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier,  
Universität Paderborn

Die Dissertation wurde am 29.12.2010 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen am 30.06.2011 angenommen.

### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-8439-0085-0

© Verlag Dr. Hut, München 2011  
Sternstr. 18, 80538 München  
Tel.: 089/66060798  
[www.dr.hut-verlag.de](http://www.dr.hut-verlag.de)

Die Informationen in diesem Buch wurden mit großer Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden. Verlag, Autoren und ggf. Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für eventuell verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der Vervielfältigung und Verbreitung in besonderen Verfahren wie fotomechanischer Nachdruck, Fotokopie, Mikrokopie, elektronische Datenaufzeichnung einschließlich Speicherung und Übertragung auf weitere Datenträger sowie Übersetzung in andere Sprachen, behält sich der Autor vor.

1. Auflage 2011

# VORWORT DES HERAUSGEBERS

## **Problemstellung**

Der Umgang mit und die Handhabung von Produktentwicklungsprozessen gewinnt in der Industrie immer mehr an Bedeutung, um eine effiziente Entwicklung und einen schnellen Markteintritt zu gewährleisten. Zur Planung von gut strukturierten Prozessen liegen zwar schon einige Methoden und Werkzeuge vor, für die unstrukturierten, dynamischen Entwicklungsprozesse sind diese aber nur sehr eingeschränkt geeignet. Besonders für operativ arbeitende Entwickler fehlt es an einer Unterstützung zur konkreten Planung ihres Vorgehens, die sowohl die Entwicklungssituation als auch -aufgabe berücksichtigt. Weiterhin fehlt es an Methoden, die eine enge Abstimmung und Einordnung der operativen Tätigkeiten in das Gesamtprojekt ermöglichen.

## **Zielstellung**

Die vorliegende Arbeit soll sowohl projektplanende als auch projektausführende Entwickler in ihrer Vorgehensplanung unterstützen. Dabei wird ein besonderer Fokus auf die aktuelle Entwicklungssituation sowie die vorliegende Entwicklungsaufgabe gelegt. In diesem Zusammenhang ist eine flexible Reaktion auf Änderungen in der Entwicklungssituation das Ziel der Arbeit. Der entwickelte Ansatz soll eine verbesserte Navigation der Beteiligten durch den Entwicklungsprozess ermöglichen und die Prozesstransparenz erhöhen. Es soll also für projektplanende und -ausführende Entwickler die situationsspezifische Auswahl und Anpassung von Produktentwicklungsprozessen ermöglicht werden.

## **Ergebnisse**

Aufbauend auf der Zielstellung wird in der vorliegenden Arbeit ein Vorgehen zur situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen erarbeitet. Dieser Ansatz besteht aus mehreren Elementen. Das FORFLOW-Prozessmodell wird als Basis zur Prozessplanung herangezogen. Weiterhin wird ein Vorgehensmodell zur produktmodellorientierten Entwicklung erarbeitet, das die Ableitung von situationsspezifischen Prozessen ermöglicht. Zur Durchführung der Prozessableitung wird eine in Detailtiefe und Ausführlichkeit angepasste Beschreibung der Entwicklungssituation vorgestellt. Für die Anwendung des Vorgehensmodells werden unterschiedliche Rollen und Ebenen der Prozessplanung beschrieben. Auch die unterschiedlichen Vorgehensweisen zur Ableitung der Prozesse auf Projekt- und operativer Ebene, regelbasiert und matrixbasiert, werden dargelegt. Im Rahmenwerk zur situationsspezifischen Prozessplanung fließen schließlich die einzelnen Elemente des Ansatzes zusammen.

## **Folgerungen für die industrielle Praxis**

Die Evaluation des entwickelten Ansatzes konnte eine Verbesserung der Navigation und Prozesstransparenz im Entwicklungsprozess unter Anwendung der entwickelten Ansätze aufzeigen. Sowohl das Prozess- als auch das Vorgehensmodell sind auf einer Detailebene beschrieben, die die in der vorliegenden Arbeit entwickelten Ansätze für viele Unternehmen anwendbar macht. Dabei wurde ein besonderer Fokus auch auf mechatronische Produkte gelegt, die in der Industrie immer mehr Bedeutung erlangen. Die in der vorliegenden Arbeit entwickelten Ansätze können einzeln oder in der Kombination Unternehmen darin unterstützen ihre Produktentwicklungsprozesse an der vorliegenden Entwicklungsaufgabe und der aktuellen Entwicklungssituation auszurichten.

## **Folgerungen für Forschung und Wissenschaft**

Im Rahmen der Arbeit wird aufgezeigt, dass bisherige Ansätze zur Unterstützung der Entwicklungsprozessplanung die Entwicklungssituation sowie eine Verknüpfung von Projekt- und operativer Ebene nicht ausreichend unterstützen. Daher wird in der vorliegenden Arbeit besonders auf diese beiden Elemente ein starker Fokus gelegt. Die Verknüpfung der unterschiedlichen Planungsebenen wird sowohl im Vorgehens- als auch im Prozessmodell deutlich adressiert. Weiterhin wird aufbauend auf einer Analyse von Situationsbeschreibungen ein für die Produktentwicklung geeignetes Modell der Entwicklungssituation abgeleitet. Die Anwendbarkeit der Ansätze wurde im Rahmen der Evaluation nachgewiesen und somit kann besonders das vielseitig einsetzbare Prozessmodell als Basis für weitere Untersuchungen von Produktentwicklungsprozessen herangezogen werden.

Garching, August 2011

Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann  
Lehrstuhl für Produktentwicklung  
Technische Universität München

## DANKSAGUNG

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Produktentwicklung der Technischen Universität München in der Zeit von März 2006 bis Dezember 2010.

Besonderer Dank gilt Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann für die Möglichkeit, meine Fähigkeiten im Rahmen von unterschiedlichen Projekten und Aufgaben in der Lehrstuhlzeit weiterzuentwickeln und natürlich besonders für die Betreuung und Prüfung meiner Doktorarbeit.

Weiterhin möchte ich Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier vom Heinz Nixdorf Institut in Paderborn für die wertvollen Anmerkungen zur Arbeit im Rahmen der Begutachtungen des Forschungsverbundes FORFLOW sowie für die Übernahme des Koreferates meiner Arbeit danken. Prof. Dr.-Ing. Karsten Stahl danke ich für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes und die organisatorische Abwicklung des Promotionsverfahrens.

Die Arbeit entstand aus einem Teilprojekt des von der bayerischen Forschungsstiftung geförderten Forschungsverbundes FORFLOW. Die beteiligten Professoren, Projektkollegen und Industriepartner hatten ebenfalls einen wichtigen Anteil am Gelingen dieser Arbeit. Besonders hervorheben möchte ich Hartmut Krehmer, der im Projektverlauf ein starker Diskussionspartner war und die Arbeit Korrektur gelesen hat. Auf Seiten der Industriepartner danke ich besonders Dr.-Ing. Heinrich Schäperkötter für seine Diskussionsbereitschaft und stets konstruktive Kritik an den entwickelten Ergebnissen.

Auch den Kollegen am Lehrstuhl für Produktentwicklung gilt mein Dank, für die gute Zusammenarbeit sowie ein freundschaftliches und konstruktives Arbeitsklima. Hier bedanke ich mich besonders bei Dr.-Ing. Wolfgang Lauer, für das gemeinsame Vorantreiben des Forschungsverbunds FORFLOW, bei David Hellenbrand für die umfassende Unterstützung in der Endphase des Schreibens und der Prüfungsvorbereitung und bei Bernd Schröer für seine kreativen Ideen.

Zum Gelingen der Arbeit haben auch einige Studenten einen Beitrag geleistet. Hier möchte ich mich stellvertretend bei meinen ehemaligen Diplomanden Stefan Daniel Strehlow und Naeel Ali bedanken. Besonders herzlich Danke sagen möchte ich meinem langjährigen Hiwi Christian Schmied für seine großartige Arbeit.

Ohne ein gutes privates Umfeld ist das Verfassen einer Doktorarbeit nicht möglich. Daher möchte ich mich besonders bei meinen lieben Freunden und ehemaligen Mitbewohnern Birgit Penzenstadler und Johannes Maifeld bedanken, die besonders in der heißen Phase der Promotion wichtige Stützen und Lieferanten für gute Laune waren. Weiterhin bedanke ich mich bei meinem Partner Christian Marr dafür, dass er mich in meinem Vorhaben jederzeit unterstützt und bestärkt hat.

Schließlich möchte ich mich bei meiner Familie bedanken. Bei meiner Schwester Sinja dafür, dass sie mich zwar wenn nötig auf den Boden der Tatsachen zurück holt, sich aber trotzdem immer mit mir freut. Meinen Eltern danke ich dafür, dass sie mich zu einem selbstständigen, frei denkenden Menschen erzogen und immer an mich geglaubt haben. Mein Vater durfte zwar leider den erfolgreichen Abschluss meiner Dissertation nicht mehr miterleben, ich bin mir aber sicher, dass er sehr stolz auf mich ist und möchte ihm diese Arbeit widmen.



# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung	3
1.3 Abgrenzung des Themengebietes	5
1.4 Wissenschaftlicher Ansatz und Forschungsmethodik	7
1.5 Aufbau der Arbeit	9
<b>2. Grundlagen für die Planungsunterstützung von Produktentwicklungsprozessen</b>	<b>13</b>
2.1 Prozess	13
2.2 Geschäfts- und Produktentwicklungsprozesse	17
2.3 Projekt	20
2.4 Situation	21
2.5 Workflow	22
2.6 Workflowmanagementsystem	24
2.7 Produktmodelle und ihre Prozessintegration	25
<b>3. Unterstützungsbedarf in der Praxis</b>	<b>29</b>
3.1 Softwareentwicklung eines Motorsteuergerätes	29
3.2 Entwicklung von Produktkonzepten	32
3.3 Entwicklung einer Baugruppe	34
3.4 Produktabstimmung	36
3.5 Unterstützungsbedarf auf Projektebene	37
3.6 Zusammenfassung des Unterstützungsbedarfs	39
<b>4. Bestehende Ansätze zur Unterstützung von Produktentwicklungsprozessen</b>	<b>45</b>
4.1 Prozessorganisation	45
4.2 Prozessmodelle	47
4.2.1 Methoden der Prozessmodellierung	49
4.2.2 Modelle zur Darstellung von Produktentwicklungsprozessen	52
4.3 Schwächen bestehender Workflowmanagementsysteme	56

---

4.4	Beschreibung der Entwicklungssituation	59
4.4.1	Sichtweisen auf die Situation	59
4.4.2	Möglichkeiten der Situationsbeschreibung	61
4.4.3	Parameter zur Beschreibung der Entwicklungssituation	63
4.5	Bestehende Ansätze zur Prozessunterstützung in der Produktentwicklung	71
4.5.1	Darstellung der bestehender Ansätze zur Prozessunterstützung	72
4.5.2	Vergleich der Ansätze und Ableitung des Forschungsbedarfs	78
<b>5.</b>	<b>Situationsspezifische Entwicklungsprozessplanung</b>	<b>81</b>
5.1	Einordnung der Arbeit in den Forschungsverbund FORFLOW	82
5.2	Anforderungen an die situationsspezifische Entwicklungsprozessplanung	85
5.3	Das FORFLOW-Prozessmodell	92
5.3.1	Aufbau des Prozessmodells	94
5.3.2	Betrachtete Aspekte der Prozessmodellierung	95
5.3.3	Vergleich mit bestehenden Prozessmodellen	109
5.4	Das Vorgehensmodell PMDD	110
5.5	Entwicklungssituation	115
5.6	Rollen in der Prozessplanung	122
5.7	Ebenen der Prozessplanung	123
5.8	Rahmenwerk zur situationsspezifischen Prozessplanung	125
5.9	Implementierung des Vorgehens zur situationsspezifischen Prozessplanung	137
5.10	Zusammenfassende Betrachtung des entwickelten Ansatzes	147
<b>6.</b>	<b>Evaluation des Vorgehens zur situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung</b>	<b>149</b>
6.1	Methoden der Evaluation	149
6.2	Evaluation des FORFLOW-Prozessmodells	151
6.3	Prozessanalyse durch PDM-Daten	153
6.4	Softwareevaluation des ProcessNavigators	156
6.5	Anforderungsabgleich	161
6.6	Abschließende Bewertung	165
<b>7.</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>167</b>
7.1	Zusammenfassung	167

---

7.2	Ausblick	169
<b>8.</b>	<b>Literatur</b>	<b>171</b>
<b>9.</b>	<b>Anhang</b>	<b>193</b>
9.1	Anforderungen an die situationsspezifische Entwicklungsprozessplanung	193
9.2	FORFLOW-Prozessmodell	197
9.2.1	Legende zum Prozessmodell (ARIS-Beschreibung)	197
9.2.2	Beschreibung der Prozessschritte	197
9.2.3	Darstellung des Prozessmodells	212
<b>10.</b>	<b>Dissertationsverzeichnis des Lehrstuhls für Produktentwicklung</b>	<b>223</b>



# 1. Einleitung

Es gibt viele Ansätze, Produktentwicklungsprozesse effizienter und effektiver zu gestalten, aber: „Es gibt keine kanonisierbare Optimalform des Konstruktionsprozesses, der der Entwickler in einem festen Ablaufplan folgen kann.“ [DÖRNER 1994, S. 159] Vor dem Hintergrund begrenzter Ressourcen in Unternehmen ist es dabei trotzdem notwendig, auch diese Prozesse möglichst effizient, zielorientiert und strukturiert durchzuführen. Die steigende Komplexität mechatronischer Produkte, die wachsende Variantenvielfalt sowie die Forderung nach einer immer kürzeren „time to market“ führen zu einer steigenden Komplexität der zugehörigen Entwicklungsprozesse [BAUMBERGER 2008, S. 55]. Aus diesem Grund wird der adäquate Umgang mit der Prozesskomplexität heutiger Entwicklungsprozesse immer wichtiger, um im internationalen Wettbewerb mithalten zu können. Um mit dieser Komplexität umgehen zu können bedarf es einer schnellen und flexiblen Reaktion auf Änderungen in den Rahmenbedingungen der Produktentwicklung.

Die vorliegende Arbeit entwickelt ein Rahmenwerk, das Unternehmen durch die situationsspezifische Planung von Entwicklungsprozessen eine schnelle Reaktion auf Marktveränderungen, Kundenwünsche und andere wichtige Rahmenbedingungen ermöglicht. Dazu werden insbesondere die charakteristischen Eigenschaften der Entwicklungsprozesse, wie beispielsweise ihre Dynamik und Einmaligkeit, berücksichtigt.

Bei den in dieser Arbeit entwickelten Ansätzen handelt es sich zu großen Teilen um die Ergebnisse des Teilprojektes „Situationsspezifische Prozessplanung und -konfiguration“ des Forschungsverbundes FORFLOW, gefördert von der Bayerischen Forschungsförderung. Der bayerische Forschungsverbund für Prozess- und Workflowunterstützung zur Planung und Steuerung der Abläufe in der Produktentwicklung wurde in Kooperation von drei Lehrstühlen des Maschinenwesens und drei Lehrstühlen der Informatik mit 21 industriellen Partnern durchgeführt. Die Einordnung der in dieser Arbeit vorgestellten Ergebnisse in den Kontext des Forschungsverbundes erfolgt in Kapitel 5.1.

## 1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Für Unternehmen in Hochlohnländern wie Deutschland wird es zunehmend wichtig, nicht nur in Bezug auf Produkte und Technologien führend zu sein, sondern die Beherrschung komplexer Strukturen und Prozesse wird zu einem entscheidenden Wettbewerbsfaktor. Diese Komplexitätsbeherrschung kann nicht ohne weiteres von anderen Unternehmen nachgeahmt werden [SCHMELZER et al. 2010]. Weitere Herausforderungen in Unternehmen, die sich deutlich auf die Entwicklung und ihre Abläufe auswirken, sind kürzere Produktlebenszyklen, steigende Kundenanforderungen, Individualisierung, Globalisierung, gesetzliche Anforderungen und Normen, steigender Kostendruck sowie eine rasante informationstechnische Entwicklung [ALLWEYER 2007, S. 4].

Die Arbeitsteiligkeit in den Produktentwicklungsprozessen nimmt in vielen Unternehmen zu, da beispielsweise die Zeit bis zur Produkteinführung verkürzt und die Kosteneffizienz gesteigert werden soll. Dieser Ansatz steigert im Gegenzug die Prozesskomplexität, da eine

größere Anzahl Schnittstellen im Prozess entsteht und mit der höheren Arbeitsteiligkeit meist eine stärkere Parallelisierung von Teilprozessen einhergeht [ROELOFSEN et al. 2007b]. Zur Beherrschung der Komplexität von Produktentwicklungsprozessen sind eine angemessene Prozessplanung sowie eine Unterstützung der Aufgabendurchführung in der Entwicklung notwendig, die vorliegende Produktmodelle berücksichtigen, den Informationsfluss kontrollieren und die Entwicklungssituation sowie den Prozess in Betracht ziehen. Dies bedeutet wiederum den Bedarf nach neuen Methoden des Prozessmanagements, die auf die spezifischen Charakteristika von Produktentwicklungsprozessen abgestimmt sind. Im Bereich der Produktentwicklung wurden bereits zahlreiche Prozessplanungswerkzeuge eingeführt, die bei der Gestaltung und Optimierung interner Abläufe unterstützen sollen. Bestehende Werkzeuge zur Prozessunterstützung sind aber in erster Linie zur Beherrschung gut strukturierter Geschäftsprozesse geeignet und adressieren nicht die spezifischen Charakteristika von Produktentwicklungsprozessen [BEUTER 2003].

Produktentwicklungsprozesse zeichnen sich durch ihre Dynamik und Einmaligkeit sowie durch Iterationen aus, die sich beispielsweise durch Anforderungsveränderungen, nicht hinreichende Lösungen oder Änderungen in den Rahmenbedingungen ergeben, und bedürfen daher einer anderen Unterstützung als die repetitiven Geschäftsprozesse [ROELOFSEN et al. 2010b].

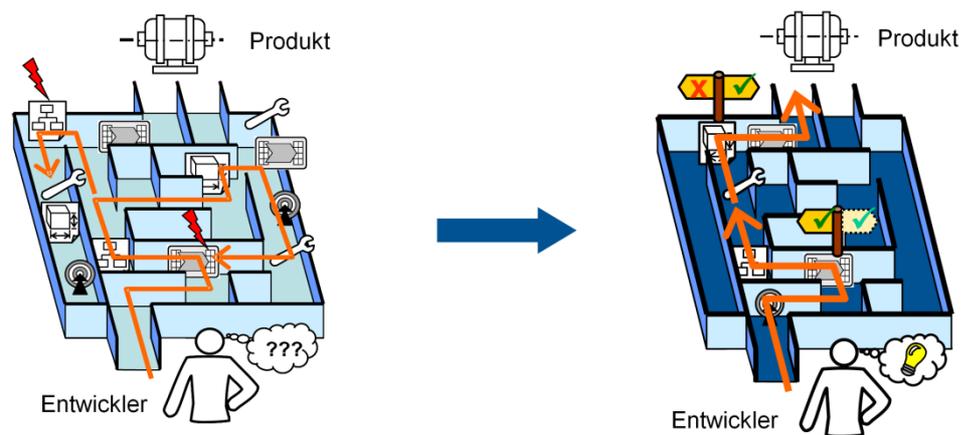
Historisch bedingt haben bekannte Prozessplanungsmethoden ihren Ursprung überwiegend in der Modellierung gut strukturierter und repetitiver Geschäftsprozesse. Diese sind entsprechend vorgeplant und können von existierenden Workflowmanagementsystemen (WFMS) sehr gut unterstützt werden. Diese Systeme geben den Anwendern jeweils den nächsten auszuführenden Schritt vor und stellen gegebenenfalls sogar die hierfür notwendigen Applikationen und Daten automatisch bereit [VAN DER AALST et al. 2002].

Eine derartig strukturierte Prozessplanung ist in der Produktentwicklung nicht ohne Weiteres möglich, da sich Entwicklungsprozesse erst im Verlauf der Entwicklung entfalten und sich konkrete Schritte zukünftiger Phasen oft erst aus den Ergebnissen vorgelagerter Phasen ergeben [JÄGER 2003; PAETZOLD 2004]. Dabei spricht man auch von der evolutionären Entwicklung dieser Prozesse [ROELOFSEN 2009, S. 46]. Weiterhin ist in der Entwicklung die Prozessgestaltung stark durch die Randbedingungen der Entwicklungssituation und die jeweils spezifischen Anforderungen an die Entwicklungsaufgabe geprägt. Es ist in diesem Zusammenhang durchaus möglich, dass trotz gleicher Produkthanforderungen ein veränderter Prozess durchgeführt wird, da sich die Randbedingungen der Entwicklung geändert haben. Dies könnten beispielsweise geänderte Schnittstellen mit Kooperationspartnern (z. B. Lieferantenwechsel) oder Kunden sein. Entwicklungsprozesse müssen daher aufgaben- und situationsspezifisch ausgeprägt sein [ROELOFSEN 2009, S. 46].

Zur Unterstützung einer adaptiven Entwicklungsprozessplanung sind erste Ansätze vorhanden, die sich aber entweder auf eine Workflowunterstützung beziehen, ohne die Entwicklungssituation zu berücksichtigen [BEUTER 2003], auf die Simulation von Prozessen fokussieren [VOIGTSBERGER 2005] oder sich stark auf eine Produktgruppe beziehen [REDENIUS 2006]. Im Ansatz von PONN wird eine situationsgerechte Prozessplanung vorgestellt, die sich im Gegensatz zum hier entwickelten Ansatz lediglich auf die Phase der Konzeptentwicklung bezieht. Die in dieser Arbeit entwickelte Prozessplanungsunterstützung

bezieht sich auf den gesamten Produktentwicklungsprozess und ist auf mechanische wie auch mechatronische Produkte anwendbar.

Um eine flexible Entwicklungsprozessplanung unterstützen zu können, müssen zunächst die Randbedingungen identifiziert werden, die die Entscheidung über das weitere Vorgehen im Prozess beeinflussen. Durch die Darstellung und Berücksichtigung der Randbedingungen wird eine transparentere Navigation durch den Entwicklungsprozess geschaffen (siehe Bild 1.1). Dies bedeutet, dass die Entwicklungssituation analysiert und zur weiteren Vorgehensplanung herangezogen wird. Das zu entwickelnde Produkt hat in diesem Zusammenhang einen wichtigen Einfluss.



**Bild 1.1 Vorgehen des Entwicklers im Produktentwicklungsprozess**

Eine solche Anpassung von Methoden und Prozessen an den Entwicklungskontext wird als kritisches Erfolgselement einer methodisch gestützten Produktentwicklung angesehen [BIRKHOFER et al. 2005; MEIBNER et al. 2005]. Andererseits resultiert aufgrund der Vielzahl an möglichen Prozessalternativen eine komplexe Planungssituation aus der Berücksichtigung der Situation.

*Die Komplexität der Planungssituation ist mit bestehenden Methoden kaum zu bewältigen. Deshalb werden in dieser Arbeit gestaltungsrelevante Einflussgrößen der jeweiligen Entwicklungssituation und Methoden zur Prozessplanung in Abhängigkeit von diesen Einflussgrößen untersucht. Die Herausforderung ist in diesem Zusammenhang die Entwicklung einer adäquaten Beschreibung der Entwicklungssituation. Diese muss die umfangreich genug sein, um Unterschiede in den Prozessen aufzuzeigen, darf andererseits aber nicht zu ausführlich sein, um den Aufwand für die Situationsanalyse möglichst gering zu halten. Eine solche einfache Beschreibung der Entwicklungssituation ist essentiell, um bei den Nutzern eine Akzeptanz des Vorgehens zu erzielen.*

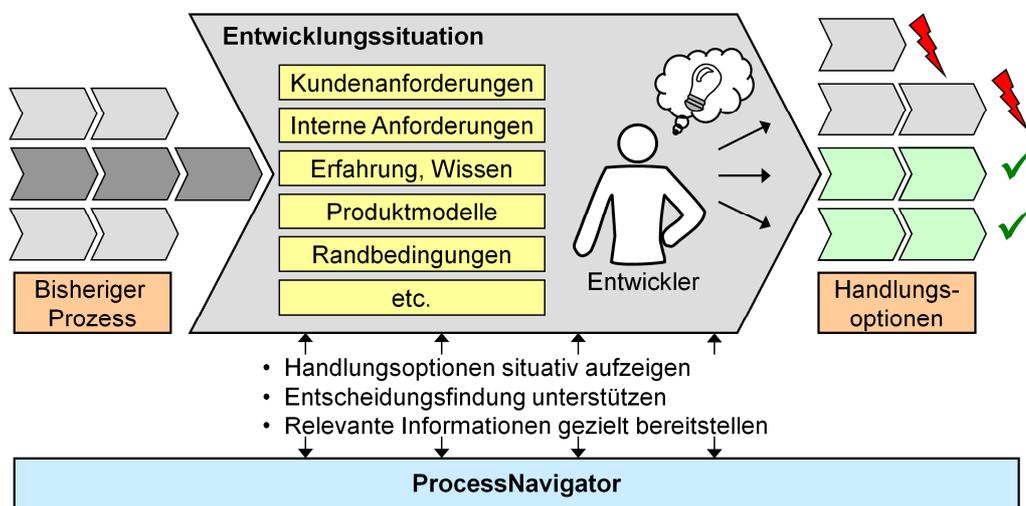
## 1.2 Zielsetzung

Der in dieser Arbeit entwickelte Ansatz soll Entwicklern den Umgang mit Veränderungen in den Rahmenbedingungen der Entwicklung erleichtern und transparenter machen.

Ziel dieser Arbeit ist es somit, ein methodisches Konzept zu entwickeln, das die anforderungs- und situationspezifische Auswahl und Anpassung von Prozessen im

Entwicklungsworkflow unterstützt. Dieses Konzept soll prototypisch umgesetzt werden. Der zu entwickelnde Lösungsansatz soll Iterationen im Entwicklungsprozess reduzieren und eine flexible Reaktion auf Änderungen der Rahmenbedingungen ermöglichen.

Die Unterstützung soll derart gestaltet werden, dass die Prozessauswahl, -anpassung und -konfiguration in Abhängigkeit der übergeordneten Entwicklungsaufgabe und im Kontext der spezifischen Entwicklungssituation durchgeführt wird. Aus diesem Kontext heraus werden den Entwicklern vorteilhafte Prozessalternativen vorgeschlagen (siehe Bild 1.2). Dazu wird als Grundlage der Datenaufbereitung und Visualisierung der ProcessNavigator entwickelt, in dem die entstandenen Ansätze prototypisch umgesetzt werden. Durch die Berücksichtigung der Entwicklungssituation wird eine effektive Kopplung von Entwicklungsprozessketten und die Auswahl und Anpassung einer für die jeweilige Entwicklungsaufgabe adäquaten Vorgehensweise erzielt. Um dies zu erreichen, ist eine für die Zielsetzung adäquate Beschreibung der Entwicklungssituation notwendig.



**Bild 1.2** Situationspezifische Entscheidung über das weitere Vorgehen im Entwicklungsprozess

Die situationspezifische Prozessplanung bietet dem Entwickler sowohl auf übergreifender Projektebene als auch auf operativer Ebene Unterstützung. Dementsprechend gibt es zwei Prozessplanungsszenarios, die auf unterschiedlichen Konkretisierungsebenen betrachtet werden [in Anlehnung an LINDEMANN 2009, S. 38; MEIBNER et al. 2005, S. 75].

Das erste Szenario befasst sich mit der Planung komplexer, übergeordneter Prozessketten. Der Entwicklungskontext ist beispielsweise durch kundenbezogene Prozessanforderungen, den Neuigkeitsgrad der Entwicklung und durch das zu erreichende Entwicklungsziel geprägt. Dieses Planungsszenario spielt vor dem Hintergrund zunehmender Variantenentwicklungen mit jeweils spezifischen Anforderungen in der Praxis eine wichtige Rolle. Der in dieser Arbeit entwickelte Ansatz soll entsprechend projektplanende Entwickler in der Planung der Entwicklungsprozesse unterstützen.

Das zweite Planungsszenario betrifft die Ableitung prozessbezogener Handlungsempfehlungen in konkreten Entwicklungssituationen auf operativer Ebene. Hier werden oft wichtige Handlungsentscheidungen getroffen, die wesentlichen Einfluss auf das Entwicklungsergebnis haben. Diese Planungssituationen sind stark von den

Entwicklungszielen, von dem bisherigen Vorgehen und den dabei gemachten Erfahrungen sowie weiteren Einflussgrößen abhängig. Die Prozessplanung soll an dieser Stelle durch eine anforderungsbezogene Teilprozessauswahl unterstützt werden. Dabei wird den Entwicklern die Entscheidung über das weitere Vorgehen nicht abgenommen, sondern Handlungsoptionen vorgeschlagen und die Entscheidungsfindung unterstützt. Die zu Grunde liegende Idee dieses Ansatzes ist, die im Bereich der Geschäftsprozessmodellierung vorherrschende Ablauforientierung zugunsten einer Kontextorientierung der Prozessbeschreibung und -klassifikation zu erweitern.

Vor dem Hintergrund der beiden Planungsszenarios lassen sich folgende Fragestellungen ableiten, die in dieser Arbeit beantwortet werden sollen:

1. Wie können Rahmenbedingungen von Entwicklungssituationen so charakterisiert werden, dass die situationsgerechte Prozessgestaltung im Sinne einer spezifischen Prozessauswahl und -anpassung unterstützt wird?
2. Auf welcher Granularitätsstufe sollte die Prozessbeschreibung, abhängig von der jeweiligen Entwicklungssituation, erfolgen?
3. Wie können, basierend auf bestehenden Modellierungsmethoden und Ansätzen zur Prozessdokumentation (z. B. Prozessbausteine, Wissensbasen), die Prozesse in ihrer jeweils unterschiedlichen Granularität so beschrieben und dokumentiert werden, dass sie den Kontext der Planungssituation mit abbilden und speziell die Neukonfiguration von Prozesselementen ermöglicht wird?
4. Wie kann die Verknüpfung von Entwicklungssituation und Prozessauswahl erfolgen (eigentlicher Konfigurationsvorgang)?

*Zusammenfassend besteht die Zielsetzung dieser Arbeit darin, dem Entwickler eine flexible Reaktion auf Änderungen in der Entwicklungssituation zu ermöglichen, um durch die situationsangepasste Prozessplanung kürzere Entwicklungszeiten und höhere Produktqualität zu erzielen. Die Komplexität der Entwicklungsprozesse soll damit auch in kürzeren Innovationszyklen und bei steigenden Qualitätsanforderungen in globalen Netzwerken beherrschbar werden. Der Entwickler wird in der Vorgehensplanung vor und während der Bearbeitung der Entwicklungsaufgabe unterstützt.*

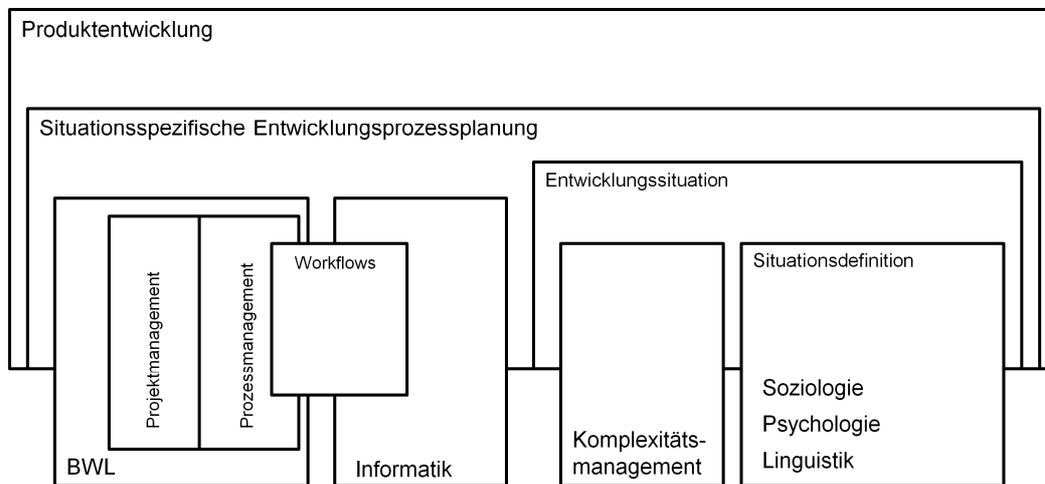
### **1.3 Abgrenzung des Themengebietes**

Die vorliegende Arbeit befasst sich in der Hauptsache mit den Prozessen der Produktentwicklung. Neben dem Fokus auf Entwicklungsprozesse werden in diesem Forschungszweig weitere Teilbereiche der Produktentwicklung adressiert. Dazu gehören das Produktdatenmanagement, die Beschreibung der Entwicklungssituation, das strukturelle Komplexitätsmanagement mittels DSM (Design Structure Matrix) und die Workflowunterstützung. In diesen Bereichen gibt es Überschneidungspunkte zu anderen Forschungsfeldern, die in Bild 1.3 dargestellt sind.

Weitreichende Überschneidungspunkte gibt es mit den Gebieten des Geschäftsprozess- und Projektmanagements. Hier spielen einerseits die Definition und Abarbeitung von Workflows mit ein, wie sie im Prozessmanagement genutzt werden, andererseits die Handhabung von Projekten und ihren spezifischen Charakteristika. Ein wichtiger Punkt ist die Überwindung

der Schnittstelle zwischen Prozess- und Projektmanagement durch die Instanziierung eines Entwicklungsprozessmodells im Rahmen eines spezifischen Entwicklungsprojektes.

Ein weiterer wichtiger angrenzender Forschungsbereich ist die Informatik. In diesem Bereich werden Softwaresysteme wie Workflowmanagement- und Produktdatenmanagementsysteme berücksichtigt und die in der Arbeit entwickelten Ansätze unter Einsatz aktueller Forschungsergebnisse der Informatik implementiert. Auch auf die in der Informatik weit verbreitete Evaluation wird in dieser Arbeit Bezug genommen. Die Informationsbereitstellung im Entwicklungsprozess ist ein wichtiger Anknüpfungspunkt für diese Arbeit, wird aber nicht im Detail beschrieben. Mit der Informationsbereitstellung im Entwicklungsprozess haben sich im Rahmen des Forschungsverbundes FORFLOW LAUER, WEBER, ECKSTEIN und JOCHAUD befasst [MEERKAMM et al. 2009]. In den von ihnen entwickelten Ansätzen wird im Detail auf die sinnvolle Bereitstellung von Informationen im Prozessverlauf eingegangen.



**Bild 1.3 Abgrenzung des Themengebiets**

Zur Betriebswirtschaftslehre gibt es ebenfalls Verbindungen. Einerseits in Bezug auf die Organisation der Entwicklung (Aufbau und Ablauf) die betrachtet wird, andererseits wird ein pragmatischer Ansatz der Forschungsmethodik für das Vorgehen in dieser Arbeit aus der Betriebswirtschaftslehre entlehnt.

Schließlich nimmt die Beschreibung der Entwicklungssituation in dieser Arbeit eine wesentliche Position ein. In diesem Bereich gibt es Verbindungen zur Linguistik, Soziologie und teilweise zur Arbeitspsychologie, um eine geeignete Beschreibung der Entwicklungssituation aus den Situationsdefinitionen und -beschreibungen der anderen Felder abzuleiten.

Neben der Beschreibung der angrenzenden Forschungsfelder werden die Einschränkungen des Themengebietes auf einen bestimmten Anwendungsbereich vorgestellt. Die Unterstützung der Entwicklungsprozessplanung unterstützt Entwickler auf operativer und Projektebene in der Ablaufplanung des Produktentwicklungsprozesses, beginnend bei der Kundenanfrage bis hin zum Produktionsstart. Auch die Entwicklung mechatronischer Produkte wird zum Teil unterstützt.

Auf strategischer Ebene und in der Auswahl, welche Entwicklungsprojekte durchgeführt werden, bietet diese Arbeit keine Hilfestellung. Auch auf die Auswahl geeigneter Methoden im Verlaufe der Entwicklung wird nicht eingegangen. Die Arbeit basiert auf einem generischen Prozessmodell und ist deshalb nicht auf eine bestimmte Produktgruppe eingeschränkt. Andererseits erfordert diese allgemeine Darstellung für die Anwendung im Unternehmen erhebliche Anpassungen. Das Projektmanagement über die Ablaufplanung hinaus wird nur rudimentär betrachtet. So liefert der in dieser Arbeit entwickelte Ansatz beispielsweise keine Unterstützung in der projektübergreifenden Ressourcenplanung. Die grobe Planung der Ressourcen innerhalb des jeweils betrachteten Projektes wird hingegen vorgesehen.

## 1.4 Wissenschaftlicher Ansatz und Forschungsmethodik

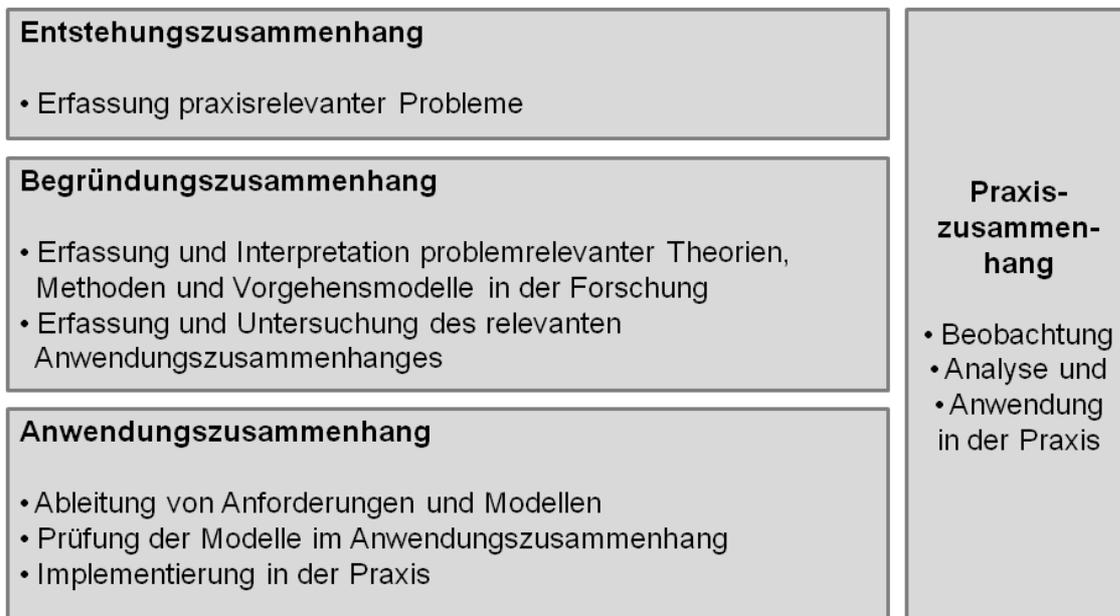
Der in Kapitel 1.2 dargestellten Zielsetzung entsprechend wird ein Vorgehen zur situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen entwickelt. Zur Erreichung dieses Ziels wird ein angewandter wissenschaftlicher Ansatz gewählt [vgl. HILL 1994]. Dazu wird der von ULRICH vorgestellte Ansatz der anwendungsorientierten Sozialwissenschaft auf die Problemstellung übertragen. Im Gegensatz zur theoriegeleiteten Forschung, deren Ziel die Beschreibung, Erklärung und Vorhersage von Strukturen und Verhaltensweisen beobachtbarer Systeme auf Basis von allgemeinen Hypothesen ist [ULRICH 2001, S. 19], wird bei der Entwicklung eines Vorgehens zur situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung ein pragmatisches Wissenschaftsziel verfolgt. Mit Bezug auf die Konstruktionswissenschaft ist das Ziel der vorliegenden Arbeit daher nicht eine Erforschung des Konstruierens und Entwickelns auf Basis von Beobachtungen („research into design“), sondern vor allem eine Forschung für die Produktentwicklung durch Bereitstellung von Methoden, Modellen und Werkzeugen („research for design“) [CROSS 1995, S. 1]. Das heißt es ist nicht nur das Ziel, das Phänomen des Entwickelns zu verstehen sondern auch dieses Verständnis zur Veränderung des Entwicklungsprozesses zu nutzen. [BLESSING et al. 1997, S. 43; BAUMBERGER 2008, S. 15]

Weiterhin ist die Einordnung des Forschungsansatzes in die Konstruktionswissenschaft bzw. Konstruktionsmethodik vorzunehmen. Diese soll dem Entwickler konzeptionelle Hilfsmittel bereitstellen, die ihn in der effektiven und effizienten Planung, Ausführung und Kontrolle des Konstruktionsprozesses unterstützen [ROOZENBURG et al. 1995, S.30]. Ein Vorgehen zur situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung lässt sich demnach als einem Teilbereich der Konstruktionsmethodik zugehörig einordnen. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass die Planung der Prozesse zwar den Hauptschwerpunkt des Vorgehens bildet, allerdings auch die Bereiche der Ausführungsunterstützung und Kontrolle der erstellten Pläne berührt werden. Das entwickelte Vorgehen unterstützt weiterhin die Entwicklung mechatronischer Produkte. Allerdings findet in Hinblick auf die Anwendung des Vorgehens eine Einschränkung auf die Planungsunterstützung für Einzelprojekte statt, das heißt Multiprojektmanagement in der Entwicklung sowie eine projektübergreifende Ressourcenzuweisung werden in diesem Ansatz nicht verfolgt. Die Arbeit ist demnach dem Bereich der speziellen Konstruktionswissenschaft zuzurechnen [HUBKA et al. 1996,

S. 79], sie besitzt aufgrund der getroffenen Annahmen zunächst nur im betrachteten Rahmen Gültigkeit.

Das für diese Arbeit gewählte Vorgehen, wie es BAUMBERGER in seinem Ansatz zur Entwicklung von Methoden zur kundenspezifischen Produktdefinition bei individualisierten Produkten anwendet, lässt sich in die drei Phasen Entstehungszusammenhang, Begründungszusammenhang und Anwendungszusammenhang einteilen. Wichtig ist hier parallel zu allen Phasen die Berücksichtigung des Praxiszusammenhangs (siehe Bild 1.4).

Die Grundlage der Arbeit bildet bei dem gewählten Forschungsansatz die Erfassung typischer Probleme, für deren Lösung noch kein ausreichendes Wissen zur Verfügung steht, im Unterschied zu klassischen Vorgehensweisen, die mit Beobachtungen und Datensammlung starten. Dies bezeichnet ULRICH als Entstehungszusammenhang [ULRICH 2001, S. 22]. Hier wird der Untersuchungsbereich beschrieben und die zu klärenden Forschungsfragen oder Hypothesen abgeleitet.



**Bild 1.4 Vorgehen im Rahmen des Forschungsprozesses [nach BAUMBERGER 2008, S. 16]**

Im Begründungszusammenhang werden anschließend bestehende problemrelevante Ansätze vorgestellt und analysiert. Dadurch wird ein Überblick über den aktuellen Stand der Forschung und Technik geschaffen, um nachzuweisen, dass die abgeleiteten Fragestellungen noch nicht beantwortet sind.

Im Anwendungszusammenhang schließlich erfolgt die Erarbeitung von Lösungsansätzen zur Problemstellung und deren praktische Umsetzung, Erprobung und Bewertung. Da die praktische Anwendbarkeit der entwickelten Modelle in spezifischen Situationen und eine Bewertung des Nutzens der Ansätze für die praktische Arbeit für diesen Forschungsansatz von zentraler Bedeutung ist, bildet dieser Teil den Kern der Arbeit. Dazu ist es wichtig, die Anwendbarkeit nicht in künstlich arrangierten Begründungszusammenhängen nachzuweisen, sondern diese im Praxiszusammenhang vorzunehmen [ULRICH 2001, S. 24].

Aufbauend auf der Darstellung des allgemeinen forschungsmethodischen Vorgehens wird im Weiteren dargestellt, wie dieses Vorgehen im Rahmen der vorliegenden Arbeit umgesetzt wurde. Zur Klärung des Entstehungszusammenhangs werden Produktentwickler in ihrer Entwicklungsarbeit beobachtet und Mängel in der Unterstützung der Prozessplanung aufgedeckt. Darüber hinaus findet eine Problemlösung innerhalb eines Workshops mit Prozessverantwortlichen und auf Projektebene tätigen Entwicklern statt, um auch den Unterstützungsbedarf für diese Personengruppe zu klären. Fokus für beide Ansatzpunkte ist es, nachzuweisen, dass einerseits noch keine situationsspezifische Unterstützung für die Prozessplanung in der Praxis vorliegt und außerdem aufzuzeigen, an welchen Stellen eine solche Unterstützung einen Mehrwert für die Entwicklung liefern kann.

Im Begründungszusammenhang findet eine Analyse des aktuellen Standes der Forschung statt. Hier wird dargelegt, welche Schwachstellen aktuelle Ansätze zur Unterstützung einer situationsgerechten Prozessplanung aufweisen. Dazu werden einerseits Forschungsansätze vorgestellt, die ebenfalls eine situationsgerechte Unterstützung zum Ziel haben, andererseits werden aktuell eingesetzte Werkzeuge analysiert und dort bestehende Schwachstellen aufgezeigt. Diese Bewertung der Schwachstellen findet in Hinblick auf den im Entstehungszusammenhang identifizierten Forschungsbedarf statt. Darauf aufbauend werden die Anforderungen an die zu entwickelnden Unterstützungsmaßnahmen abgeleitet und definiert.

Im Anwendungszusammenhang werden schließlich Modelle und Vorgehensweisen entwickelt und prototypisch umgesetzt. Das Vorgehen zur situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung wird in seinen Einzelementen und im Zusammenspiel der einzelnen Komponenten beschrieben und die Umsetzung der Unterstützung in der Software ProcessNavigator dargestellt. Diese prototypische Software wird abschließend in einem praktischen Umfeld, einerseits in Workshops mit Industriebeteiligung andererseits im Rahmen eines Pilotprojektes in einem Unternehmen, evaluiert.

Auch der Praxiszusammenhang, der für dieses Vorgehen von zentraler Bedeutung ist, wird in allen drei Phasen geschaffen. Die Ableitung des Entstehungszusammenhangs findet auf Basis der in der Praxis beobachteten Entwicklungssituationen statt. Im Begründungszusammenhang findet eine intensive Diskussion der abgeleiteten Anforderungen mit Unternehmensvertretern statt. Besonders im Anwendungszusammenhang wird der Praxisbezug erneut hergestellt, vor allem durch die Evaluation des ProcessNavigators anhand von beispielhaften Entwicklungsaufgaben im Workshop und der Pilotanwendung im Unternehmen.

*Mithilfe des gewählten Forschungsvorgehens wird eine praxisorientierte Entwicklung des Vorgehens zur situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen sichergestellt.*

## **1.5 Aufbau der Arbeit**

Der Aufbau der Arbeit wird in der Folge dargestellt, um eine Übersicht über die Arbeit zu vermitteln. Der Aufbau orientiert sich an der Zielstellung sowie dem gewählten

wissenschaftlichen Vorgehen. Eine übersichtliche Darstellung des Aufbaus findet sich in Bild 1.5.

Im Anschluss an das einleitende Kapitel 1, in dem Ausgangssituation, Zielstellung und Vorgehen erläutert werden, folgt in Kapitel 2 zunächst die Klärung der für das Betrachtungsfeld relevanten Begriffe. Dies ist notwendig, um auf einem grundlegenden Verständnis dieser Begriffe aufbauend den Forschungsbedarf und den Lösungsansatz abzuleiten. In Kapitel 3 erfolgt die Analyse des Entstehungszusammenhanges (siehe Kapitel 1.4). Dies erfolgt anhand der Beschreibung typischer Situationen von Entwicklern im Produktentwicklungskontext sowie der Darstellung aktueller Herausforderungen im Entwicklungsprozessmanagement. Aus diesen beiden Perspektiven wird der Forschungsbedarf abgeleitet.

Nachdem die Problemstellung in Kapitel 3 dargelegt wurde, folgt in Kapitel 4 eine Analyse des aktuellen Standes der Forschung. Hier wird betrachtet, welche Schwächen es in der Organisation von Produktentwicklungsprozessen gibt, welche in der Datenhaltung, an welchen Stellen aktuelle Workflowmanagementsysteme noch keine ausreichende Unterstützung für die Produktentwicklung bieten und schließlich, welche Ansätze zur Beschreibung der Entwicklungssituation bereits vorliegen. Da es bereits erste Ansätze gibt, die eine situationsspezifische Unterstützung der Entwicklung zum Ziel haben, werden diese ebenfalls vorgestellt und deren bestehende Schwachstellen in Bezug auf die identifizierte Problemstellung diskutiert. Der in Kapitel 3 abgeleitete Forschungsbedarf wird durch die Betrachtung des Standes der Forschung untermauert.

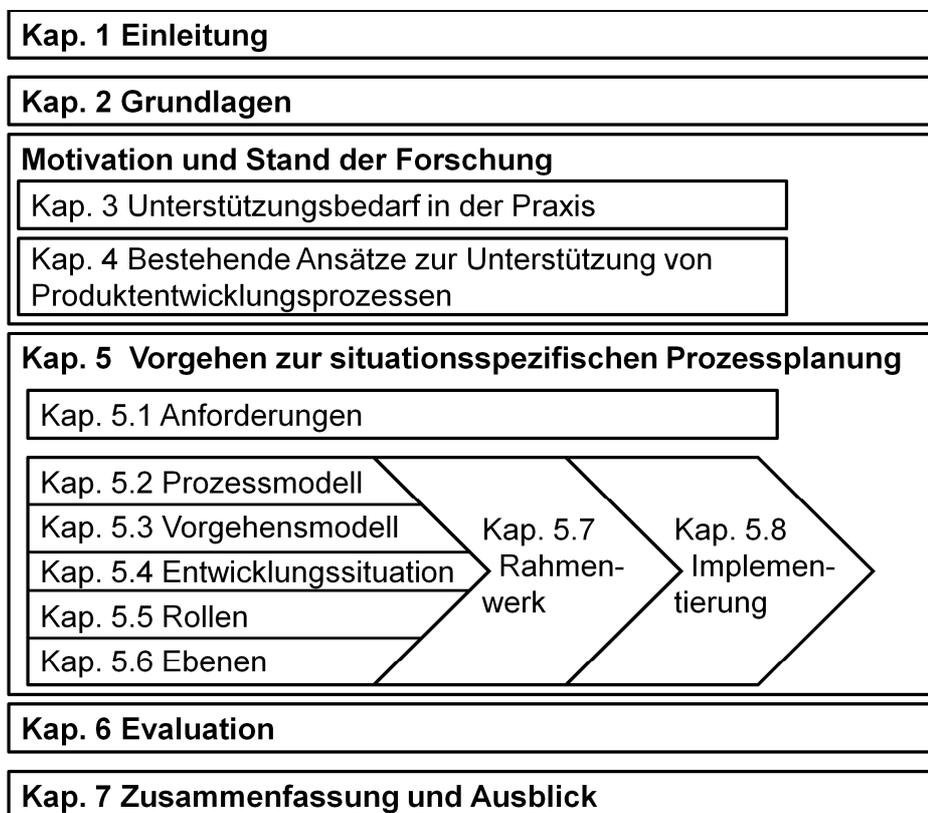


Bild 1.5 Aufbau der Arbeit

In Kapitel 5 erfolgt die Entwicklung des Lösungsansatzes zur situationspezifischen Entwicklungsprozessplanung. Zunächst werden aufbauend auf den vorhergehenden Analysen die Anforderungen an eine situationsgerechte Planungsunterstützung abgeleitet. Danach erfolgt die Beschreibung der einzelnen Elemente des Lösungsansatzes. Dies sind das FORFLOW-Prozessmodell, das Vorgehensmodell „Product Model Driven Development“ als Grundlage der Prozessplanung, die Beschreibung der Entwicklungssituation sowie die unterschiedlichen Rollen und Ebenen, die in der Prozessplanung berücksichtigt werden. Anschließend erfolgt die Darstellung des Zusammenspiels all dieser Elemente im Rahmenwerk zur situationspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen. Schließlich wird die Umsetzung dieses Vorgehens in der Software ProcessNavigator beschrieben. In Kapitel 6 erfolgt dann die Evaluierung des Prozessmodells, der entwickelten Planungsunterstützung sowie der Software ProcessNavigator. Es wird geklärt, welche Anforderungen erfüllt werden konnten und an welchen Stellen Verbesserungsbedarf bezüglich der Methodik und der softwaretechnischen Umsetzung besteht.

Den Abschluss der Arbeit bildet in Kapitel 7 die Zusammenfassung. Hier werden noch einmal die wesentlichen Ergebnisse der Arbeit dargestellt und ein Ausblick gegeben, welche Ansatzpunkte für weitere Forschungstätigkeiten aufbauend auf den Ergebnissen dieser Arbeit bestehen.



## 2. Grundlagen für die Planungsunterstützung von Produktentwicklungsprozessen

In diesem Kapitel werden die grundlegenden Begriffe definiert und diskutiert, die zur Darstellung einer situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen notwendig sind. Zunächst werden die grundlegenden Begriffe Prozess, Projekt, Situation und Workflow definiert. Weiterhin erfolgen eine Unterscheidung von Produktentwicklungs- zu den übrigen Geschäftsprozessen im Unternehmen sowie eine Darstellung des Verständnisses von Produktmodellen und ihrer Verknüpfung mit dem Prozess.

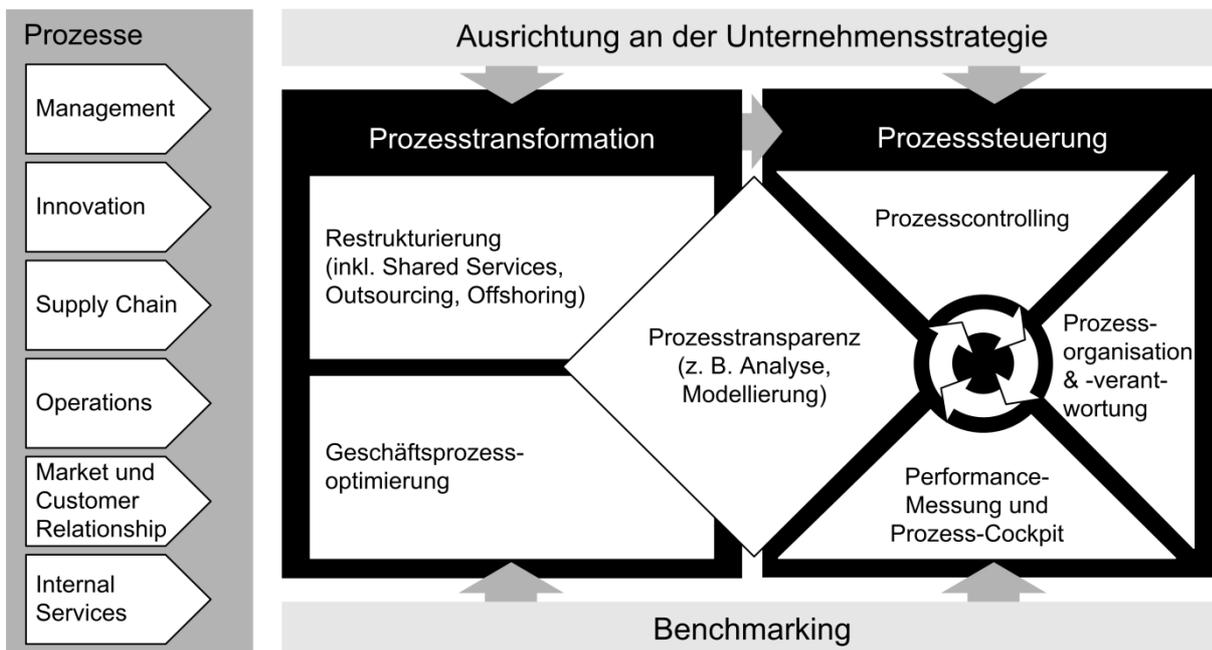
### 2.1 Prozess

Entwicklungsprozesse sind eine spezielle Form von Prozessen. Die spezifischen Charakteristika von Entwicklungsprozessen werden in Kapitel 2.2 beschrieben, für ein grundlegendes Begriffsverständnis wird an dieser Stelle der Begriff zunächst allgemein definiert. DAVENPORT beschreibt den Prozess als eine zeitlich und räumlich spezifisch strukturierte Menge von Aktivitäten mit einem Anfang und einem Ende sowie klar definierten Inputs und Outputs [DAVENPORT 1993, S. 5]. LÜTKE ENTRUP erklärt Prozesse als „Transformation eines Objektes durch vor und/oder nebengelagerte Aktivitäten eines oder mehrerer Menschen in Raum und Zeit“ [LÜTKE ENTRUP 2009, S. 11], um eine vorgegebene Leistung zu erreichen. Die Prozessdefinitionen von QUINT, HARRINGTON, BECKER et al. und SEIDLMEIER legen dar, dass es sich bei einem Prozess um eine Abfolge von Tätigkeiten mit definiertem Input und Output handelt, oder konzentrieren sich auf die Transformation des Objektes, das den Prozess durchläuft. Da in der Produktentwicklung das Produkt als das den Prozess durchlaufende Objekt im Fokus steht, wie die Koordination der Tätigkeiten zu dessen Erstellung, wird an dieser Stelle eine Kombination der beiden Prozessbeschreibungen als allgemeine Prozessdefinition genutzt:

Ein Prozess ist die Transformation eines definierten Inputs in einen definierten Output. Die transformierende Funktion der Prozesse steht dabei im Fokus [ROELOFSEN et al. 2007a, S. 2]. Eine detailliertere Definition und Beschreibung von Produktentwicklungsprozessen und deren Abgrenzung von anderen Geschäftsprozessen erfolgt in Kapitel 2.2.

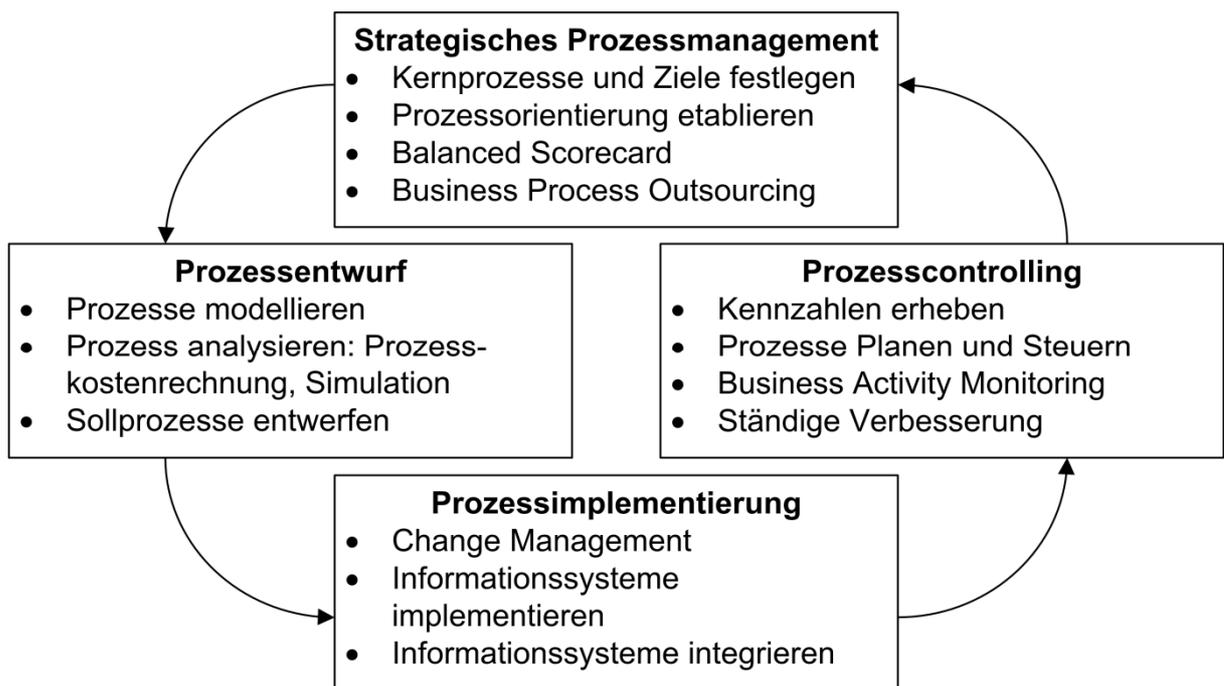
Die wichtige Bedeutung von Prozessen, nicht nur in der Produktentwicklung sondern unternehmensweit, wird unter anderem in der DIN EN ISO 9000: 2005 beschrieben: Ein erwünschtes Ergebnis lässt sich effizienter erreichen, wenn Tätigkeiten und dazugehörige Ressourcen als Prozess geleitet und gelenkt werden. Erkennen, Verstehen, Leiten und Lenken von miteinander in Wechselbeziehung stehenden Prozessen als System tragen zur Wirksamkeit und Effizienz der Organisation beim Erreichen ihrer Ziele bei. Eine besondere Schwierigkeit in Bezug auf Prozesse legt GAITANIDES dar [GAITANIDES 2007, S. 2]: Demnach werden Prozesse erst Realität, wenn über den Prozess und seine Gestaltung kommuniziert wird. Weiterhin werden Prozesse als soziale Strukturen und subjektive Modelle zugleich beschrieben. Dies deutet bereits auf die Problematik hin, ein gemeinsames Prozessverständnis innerhalb einer Organisation zu schaffen, die in Kapitel 4.1 diskutiert wird.

Da Prozesse eine wichtige Rolle in Unternehmen einnehmen, ist auch das Management der Prozesse eine wichtige Aufgabe. Es gibt im Gegensatz zum Projektmanagement keine eindeutige Definition, was Prozessmanagement ist und welche Aufgaben es umfasst. Verschiedene Ansätze verfolgen unterschiedliche Zielsetzungen mit dem Prozessmanagement, was zu unterschiedlichen Auffassungen in Bezug auf die notwendigen Aufgaben und ihre Ausgestaltung führt. Häufige Probleme mit dem Prozessmanagement werden darin gesehen, dass Prozessmanagement mit Reengineering oder der Prozessmodellierung gleichgesetzt wird [HORVÁTH et al. 2005, S. 4]. Das Reengineering, das HAMMER et al. als Ziel des Prozessmanagements definiert haben [HAMMER et al. 1993, S. 2], ist in vielen Unternehmen negativ besetzt, was zu einer schlechten Akzeptanz der zu implementierenden Prozesse führt. Das Gleichsetzen mit der Prozessmodellierung birgt das Problem, dass die Prozessmodellierung alleine zu kurz greift, um von einem funktionierenden, erfolgreichen Prozessmanagement zu sprechen. FELDMAYER et al. sehen als Hauptziel des Prozessmanagements die Prozessstandardisierung, die vor allem durch die Schaffung von mehr Transparenz im Unternehmen erreicht werden soll [FELDMAYER et al. 2005, S. 9ff]. HORVÁTH et al. (Bild 2.1) legen in ihrer Definition des Prozessmanagements großen Wert auf die Unterscheidung zwischen radikalen und inkrementellen Prozessveränderungen und stellen den Einfluss der Unternehmensstrategie und des Benchmarkings für ein gutes Prozessmanagement dar [HORVÁTH et al. 2005, S. 19].



**Bild 2.1 Der Horváth & Partner-Prozessmanagement-Ansatz [nach HORVÁTH et al. 2005, S. 19]**

ALLWEYER sowie SCHMELZER et al. definieren einen sehr ähnlichen „Geschäftsprozessmanagement-Kreislauf“, der die vier Phasen strategisches Prozessmanagement, Prozessentwurf, Prozessimplementierung und Prozesscontrolling umfasst [SCHMELZER et al. 2010, S. 303] (siehe Bild 2.2). Dieser Ansatz wird auch auf das Vorgehen zur Entwicklung der situationsspezifischen Prozessplanung angewendet, wie in Kapitel 5 dargestellt ist.



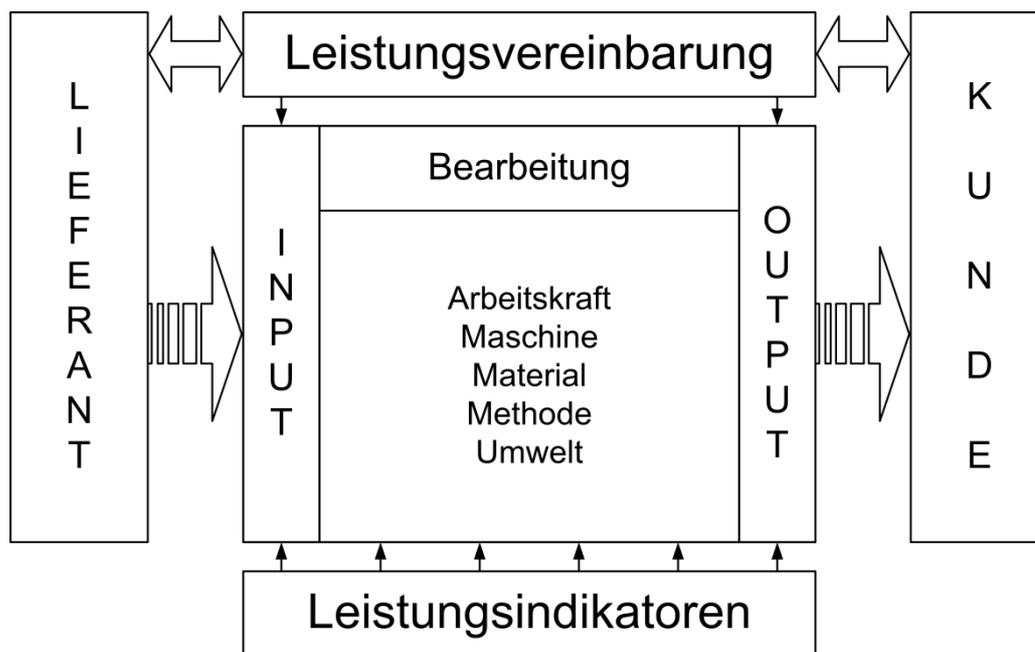
**Bild 2.2** Der Geschäftsprozessmanagementkreislauf [nach ALLWEYER 2007, S. 91]

Ein wichtiger Aspekt in Bezug auf Prozesse ist die Tatsache, dass die Aktivitäten, aus denen sich ein Prozess zusammensetzt, vielerlei Interaktionen aufweisen und Ressourcen benötigt werden, um aus dem Input den gewünschten Output zu erzielen [BLESSING et al. 2007]. Um mit der Problematik der Interdependenz der Aktivitäten sowie der notwendigen Zuweisung von Ressourcen zu Aktivitäten umzugehen, wird in der Modellierung und Kommunikation von Prozessen auf Prozessmodule zurückgegriffen. Unter den Begriff der Prozessmodule fallen alle Sub-Prozesse, Aktivitäten und Operationen eines Prozesses. Prozessmodule können entsprechend mittels folgender Elemente beschrieben werden [GAITANIDES et al. 1994, S. 23] (siehe Bild 2.3):

- Input und Output: gleichzeitig die Schnittstellen zu Zulieferern und Kunden des Prozessmoduls
- Leistungsvereinbarung: beschreibt das Ziel des Prozessmoduls
- Verarbeitungsschritt: die eigentliche Transformationsfunktion
- Leistungsindikatoren: zur qualitativen und quantitativen Evaluation der Prozessmodulausführung genutzt

Auch HEMMERT hat bereits Prozessmodule beschrieben. Demnach sind Prozessmodule charakterisiert durch den ursprünglichen Objektstatus, das beabsichtigte Ergebnis, die eigentliche Prozessoperation, notwendige Hilfsmittel und Ressourcen, verantwortliche Personen, einen bestimmten Startzeitpunkt, eine bestimmte Dauer sowie die Verknüpfung mit vorangehenden, folgenden und parallelen Prozessmodulen [HEMMERT 1985, S. 56f].

Der Gebrauch solcher Prozessmodule wird häufig für das Management von Produktentwicklungsprozessen empfohlen [z. B. von FREISLEBEN 2001, BICHLMAIER et al. 1999, MEIBNER et al. 2006].



**Bild 2.3** Basiskomponenten des Prozessmanagements – Prozessmodule [GAITANIDES et al. 1994, S. 23]

Die Verknüpfung von Prozessmodulen (Ergebnisse gefordert oder geliefert von Vorgängern, Nachfolgern) ebenso wie die Transformationsart (Operation) innerhalb eines Prozessmoduls sind in diesem Zusammenhang von Interesse, weil beide Charakteristika einen guten Startpunkt zur Entwicklung einer Prozessplanungsmethode liefern [ROELOFSEN et al. 2007a, S. 3]. Die Entwicklung des Vorgehens zur situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung erfolgt in Kapitel 5.

Bevor im nächsten Kapitel eine Unterscheidung von Produktentwicklungsprozessen von anderen Geschäftsprozessen vorgenommen wird, ist an dieser Stelle die Definition des Begriffes Produktentwicklungsprozess notwendig. In der Literatur wird der Begriff nicht eindeutig definiert. Teilweise wird dieser Prozess auch als Produktentstehungsprozess bezeichnet. Welche Elemente der Produktentwicklungsprozess umfasst, ist ebenfalls nicht eindeutig definiert. EHRENSPIEL beispielsweise beschreibt den Prozess der Produkterstellung als den Prozess von der Produktdefinition bis zur Auslieferung des Produktes an den Kunden [EHRENSPIEL 2009, S. 145]. LINCKE dagegen definiert den Produktentwicklungsprozess von der Produktidee bis zur Außerbetriebnahme des Produktes [LINCKE 1995, S. 29]. GAUSEMEIER et al. beschreiben den Produktentstehungsprozess als Modell aus drei Zyklen, die sich von der strategischen Produktplanung über die Produktentwicklung bis zur Produktionssystementwicklung erstrecken. In dieser Definition bildet die Produktentwicklung einen Teil der Produktentstehung [GAUSEMEIER et al. 2009, S. 38ff].

*Aufbauend auf diesen Definitionen und der Betrachtung der Definition des Begriffes Produktentwicklungsprozess in der industriellen Praxis wird für diese Arbeit folgende Definition des Produktentwicklungsprozesses angenommen: Der Produktentwicklungsprozess umfasst alle Tätigkeiten, die zur vollständigen Definition sowie Produktion eines Produktes notwendig sind, von der Produktidee bis hin zum Produktionsstart und betrachtet darüber hinaus unterstützende Tätigkeiten der Entwicklung in der ersten Phase der Fertigung (im Falle eines Unternehmens zum Beispiel bis 6 Monate nach Produktionsstart).*

## 2.2 Geschäfts- und Produktentwicklungsprozesse

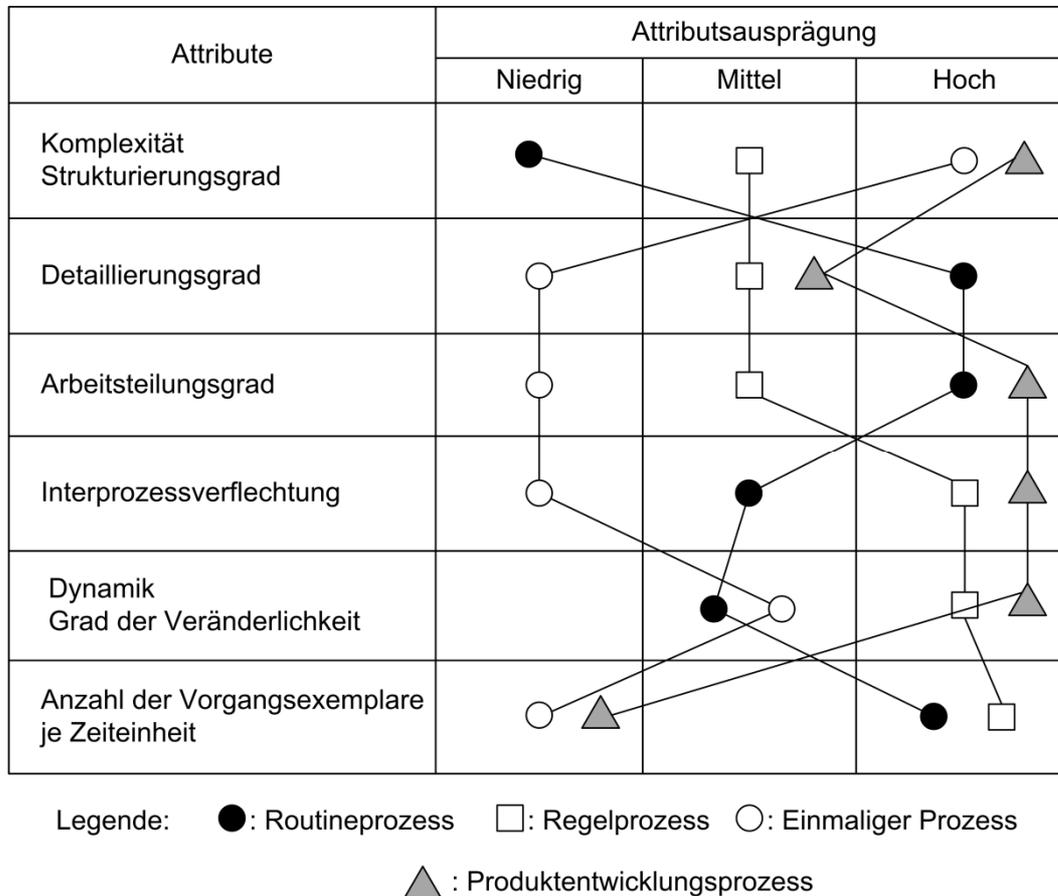
Um die Anforderungen an eine situationsgerechte Unterstützung von Produktentwicklungsprozessen zu klären und diese abzuleiten, ist es notwendig, den Produktentwicklungsprozess (PEP) von anderen Geschäftsprozessen abzugrenzen.

Geschäftsprozesse werden definiert als „eine Abfolge von Funktionen (auch als Aktivitäten bezeichnet) zur Erfüllung einer betrieblichen Aufgabe, wobei eine Leistung in Form von Informations- und/oder Materialtransformation erbracht wird“ [ALLWEYER 2007, S. 8]. Bei anderen Definitionen wie beispielsweise von HAMMER et al. [1993, S. 35] oder QUINT [2004, S. 24] steht die Erzeugung von Kundennutzen durch Geschäftsprozesse im Vordergrund. Geschäftsprozesse lassen sich in Teilprozesse gliedern und durch Supportprozesse bei der Aufgabenerfüllung unterstützen [LÜTKE ENTRUP 2009, S. 30]. In Bezug auf diese Definitionen werden Produktentwicklungsprozesse in den meisten Fällen zu den Geschäftsprozessen gezählt [z. B. SEIDLMEIER 2010, S. 3; CHRISTIANSEN 2009, S. 14], teilweise hingegen von den Geschäftsprozessen ausgenommen, da in der Produktentwicklung kein direkter Kundennutzen generiert wird [z. B. WERTH 2007, S. 31]. Auch in die Typologisierung von Geschäftsprozessen, die SCHMIDT vornimmt (siehe Bild 2.4) lassen sich Entwicklungsprozesse nicht einordnen, da die Merkmalskombinationen weder für den Routine- und Regel- noch den einmaligen Prozess zutreffend sind. Vielmehr zeichnen sich PEPs in der Regel durch eine hohe Komplexität, einen mittleren Detaillierungsgrad, hohe Arbeitsteilung, hohe Interprozessverflechtung, hohe Dynamik und eine niedrige Anzahl der Vorgangsexemplare je Zeiteinheit aus. Weiterhin zeichnen sich Entwicklungsprozesse durch einen hohen individuellen und kreativen Anteil aus und werden nie in derselben Form wiederholt. Dementsprechend sind die klassischen Methoden der Unterstützung von Geschäftsprozessen auf PEPs kaum anwendbar.

Geschäftsprozesse können in ihren Eigenschaften (siehe Bild 2.5) sehr unterschiedlich ausgeprägt sein und werden beispielsweise nach den Kriterien Strukturierungsgrad, Wissens- bzw. Datenintensität, Wiederholfrequenz, Umfang und Dauer, Routine- und Ausnahmeprozesse unterschieden [ALLWEYER 2007, S. 65]. Die Qualität von Geschäftsprozessen wird gemessen an der Wirtschaftlichkeit des Prozesses. Dazu wird die Durchlaufzeit zusammen mit Verhältnis von Qualität/Quantität des Outputs sowie des Inputs mit den eingesetzten Ressourcen ins Verhältnis gesetzt [QUINT 2004, S. 20]. Weiterhin existiert eine große Menge an Leistungsbemessungs- und Reifegradmodellen für Geschäftsprozesse die beispielsweise von CHRISTIANSEN ausführlich vorgestellt und diskutiert werden [CHRISTIANSEN 2009, S. 38ff]. Da die Bestimmung des Reifegrades des Entwicklungsprozesses erst der nächste Schritt, nach der Entwicklung des situationsgerechten Vorgehens zur Entwicklungsprozessplanung darstellt, werden diese Reifegradmodelle hier nicht detailliert betrachtet.

WERTH trifft eine Unterscheidung in offene und geschlossene Prozesse. Zu den offenen Prozessen zählen Innovations- und Entwicklungsprozesse, zu den geschlossenen, die „konventionellen“, determinierten Geschäftsprozesse [WERTH 2007, S. 31f]. In Geschäftsprozessen sind alle Attribute bekannt, sodass ein zuverlässiger Prozessentwurf darauf angewendet und in der betrieblichen Realität exakt umgesetzt werden kann. Offene Prozesse verfügen dagegen zum Entwicklungszeitpunkt über zahlreiche variable Faktoren,

dementsprechend ist nur ein „vorläufiger“ Prozessentwurf möglich. Die „Prozessentdeckung“ ist somit ein Teil der Prozessausführung [WERTH 2007, S. 31]. Durch diese Eigenschaften von Entwicklungsprozessen wird deren Unterstützung im Vergleich zu den determinierten Prozessen deutlich erschwert.



**Bild 2.4** Typologisierung von Geschäftsprozessen [nach SCHMIDT 2002, S. 98]

Zusätzlich hat jedes Unternehmen spezifische, eigene Prozesse, die von Unternehmen zu Unternehmen nicht miteinander zu vergleichen sind. Die praktische Konsequenz daraus ist, dass weder grundsätzliche, noch zumindest branchenweite Lösungen existieren. Die Gemeinsamkeiten der Unternehmensprozesse beschränken sich auf das Prozesssystem selbst bzw. auf die höchste Aggregationsebene der Prozesse [GAIANIDES et al. 1994, S. 6]. Dies hat zur Folge, dass viele Ansätze zur Prozessunterstützung sich auf diese Ebene beschränken, oder branchen- bzw. unternehmensspezifisch umgesetzt sind.

Eigenschaft	Ausprägung
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ inhaltlich abgeschlossene Sammlung logisch zusammenhängender Funktionen (mind. zwei) (auch Aktivitäten oder Aufgaben)</li> <li>▪ kundenorientiert</li> <li>▪ mind. ein auslösendes Startereignis</li> <li>▪ mind. ein abschließendes Endereignis</li> </ul>
Zeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ zeitlich-logische Abfolge (auch Vorgang(-skette)) von Funktionen mit definierten Start und Ende</li> <li>▪ sequenzielle Abfolge nicht zwingend notwendig (auch parallel, alternativ oder wiederholend)</li> </ul>
Ziel	verfolgen festgelegte Ziele bzgl. der betriebswirtschaftlichen Größen Kosten, Zeit, Qualität
Input-Output	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ verbrauchen Ressourcen (Input)</li> <li>▪ erzeugen Ergebnisse von Wert (Output)</li> </ul> (folglich: transformieren Input in Output) Input und Output sind materieller oder immaterieller Art
Kunden-Lieferanten	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Input sind Leistungen von Lieferanten (intern und extern)</li> <li>▪ Output sind Leistungen für Kunden (intern und extern)</li> </ul>
Zuständigkeit	Prozesse stehen unter einer (Prozess-)Verantwortung (Process Owner = Prozessverantwortlicher)
Prozessarten	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kernprozesse (primäre, wertschöpfende oder direkte Aktivitäten)</li> <li>▪ Unterstützungsprozesse (sekundäre oder indirekte Aktivitäten)</li> <li>▪ Geschäftsprozessnetzwerke</li> <li>▪ Managementprozesse</li> </ul>
Abstraktion	Modellierung auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen (Typ- und Ausprägungsebene)
Hierarchisierbarkeit	Modellierung auf unterschiedlichen Hierarchieebenen
Durchführbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Einmalige,</li> <li>▪ Routine- und</li> <li>▪ Regelprozesse</li> </ul>

**Bild 2.5** Eigenschaften von Geschäftsprozessen [HOFER 2007, S. 19]

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Produktentwicklungsprozesse Geschäftsprozesse mit besonderen Eigenschaften sind. „Konventionelle“ Geschäftsprozesse sind gut strukturiert, repetitiv, vorgeplant und gut durch bestehende Workflowmanagementsysteme zu unterstützen [VAN DER AALST et al. 2002]. Produktentwicklungsprozesse zeichnen sich im Gegensatz dazu dadurch aus, dass sie iterativ, evolutionär, einmalig, dynamisch und nicht deterministisch sind. Konkrete Arbeitsschritte künftiger Phasen ergeben sich oft erst aus den Ergebnissen vorgelagerter Phasen [JÄGER 2003, S. 4; PAETZOLD 2004, S. 57]. Aus unterschiedlichen Randbedingungen in verschiedenen Entwicklungsprojekten resultiert ein immer anderer Verlauf, es gibt Kreise, Rückschritte, Iterationen und eine starke Verknüpfung mit anderen Prozessen und Interaktion mit verschiedenen Personen aufgrund hoher Arbeitsteilung [VAJNA 2005; BLESSING et al. 2007]. Diese Eigenschaften zeigen, weshalb formalisierte Modelle des Entwicklungsvorgehens und Workflowmanagementansätze bisher noch nicht erfolgreich zum Management spezifischer Entwicklungsprozesse eingesetzt wurden [ROELOFSEN et al. 2007a].

## 2.3 Projekt

Da die Entwicklung von Produkten häufig in Form von Projekten durchgeführt wird und die Begriffe Prozess und Projekt sehr eng miteinander verknüpft sind, muss der Projektbegriff als Grundlage dieser Arbeit geklärt werden.

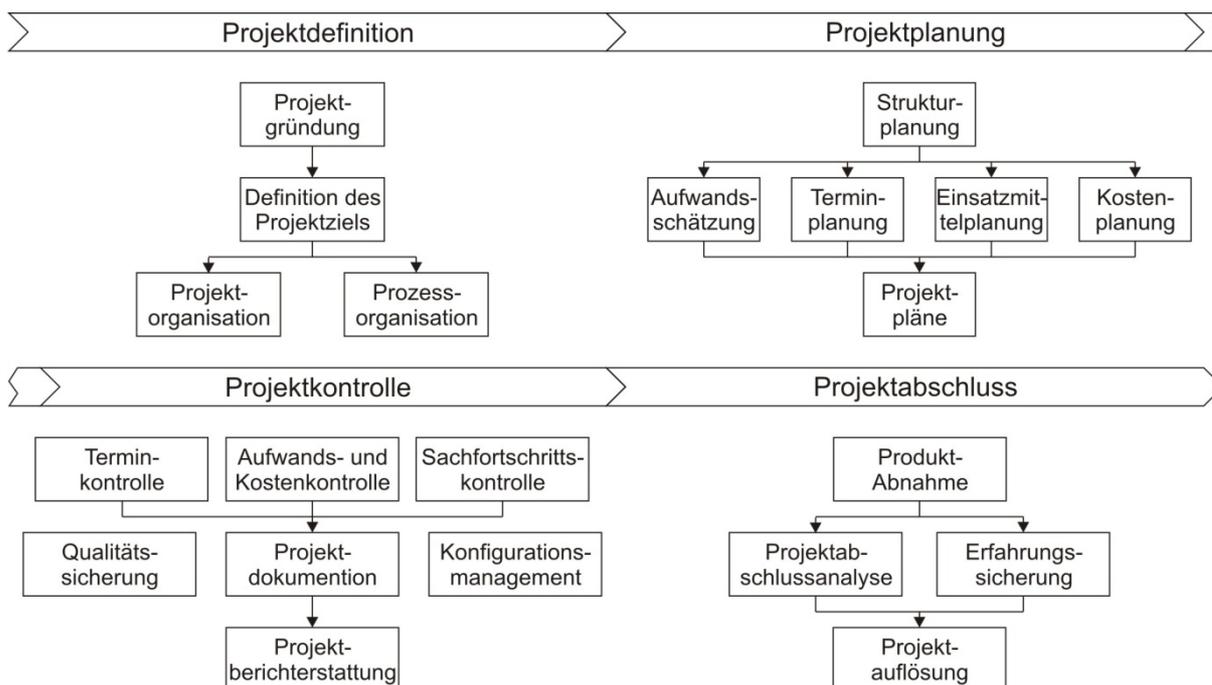
Die in der DIN 69901-1 festgehaltene Definition eines Projekts bezeichnet dieses als ein Vorhaben, das vorwiegend durch die Einmaligkeit der Bedingungen in ihrer Gesamtheit geprägt ist. Zu diesen spezifischen Projektbedingungen zählen Zielvorgabe, zeitliche, finanzielle, personelle oder andere Begrenzungen, Abgrenzung gegenüber anderen Vorhaben und projektspezifische Organisation [BECHLER 2005, S. 56]. Die Hauptkriterien für ein Projekt sind somit die Eindeutigkeit der Aufgabenstellung, eine definierte Dauer mit festem Endtermin, ein abgestimmtes Kostenvolumen und klare Verantwortungen [BURGHARDT 2008, S. 23]. Als Grundparameter eines Projekts ergeben sich aus den spezifischen Projektbedingungen die drei Parameter geforderte Leistung, beanspruchte Einsatzmittel und benötigte Zeit [BURGHARDT 2008, S. 27]. In der Projektdefinition von WYSOCKI wird vom Projekt als einer Sequenz von einzigartigen, komplexen und miteinander in Verbindung stehenden Aktivitäten gesprochen, die ein Ziel oder einen Zweck haben, die in einer bestimmten Zeit, mit vorgegebenem Budget und den Anforderungen entsprechend erzielt werden müssen [WYSOCKI 2009, S. 6]. Hier wird durch die Definition des Projektes als eine Folge von Aktivitäten mit einem bestimmten Output bereits die enge Verwandtschaft von Projekt und Prozess (siehe Prozessdefinition in Kapitel 2.1) deutlich.

Im Gegensatz zum Management von Prozessen gibt es für das Projektmanagement eher übereinstimmende Definitionen. Die DIN 69901-1 definiert Projektmanagement als die Gesamtheit von Führungsaufgaben, -organisation, -techniken und -mitteln für die Abwicklung eines Projekts [BECHLER 2005, S. 56]. Das Projektmanagement umfasst nach dieser Definition alle Aktivitäten zur Definition, Planung, Kontrolle und für den Abschluss des Projekts. Das Ziel des Projektmanagements ist es, eine sachgerechte, termingerechte und kostengerechte Abwicklung von Projekten zu garantieren. Der Projektablauf an sich lässt sich in vier Hauptabschnitte unterteilen, nämlich in Projektdefinition, Projektplanung, Projektkontrolle und Projektabschluss [BURGHARDT 2008, S. 13ff]. Die Hauptaufgaben, die in den vier Abschnitten zu bearbeiten sind, sind in Bild 2.6 dargestellt.

Neben der allgemeinen Definition des Projektmanagements aus der Norm wird in der Literatur diskutiert, dass für unterschiedliche Zwecke unterschiedliche Arten des Projektmanagements geeignet sind. Für Produktentwicklungsprojekte werden dazu beispielsweise die Methoden des Lean Thinking bzw. ein agiles Projektmanagement vorgeschlagen [HIGHSMITH 2010, S. 21]. Es gibt demnach verschiedene Ansätze des Projektmanagements, im Gegensatz zum Prozessmanagement verfolgen diese jedoch in der Regel die gleiche oben beschriebene Zielsetzung.

Projekt und Prozess sind, wie bereits beschrieben, eng miteinander verwandt. Die Unterscheidung der beiden Begriffe wird aber zur eindeutigen Begriffsklärung dargestellt. Wie in der Definition von WYSOCKI deutlich wurde, besteht ein Projekt, genau wie ein Prozess, aus einer Abfolge von Tätigkeiten. Im Gegensatz zum Prozess werden im Projekt Planung und Ausführung notwendiger Aktivitäten sowie ihre Integration in einen

organisationalen Kontext betont [PLATZ et al. 1986]. Da die Tätigkeitsabfolgen in einem Projekt häufig aus generischen Prozessmodellen abgeleitet werden, kann davon gesprochen werden, dass es sich bei Projekten um Instanzen eines Prozesses handelt. Repetitive und gut strukturierte Aufgaben, die nicht der besonderen Projektorganisation bedürfen, werden meist im Rahmen von Routineaufgaben anhand von definierten Prozessen abgearbeitet. Für einmalige, schlechter strukturierbare Aufgaben wird die Projektorganisation gewählt. Innerhalb eines Projektes können, je nach Umfang und Aufgabe, entsprechend ein oder mehrere Prozesse gestartet werden [VAJNA 2005].



**Bild 2.6 Übersicht über die Projektmanagementaufgaben im Projekttablauf [nach BURGHARDT 2008, S. 16]**

*Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die Prozesse primär auf die einzelnen Aktivitäten und deren Verknüpfung miteinander konzentrieren, Projekte dagegen eher den Gesamtkontext in der Organisation betrachten [ROELOFSEN et al. 2007a].*

## 2.4 Situation

Die Situation nimmt im entwickelten Ansatz zur Entwicklungsprozessplanung eine zentrale Rolle ein. Daher wird der Begriff der Situation allgemein definiert, bevor in Kapitel 4.4 die Beschreibung der Entwicklungssituation als eine besondere Ausprägung der Situation diskutiert wird.

Der BROCKHAUS definiert Situation zunächst allgemein als die Gesamtheit der augenblicklichen Umstände und Verhältnisse bzw. als aktuellen Zustand [BROCKHAUS 1998, S. 274]. Weiterhin wird die Situation auch im philosophischen, psychologischen und soziologischen Sinne definiert. Die Definition aus der Existenzphilosophie besagt, dass die Situation den einmaligen, unwiederholbaren Augenblick beschreibt, in dem sich für den Einzelnen in der Wechselbeziehung zwischen innerer Bestimmtheit und äußerer Lage die unmittelbare konkrete Wirklichkeit darstellt. Als raumzeitliche Erlebnis Ganzheit ist sie

gekennzeichnet durch den Entscheidungszwang, der die Überbrückung der Unangemessenheit aller allgemeinen Normativität hinsichtlich des einmaligen konkret-situativen Vollzuges fordert. In der Psychologie wird die Situation als die Gesamtheit der sozialen und dinglichen Umwelt eines Individuums gesehen. Es findet eine Unterscheidung zwischen subjektiver und objektiver Situation statt: Verhaltens- und erlebnisrelevanter als die objektive Situation ist die subjektive Situation, die eine von Erfahrung, Emotion und Motivation mitbestimmte Interpretation und Auswahl aus der objektiven Situation ist. Zuletzt ist die soziologische Definition der Situation relevant: Die Situation ist ein Gesamtzusammenhang von Handlungsbedingungen, der von den Handelnden zu einem bestimmten Zeitpunkt und in einer bestimmten Lage als Feld und Rahmen ihrer Handlungen wahrgenommen wird. Zu den eine Situation bestimmenden Faktoren gehören neben den räumlich-zeitlichen Gegebenheiten in soziologischer Hinsicht vor allem die beteiligten Akteure. Für die Bestimmung der Situation ist nicht primär entscheidend, was äußerlich vorhanden ist, sondern was von den Handelnden oder Erlebenden als zur Situation gehörig und diese bestimmend empfunden, vorgestellt oder erwartet wird und damit in der Regel die Akteure dazu bewegt, sich situationsadäquat zu verhalten. Insoweit das soziale Handeln auf die gegebene Situation einwirkt, trägt es auch zu ihrer Veränderung, also zum Übergang in eine neue Situation, bei. [BROCKHAUS 1998, S. 274]

Die Situation ist folglich laut der Definition des BROCKHAUS die Gesamtheit der den aktuellen Zustand definierenden Umstände sowohl objektiver als auch subjektiver Art.

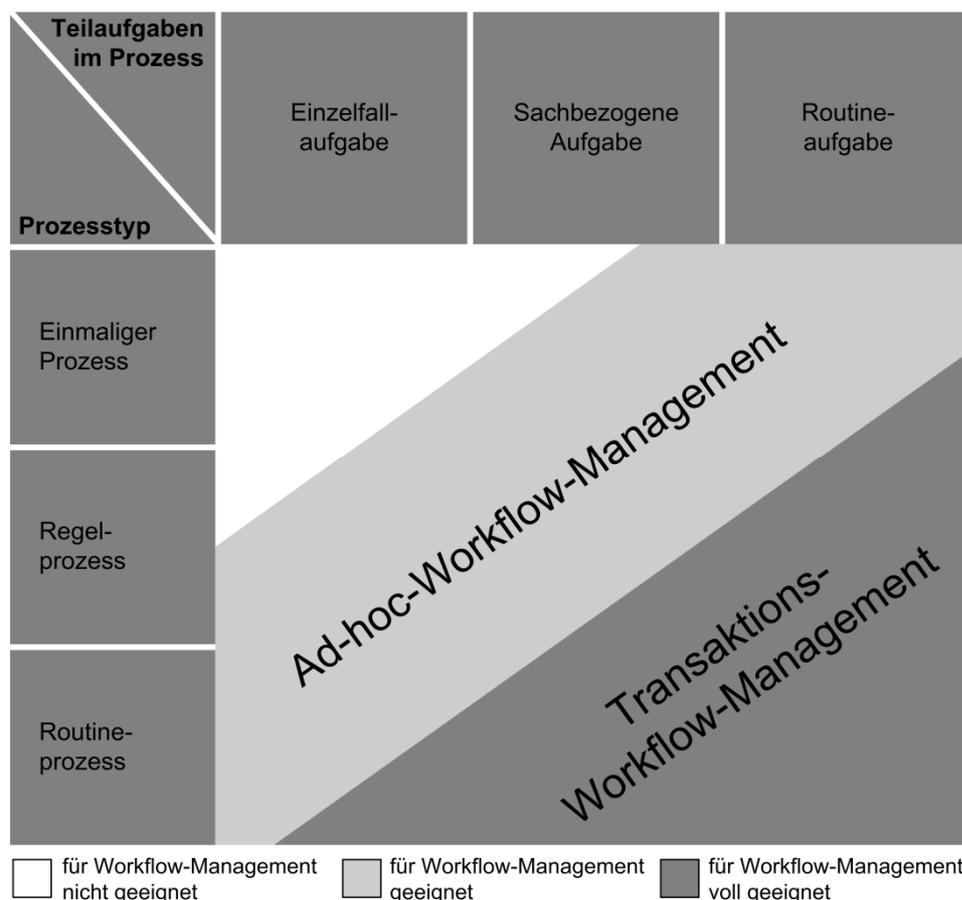
Neben der Situation wird an dieser Stelle der eng verwandte Begriff Kontext für diese Arbeit definiert. Der BROCKHAUS definiert den Kontext als Zusammenhang, Hintergrund, Umfeld [BROCKHAUS 1997, S. 328]. Darüber hinaus wird die Unterscheidung in sprachlichen Kontext und situativen Kontext getroffen: Der sprachliche Kontext beschreibt die Umgebung, in der eine sprachliche Einheit auftritt und die diese beeinflusst; der situative Kontext die Umstände und Situation, in der ein Text geäußert und verstanden wird. Eine sehr ähnliche Definition teilt das Duden - Fremdwörterbuch, das den Kontext als inhaltlichen (Gedanken-, Sinn-) Zusammenhang definiert, in dem eine Äußerung steht, und der Sach- und Situationszusammenhang, aus dem heraus sie verstanden werden muss [Duden - Fremdwörterbuch 2005, S. 559].

*Kontext und Situation sind demzufolge eng miteinander verbunden und werden beide im Rahmen dieser Arbeit zur Beschreibung der Umstände und Zusammenhänge in der Entwicklung eingesetzt.*

## **2.5 Workflow**

Ein Ziel dieser Arbeit ist es, einen Beitrag hin zur Nutzung flexibler Workflows auch in der Produktentwicklung zu leisten. Dementsprechend wird dieser Begriff ebenfalls definiert. Die Workflow Management Coalition trifft folgende Definition für den Begriff Workflow: "A workflow is a system that defines, creates and manages the execution of workflows through the use of software, running on one or more workflow engines, which is able to interpret the process definition, interact with workflow participants and, where required, invoke the use of IT tools and applications." [WORKFLOW MANAGEMENT COALITION 1999, S. 9]

SCHMITT legt dar, dass Workflow bedeutet, die richtigen Daten zur richtigen Zeit der richtigen Person zur Verfügung zu stellen [SCHMITT 2001]. ALLWEYER hingegen setzt Workflow-Definition und Prozess-Definition gleich: „Eine Prozess-Definition beschreibt, wie ein Prozess prinzipiell abläuft. Sie dient damit als Vorlage für alle einzelnen Durchführungen dieses Prozesses, auch Prozessinstanzen genannt. Bei einem Geschäftsprozessmodell handelt es sich in der Regel um die Darstellung einer Prozessdefinition, da hier nicht einzelne Aufträge u. ä. modelliert werden, sondern z. B. der für alle Aufträge zu verwendende Ablauf.“ [ALLWEYER 2007, S. 218]



**Bild 2.7 Eignung unterschiedlicher Workflowarten für unterschiedliche Aufgaben [SCHMITT 2001, S. 101]**

QUINT definiert einen Workflow als einen formal beschriebenen, ganz oder teilweise automatisierten Geschäftsprozess, der die zeitlichen, fachlichen und ressourcenbezogenen Spezifikationen beinhaltet [QUINT 2004, S. 80]. Ein Workflow ist folglich die Instanziierung eines Prozesses [VOSSEN et al. 1997, S. 20], und dient dessen automatischer Ausführung auf der operativen Ebene, indem er diesen in einem System implementiert und detailliert [LAUER 2010, S. 15]. Es handelt sich nach den vorgestellten Definitionen folglich sowohl bei Projekten als auch bei Workflows um Instanzen von Prozessen. Der wesentliche Unterschied besteht in der Einmaligkeit der Projekte im Gegensatz zu den meist häufigen Wiederholungen als Workflow durchgeführter Prozesse.

Workflows werden nach SEIDLMEIER in drei unterschiedliche Typen eingeteilt [SEIDLMEIER 2010, S. 154]:

- „Transaktions-Workflow: Darunter sind häufig und gleichartig ablaufende Prozesse zu verstehen, die aus Routineaktivitäten bestehen und i.d.R. durch dieselben Mitarbeiter ausgeführt werden. Transaktionsworkflows können durch Workflow Management Systeme (WFMS) gut unterstützt werden.
- Flexibler Workflow: Es handelt sich in diesem Fall um eine Kombination aus fest-definierten Abläufen und situationsbezogener Gruppenarbeit. Diese Art von Workflow kann durch WFMS teilweise unterstützt werden und ist einer Prozessmodellierung beschränkt zugänglich.
- Ad Hoc Workflows: Einmalige, spontane, dringende Prozesse bezeichnet man als ad hoc Workflows. Diese sind demnach im Voraus nicht, bestenfalls nur bedingt strukturierbar. Folglich sind dem Einsatz von WFMS und Modellierungstools sehr enge Grenzen gesteckt.“

Die Unterteilung in Ad-Hoc- und Transaktionsworkflows wird auch von SCHMITT getroffen. Deren Eignung für unterschiedliche Aufgaben wird in Bild 2.7 dargestellt.

*Produktentwicklungsprozesse sind in der Regel durch Ad hoc Workflows, einige Elemente der Prozesse in flexiblen Workflows abzubilden. Welche Probleme sich daraus für die Anwendung bestehender Workflowmanagementsysteme ergeben, wird in Kapitel 4.3 diskutiert.*

## 2.6 Workflowmanagementsystem

„Ein Workflowmanagementsystem (WFMS) dient der automatischen Vorgangsbearbeitung. Zu bearbeitende Aufgaben werden in Form von elektronischen Vorgangsmappen gemäß vordefinierter Regeln automatisch in die elektronischen Eingangsbriefkörbe der zuständigen Bearbeiter geschickt. Diese können sie bearbeiten, anschließend leitet sie das WFMS automatisch weiter.“ [ALLWEYER 2007, S. 33]

QUINT beschreibt Workflowmanagementsysteme wie folgt: WFMS unterstützen kooperative manuelle und automatisierte sowie strukturierte und unstrukturierte Arbeitsabläufe durch „aktive Steuerung“ mittels prozessorientierter Ablaufschemata. Sie sind in der Lage, beschriebene Prozesse zu interpretieren und gemäß des Arbeitsablaufs Mitarbeiter, andere Anwendungssysteme und Datenbanken selbständig anzusteuern und somit Tätigkeiten zu veranlassen. [QUINT 2004, S. 73]

WFMS werden für das „Workflow Computing“ eingesetzt, einem der beiden Elemente des Computer Supported Cooperative Work (CSCW). Dieses besteht neben dem Workflow Computing aus dem „Workgroup Computing“. Der Fokus von „Workgroup Computing“ liegt vor allem auf der zeitlich synchronen Zusammenarbeit und Koordination der Gruppenarbeit. Der dafür geeignete Problem- bzw. Aufgabentyp zeichnet sich durch eine niedrige Routinisierbarkeit (d. h. geringe Strukturiertheit und hohe Veränderlichkeit der Aufgabe) und eine niedrige Häufigkeit der Aufgabenausführung aus [SEIDLMEIER 2010, S. 151].

QUINT führt als weitere Ziele des Workgroup Computing

- räumliche und zeitliche Entkopplung der Aktivitäten voneinander,
- Effizienzsteigerung,
- verbesserte Informationsversorgung,
- verbesserte Kommunikation,
- verbesserte Kooperation sowie
- Sicherheit und Kontrolle des Datenzugriffs an. [QUINT 2004, S. 71]

Produktentwicklungsprozesse lassen sich durch Workgroup Computing zu einem großen Teil in ihrer inhaltlichen Bearbeitung unterstützen, allerdings sind die bestehenden Systeme nicht zur Planung und Kontrolle der Entwicklungsprozesse selbst geeignet.

Der Schwerpunkt beim Workflow Computing liegt vor allem bei der zeitlich asynchronen Vorgangsbearbeitung in arbeitsteiligen Prozessen. Es geht folglich um die Aufteilung von Teilproblemen und deren sequentielle Bearbeitung durch verschiedene Mitarbeiter. Der Problemtyp, der durch das Workflow Computing unterstützt werden kann, sind Aufgaben, die in hohem Maße routinisierbar und häufig durchzuführen sind. Die Ziele eines WFMS liegen in der Automatisierung der Abläufe, der Parallelisierung von Teilprozessen und der Verkürzung der Durchlaufzeit der Prozesse. [SEIDLMEIER 2010, S. 151f]

*Im Rahmen dieser Arbeit soll für Produktentwicklungsprozesse ein Schritt hin zur Workflowunterstützung in der Produktentwicklung geleistet werden, allerdings gehören die Aufgaben in der Entwicklung nicht zur Klasse der Aufgaben, die von WFMS bislang unterstützt werden können. Wie diesem Zielkonflikt begegnet wird, wird in Kapitel 5 detailliert erläutert.*

## 2.7 Produktmodelle und ihre Prozessintegration

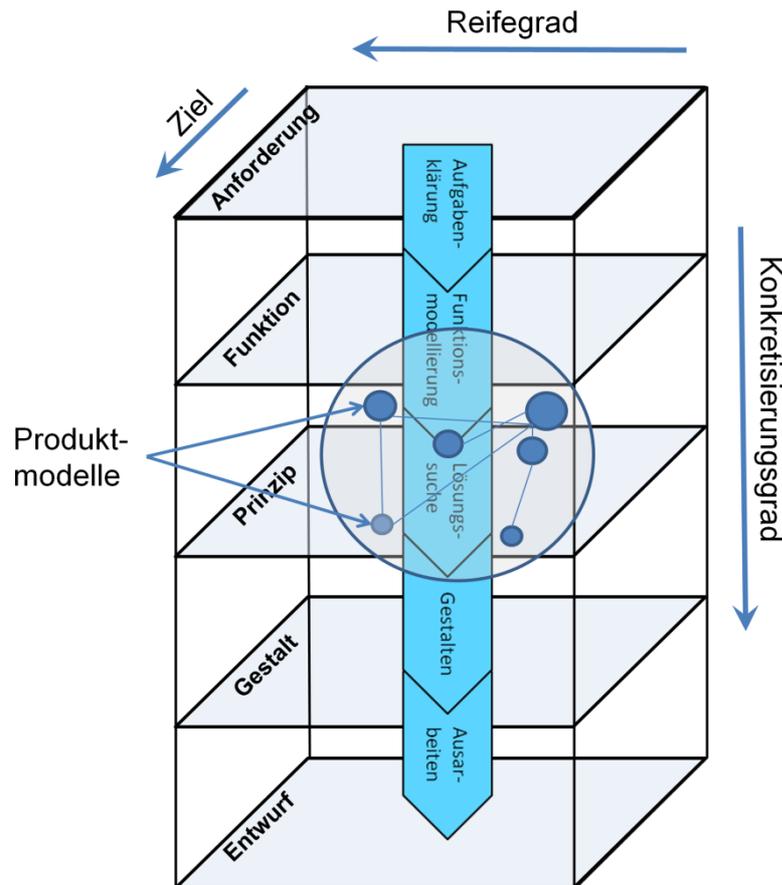
Produktmodelle als Mittel zur Dokumentation der Produktinformationen sind ein weiterer wichtiger Aspekt in der Produktentwicklung. In der Folge wird neben der Begriffsdefinition der Ansatz von LAUER zur Integration von Produktmodellen in Produktentwicklungsprozesse vorgestellt, der für den Umgang mit Produktmodellen in dieser Arbeit und im Forschungsverbund FORFLOW ebenfalls angewendet wird. In diesem Verständnis sind Produktmodelle alle Dokumente und Artefakte, die Ergebnisse beschreiben und Produktinformationen speichern, z. B. Zeichnungen und Prototypen. Hier wird davon ausgegangen, dass unterschiedliche Produktmodelle unterschiedliche Produktinformationen enthalten, und ein integriertes Produktmodell nicht die Zielsetzung ist.

Dazu gibt es drei wesentliche Arten von Methoden zur Beschreibung von Produktmodellen: die ebenenbasierten Methoden, die parameterbasierten Methoden sowie Design Guidance Systems [ROELOFSEN et al. 2007b].

Die ebenenbasierten Methoden sind geeignet, um Produktmodelle in Relation zum Prozess zu setzen. Durch die beschriebenen Ebenen wird ein Raum definiert, der zur Klassifizierung von Ergebnissen im Kontext des Prozesses genutzt wird. RUDE, EHRENSPIEL und HARTMANN beispielsweise definieren verschiedene Konkretisierungsstufen zur Klassifizierung der

beinhalteten Information. Diese Art der Modelleinordnung wird für den Ansatz von LAUER adaptiert.

Die parameterbasierten Methoden sollen die schlechte Informationsübertragung zwischen einzelnen Produktmodellen überwinden. Einige Ansätze wollen zusätzlich eine Verknüpfung der Modelle schaffen, wie z. B. im Axiomatic Design [SUH 1998]. Der Property Driven Development-Ansatz von WEBER bestimmt den Reifegrad des Produktes unter anderem über die Anzahl bereits bekannter Eigenschaften des Produktes.

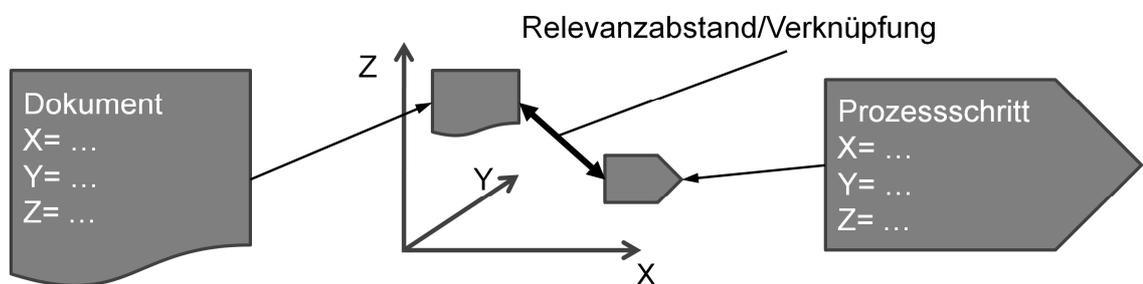


**Bild 2.8** Entwicklungsraum in den Produktmodelle und Prozessschritte eingeordnet werden [LAUER 2009, S. 79]

Die Design Guidance Systems unterstützen vor allem die frühen Phasen der Entwicklung, um die Abhängigkeit des Entwicklers von Erfahrung und Kreativität zu reduzieren. Dazu wurden Tools entwickelt, um die Synchronisation von Produktmodellen aus verschiedenen Entwicklungsphasen zu automatisieren. Ziel des Ansatzes von BRIX et al. ist eine bessere Konsistenz der Produktmodelle durch Verknüpfung und Synchronisierung von Produktmodellen unterschiedlicher Ebenen (Funktion, Prinzip, Umsetzung). DYLA berücksichtigt in seinem Ansatz systemneutrale Schnittstellen sowie integrierte Produktmodelle um das Prozessmanagement zu optimieren.

Im Folgenden wird die grundlegende Idee der integrativen Dokumenten- und Prozessbeschreibung von LAUER vorgestellt. Für eine ausführliche Darstellung der Entwicklung der Beschreibungsmethode sei auf die Dissertation von LAUER 2010 sowie den

Abschlussbericht des Forschungsverbundes FORFLOW [MEERKAMM et al. 2009] verwiesen. LAUER wählt einen ebenenbasierten Ansatz zur Integration von Produktmodellen in den Entwicklungsprozess. Ziel des Ansatzes ist es, nicht wie bisher eine statische Verknüpfung von Produktmodellen und Entwicklungsprozessen beizubehalten, die den Informationsbedürfnissen der Entwickler nicht gerecht wird, sondern eine teilautomatisierte Methode zur dynamischen Verknüpfung von Produktmodellen und Prozessen zu schaffen. Um dies umzusetzen bedarf es einer Beschreibungsmethode, in die sich sowohl die Produktmodelle als auch die Prozessschritte einordnen lassen, damit diese miteinander in Verbindung gebracht werden können (siehe Bild 2.8). LAUER beschreibt Modelle und Prozess über den gleichen Parametersatz, um beide in den gleichen mehrdimensionalen Raum, den Entwicklungsraum, einordnen zu können und über den euklidischen Abstand die Relevanz zu bestimmen [LAUER 2010, S. 64]. Dazu wird das Vektorraumprinzip angewendet (siehe Bild 2.9).



**Bild 2.9 Verknüpfung von Dokumenten und Prozessschritten auf Basis des Vektorraumprinzips am Beispiel dreier beliebiger Parameter  $x, y, z$  [LAUER 2010, S. 66]**

Die zur Beschreibung der Produktmodelle und Prozesse genutzten Parameter (diese wurden in Bild 2.9 stellvertretend  $x, y, z$  genannt) sind:

- Inhalt,
- Verwendungszweck,
- Konkretisierungsgrad,
- restlicher Entwicklungsaufwand,
- Vernetzungsgrad.

Den Ausprägungen der Parameter werden Zahlenwerte von 1 bis 5 zugeordnet, über die eine Einordnung in den Vektorraum ermöglicht wird. Werden nun die Produktmodelle und Prozessschritte in den Entwicklungsraum eingeordnet, ist es möglich mithilfe des Abstandes Relevanz festzustellen. Einerseits können die Produktmodelle einzelnen Prozessschritten zugewiesen werden, andererseits besteht die Möglichkeit, die für die Bearbeitung eines Prozessschrittes hilfreichen und notwendigen Dokumente flexibel zu identifizieren.

*In diesem Kapitel wurden die wesentlichen Begriffe in Bezug auf die situationsspezifische Planung von Produktentwicklungsprozessen definiert sowie eine Abgrenzung der Begriffe Entwicklungs- und Geschäftsprozess sowie Prozess und Projekt vorgenommen. Darüber hinaus wurde die zugrunde liegende Verknüpfung von Produktmodellen mit dem Entwicklungsprozess dargestellt. Aufbauend auf diesen Definitionen wird im Folgenden der Forschungsbedarf für eine situationsspezifische Entwicklungsprozessplanung in der Praxis abgeleitet.*



### **3. Unterstützungsbedarf in der Praxis**

Um entsprechend der in Kapitel 1.4 dargestellten Forschungsmethodik den Entstehungszusammenhang zu beschreiben, das heißt aktuelle Probleme und Forschungsbedarf abzuleiten, werden im Folgenden typische Entwicklungssituationen vorgestellt. Aus den real beobachteten Entwicklungssituationen sowie den Ergebnissen eines Workshops zur Klärung von aktuellen Herausforderungen im Entwicklungsprozessmanagement wird der Forschungsbedarf dieser Arbeit abgeleitet.

Die Notwendigkeit einer verbesserten Prozessunterstützung wird anhand von Entwicklertätigkeiten erläutert, die im Rahmen einer Tätigkeitsanalyse und Interviews bei einem der Industriepartner des Forschungsverbundes FORFLOW aufgenommen wurden. Aus Gründen der Geheimhaltung werden die Situationen anonymisiert dargestellt.

Die Beschreibungen der Entwicklungssituationen sind aus der unveröffentlichten Ergebnisdokumentation des Forschungsverbundes FORFLOW von WOLF et al. 2008 abgeleitet. Die vier Beschreibungen der Arbeitssituationen sind im Folgenden immer nach dem gleichen Muster aufgebaut. Zunächst wird die Aufgabe des jeweiligen Entwicklers umrissen, dann auf seine Vorgehensweise und Interaktion mit anderen Prozessbeteiligten eingegangen und schließlich der Unterstützungsbedarf der Entwickler abgeleitet.

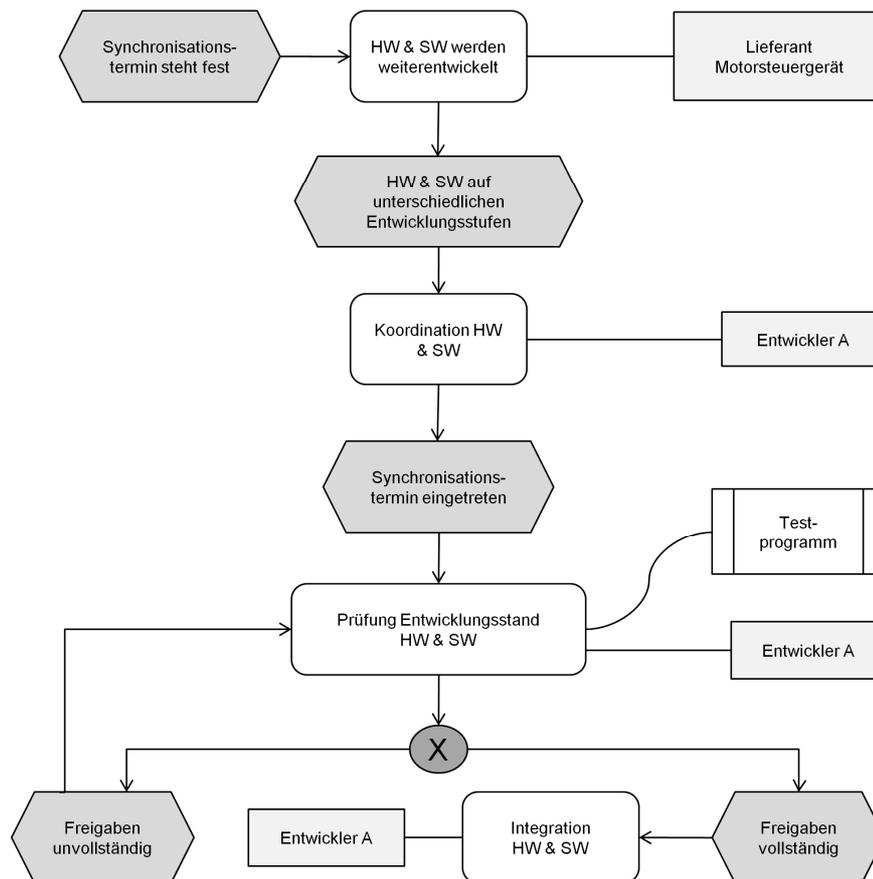
Neben der Problemanalyse in konkreten Arbeitssituationen von operativ arbeitenden Entwicklern werden in die Ableitung des Forschungsbedarfes die Ergebnisse des Workshops unter Beteiligung von auf Projekt- oder strategischer Ebene tätigen Entwicklern einbezogen. Da es das Ziel der Arbeit ist, sowohl auf operativer als auch auf Projektebene Unterstützung zu leisten, müssen in der Ableitung des Forschungsbedarfes beide Ebenen berücksichtigt werden.

#### **3.1 Softwareentwicklung eines Motorsteuergerätes**

Die erste betrachtete Entwicklungssituation beschäftigt sich mit einem Ingenieur (A), der für die Softwareentwicklung eines Motorsteuergerätes zuständig ist. A hat die Aufgabe Softwareanforderungen zu ermitteln und führt dazu Versuche auf Hard- und Softwareebene durch. Die Software wird in Kooperation mit einem Zulieferer entwickelt und soll die Abgasemissionen des Motors steuern. Neben dieser Aufgabe ist A für die schrittweise Synchronisation der Software mit dem Motorsteuergerät und die Integration von Hardware und Software zuständig. Er führt Versuche durch, um die Software hin zu den gewünschten Ergebnissen verbessern zu können. Die Anforderungen an die Software leiten sich aus gesetzlichen Bestimmungen und unternehmensinternen Prämissen ab. Auch Kostenvorgaben gehören zu den wesentlichen Anforderungen. Inhaltliche Probleme für A entstehen, wenn Prämissen zu ungenau oder ohne Weitblick für künftige Projekte festgelegt werden. Obwohl Anforderungen für diese Projekte oft schon zu großen Teilen bekannt sind, werden aufgrund des hohen Termindrucks häufig unvollständige oder zu abstrakte Prämissen vorgegeben, die im Projektverlauf zu Nach- und Wiederholarbeiten führen. Außerdem wird versucht, gleiche Kostensenkungsprogramme auf unterschiedliche Produktlinien anzuwenden, was auf

operativer Ebene häufig zu Konflikten führt. Diese Tätigkeiten beschäftigen A im Rahmen unterschiedlicher Projekte, die sich in unterschiedlichen Phasen befinden.

Die Prozesse, die A zur Ausübung seiner Aufgaben einsetzt, lassen sich nur schwer verallgemeinern. Ein beispielhaft geplanter Arbeitsprozess von A ist in Bild 3.1 dargestellt. Die Prozessbeschreibung ist mittels ereignisgesteuerter Prozessketten aufgebaut. Eine Legende zu den Prozessbeschreibungen ist in Anhang 9.2.1 zu finden.

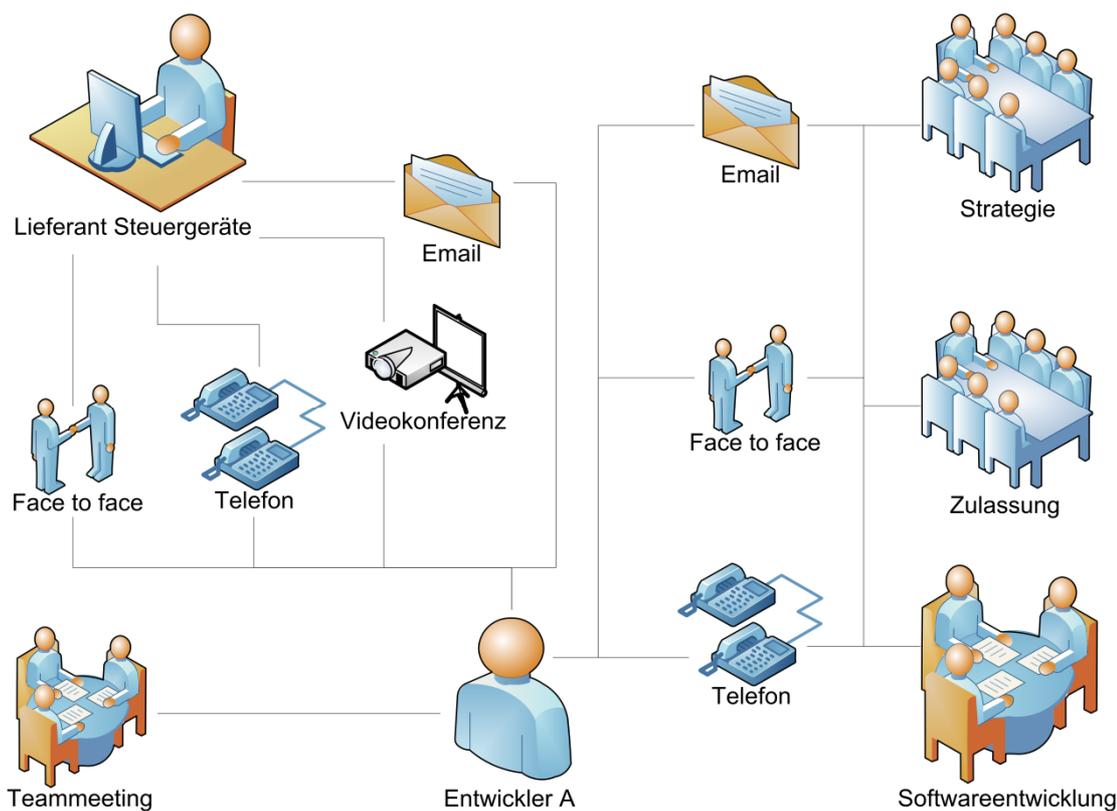


**Bild 3.1 Geplanter Arbeitsprozess von A**

Seine Arbeit ist sehr stark von der Arbeit Dritter abhängig: Die Entwicklung von Hard- und Software läuft parallel ab und zu vereinbarten Terminen erfolgt eine schrittweise Integration der Teilsysteme. Zwischen diesen Terminen koordiniert A beide Bereiche und achtet darauf, dass die Entwicklungsaktivitäten aufeinander abgestimmt sind. Sobald alle Systemelemente freigegeben sind wird die Software in die Hardware integriert. Die derart synchronisierte Steuerungssoftware kann im Anschluss weiteren Tests zur Eigenschaftsermittlung unterzogen werden. Häufig werden die im Voraus abgestimmten Termine von den Beteiligten nicht eingehalten. Damit A seine Termine mit anderen Stakeholdern im Prozess einhalten kann, muss er entsprechende Annahmen über die Freigabe treffen, mit dem Risiko, dass die Elemente am Ende nicht zusammenpassen.

In der Ausführung der von ihm verantworteten Aufgaben kommuniziert A auf unterschiedliche Weise mit den verschiedenen Beteiligten. Am häufigsten findet in diesem Zusammenhang ein Austausch mit den Herstellern der Hardware-Komponenten und dem

Kooperationspartner der Softwareentwicklung statt. Mit angrenzenden internen Abteilungen wird in erster Linie zum Austausch und zur Festlegung von Anforderungen kommuniziert. A ist bestrebt, seine Kooperationspartner in den relevanten Informationsfluss mit einzubinden, was er beispielsweise durch Emailversand der wichtigen Informationen an alle Beteiligte umsetzt. Mit geografisch entfernten Abteilungen kommen häufig Video- und Telefonkonferenzen zum Einsatz, bei alltäglichen vor Ort lösbaren Aufgaben werden Telefon, Email und persönliche Treffen genutzt. Die unmittelbaren Kollegen von A sitzen mit ihm gemeinsam in einem Großraumbüro nah beieinander, was eine einfache und reibungslose Kommunikation ermöglicht. In einem wöchentlichen Teamtreffen werden Entscheidungen zum weiteren Vorgehen gefällt. Dabei wird die Kompromissfindung schwieriger, je mehr Teilnehmer in den Treffen anwesend sind. Die Lösung der auftretenden Probleme verlangt gute Kooperation und Flexibilität. Die meisten Probleme werden in den Teamtreffen gelöst, an denen in der Regel auch die Zulieferer teilnehmen. Die Ergebnisse der Treffen werden in einem Protokoll festgehalten. Die hier beschriebenen Interaktionen von A zeigt Bild 3.2 schematisch.



**Bild 3.2 Interaktionen von A**

Die Situation von A zeigt an verschiedenen Stellen Unterstützungsbedarf auf, der durch den vorgestellten Ansatz zur situationspezifischen Entwicklungsprozessplanung abgedeckt werden soll. So ist es für A beispielsweise nötig, Überblick über seine unterschiedlichen Aufgaben in unterschiedlichen Projekten zu behalten. Dazu gehört, dass er sich im Klaren ist, welcher Prozessschritt gerade bearbeitet wird und welche Daten in welcher Form vorliegen. Dies umfasst in erster Linie die Quellen für die von ihm zu klärenden Anforderungen. Eine Rückverfolgbarkeit der unternehmensinternen Prämissen und Informationen über zuständige

Ansprechpartner kann ebenfalls Unterstützung liefern. Eine Verknüpfung von Prozessschritten und generierten Daten wäre ebenfalls von Vorteil, um die Nachvollziehbarkeit von Arbeitsschritten und Entscheidungen zu verbessern.

Weiterhin kann A bei der Integration der unterschiedlichen am Prozess beteiligten Disziplinen unterstützt werden. Dies kann beispielsweise über eine Darstellung der verschiedenen Teilprozesse und ihrer Schnittstellen erfolgen. Die Abhängigkeit von Dritten kann dadurch abgefedert werden, dass es A ermöglicht wird, flexibel und sinnvoll auf ungeplante Änderungen, wie sie oben beschrieben wurden, zu reagieren. Dies bedeutet, eine kurzfristige Anpassung des Prozessablaufs beziehungsweise des Projektplanes, um mit möglichst geringem Verzug auf solche unvorhergesehenen Einflüsse zu reagieren.

Eine Übersicht darüber, welche Beteiligten aktuell an parallelen Prozessschritten arbeiten, kann es A ermöglichen, die Teamtreffen bedarfsgerecht zu besetzen und so möglichst nur die wirklich notwendigen Teilnehmer einzuladen, um die Kompromissfindung zu verbessern. Ein Hilfsmittel, das es ihm und den anderen Projektbeteiligten ermöglicht auf dem aktuellen Informationsstand zu bleiben und zum Beispiel die Protokolle der Teamtreffen einzusehen, kann den Organisationsaufwand zur Informationsverteilung deutlich reduzieren.

### **3.2 Entwicklung von Produktkonzepten**

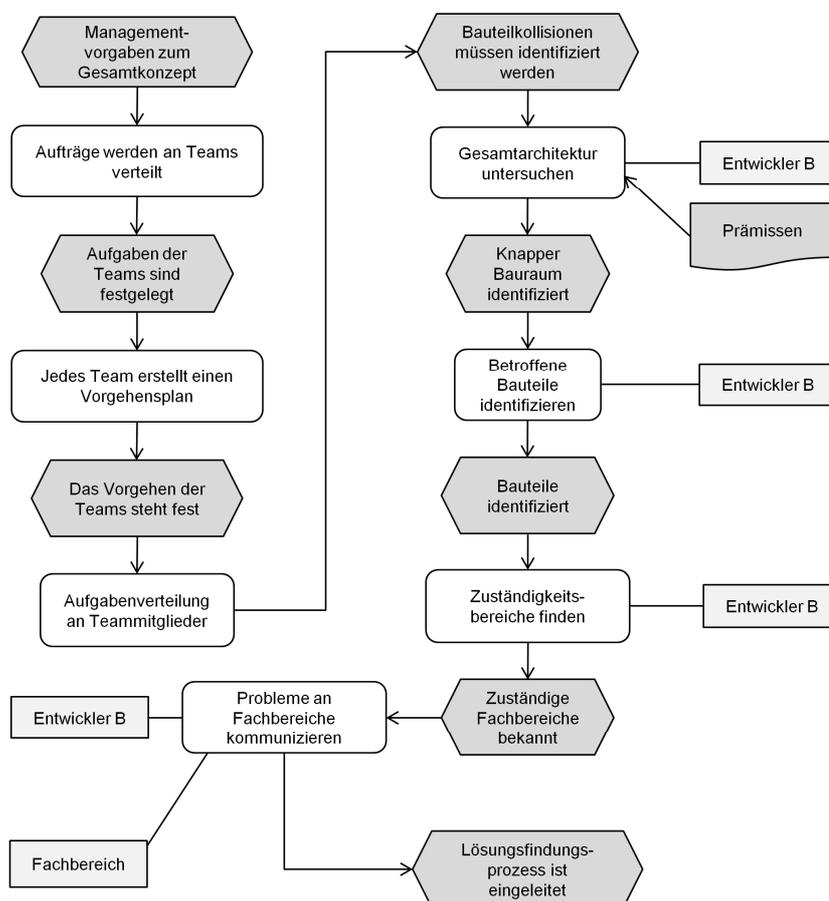
Mitarbeiter B, dessen Arbeitsumfeld im Folgenden dargestellt wird, hat eine völlig anders gelagerte Aufgabe zu erfüllen als A. Er soll Produktkonzepte für künftige Produkte ableiten und mit strategischen, technischen und das Design betreffenden Prämissen abstimmen.

Aus diesen Vorgaben erstellt er schrittweise eine Gesamtarchitektur für das Produkt mit dem Ziel, ein stimmiges Gesamtkonzept in Hinblick auf Funktion und Kosten zu erreichen. B hat vor allem mit dem Problem zu kämpfen, dass in den frühen Entwicklungsphasen nur unzureichend konkrete Prämissen und Anforderungen vorliegen. Aufgrund seiner Erfahrung aus vergangenen Projekten versucht B die offiziellen Angaben abzuschätzen und setzt sich selbst Ziele, um seine Aufgaben erfüllen zu können. Wenn die offiziellen Prämissen später aufgestellt sind, passt B seine Ausarbeitungen und Pläne an die neuen Vorgaben an. Das persönliche Ziel von B besteht darin, mehr Aufwand in frühe Entwicklungsphasen zu stecken, um spätere Nacharbeiten zu minimieren. Wie dieser Arbeitsprozess typischerweise aussieht, stellt Bild 3.3 dar.

B ist in sehr unterschiedlichen Teams vertreten. Die von ihm bearbeiteten Aufträge kommen aus der Managementebene und werden in den unterschiedlichen Teams nach Gesichtspunkten unterschiedlicher Stakeholder abgearbeitet. Für die konkreten Aufgaben bestehen keine vordefinierten Prozesse, sondern sie werden innerhalb der Teams erarbeitet. Für die Bearbeitung von problematischen Themen werden Expertenteams zusammengesetzt, die sich intensiv mit den einzelnen Sachverhalten auseinandersetzen, weniger akute Probleme werden in wöchentlich stattfindenden Meetings bearbeitet. In diesen Teams genau wie mit anderen Abteilungen kommuniziert B viel persönlich und per Telefon. Terminabsprachen finden in der Regel per Email statt.

Eine typische Aufgabe, die B in der Vorentwicklung übernimmt, ist die Identifizierung von Bauteilkollisionen in der Gesamtarchitektur. Zu diesen Kollisionen kann es kommen, wenn

für die jeweiligen Konzepte nicht genügend Bauraum vorgesehen wurde. B untersucht diese Probleme und kommuniziert das Problem an den für die Bauteilentwicklung zuständigen Fachbereich. Dieser muss in der Folge eine den Anforderungen entsprechende Lösung für das Problem finden. Die Konkretisierung dieser einzelnen Entwicklungsabläufe erfolgt in späteren Phasen, je näher die Serienentwicklung der einzelnen Teilsysteme rückt.



**Bild 3.3** Typischer Arbeitsprozess von B

Aus Sicht von B wäre eine ausführlichere Dokumentation abgeschlossener Projekte wünschenswert, da diese die Einarbeitung in neue Projekte vereinfachen und die Aufbereitung von Lessons Learned ermöglichen würde.

Für B lassen sich auf Basis der Situationsbeschreibung diverse Ansatzpunkte zur prozessorientierten Unterstützung seiner Arbeit identifizieren. B arbeitet in frühen Entwicklungsphasen mit vielen Annahmen, die es notwendig werden lassen, auf entsprechende Änderungen dieser Annahmen oder anders als angenommen getroffene Entscheidungen zu reagieren. An dieser Stelle würden eine flexible Neuanpassung der bestehenden Prozesse sowie eine Unterstützung der Planung der Änderungsmaßnahmen einen Mehrwert liefern. Bs Ziel mehr Frontloading im Entwicklungsprozess umzusetzen, das heißt mehr Ressourcen bereits in frühen Entwicklungsphasen einzubringen, kann ebenfalls durch eine verbesserte Entwicklungsprozessplanung unterstützt werden. Weiterhin arbeitet B in vielen Teams, für deren Aufgaben es keine vordefinierten Prozesse gibt. Hier kann ein

Hilfsmittel, das einerseits Vorschläge zur Prozessplanung unterbreitet und andererseits eine einfache Anpassung dieser Vorschläge an gegebene Aufgaben ermöglicht, Vorteile bieten.

Im Rahmen der Kollisionsanalyse kann eine übersichtliche Darstellung darüber, welche Abteilungen bislang am Prozess beteiligt waren und welche in Zukunft beteiligt sein werden, den Aufwand für die Identifizierung und Kommunikation mit den Fachabteilungen reduzieren. Weiterhin bietet sich eine Unterstützung an, die es ermöglicht, in frühen Phasen den Entwicklungsprozess grob vorzuplanen und die Subprozesse für die Teilsysteme in der Serienfertigung später zum entsprechenden Zeitpunkt auszudetaillieren.

Dem Wunsch von B, Projekte besser zu dokumentieren und Lessons Learned zu ermöglichen, soll durch den vorgestellten Ansatz zur situationsgerechten Entwicklungsprozessplanung entsprochen werden.

### 3.3 Entwicklung einer Baugruppe

Ingenieur C ist für die Entwicklung eines Subsystems verantwortlich. Zur Ausarbeitung des Subsystems erhält er Vorgaben aus dem Design und Informationen aus dem Vorgängermodell. Darauf aufbauend definiert er die Einzelkomponenten sowie die Baugruppe. Er hat die Vorgabe, Baukastenteile zu verwenden und möglichst kostenorientiert in der Entwicklung vorzugehen.

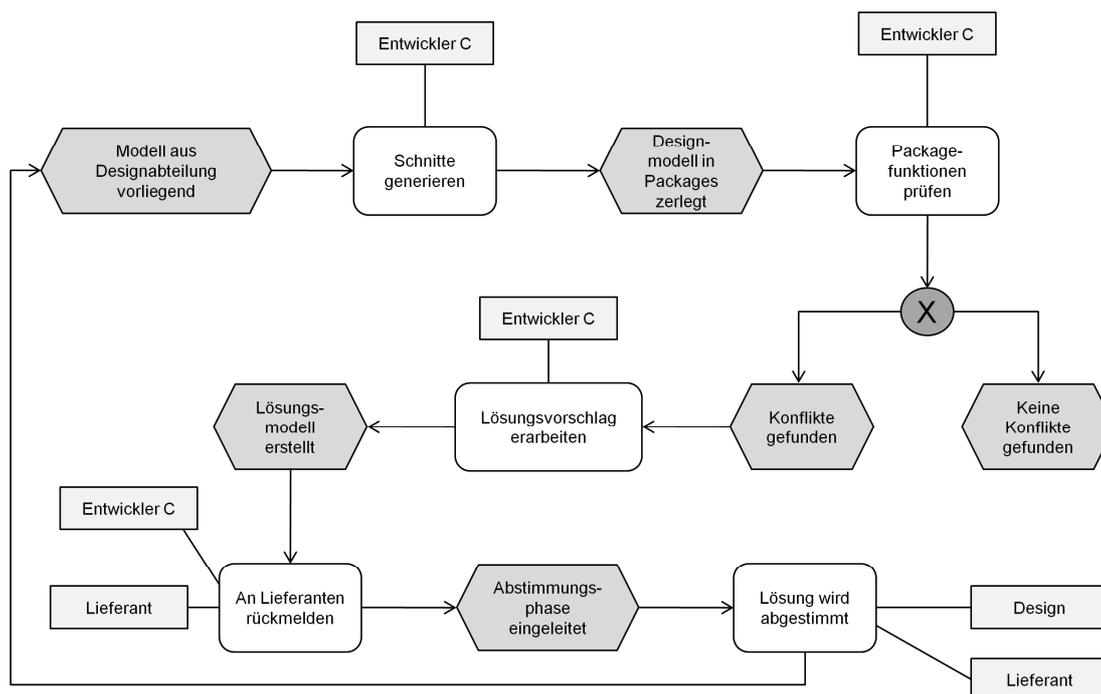
C hat die Aufgabe, für die Einzelkomponenten des von ihm verantworteten Subsystems Bauraumuntersuchungen anzustellen und herauszufinden, wie sich die Wechselwirkungen innerhalb des Bauraumes verändern, sobald neue Teile integriert werden. In welcher Form die Bauteile im Bauraum unterzubringen sind und ob eine gute Montierbarkeit gewährleistet ist, sind weitere Fragen, die C beantworten muss. In der Frühphase von Projekten betreut C die Produkte aus mehreren Produktfamilien, in der Serienentwicklung ist er für eine Produktfamilie verantwortlich.

Ein typischer Arbeitsprozess von Ingenieur C gestaltet sich wie folgt (siehe Bild 3.4): Nachdem er das Designmodell aus der Designabteilung erhalten hat, prüft er, ob dieses Modell die geforderten Funktionen erfüllen kann. Weiterhin erfolgen die Bauraumanalyse sowie die anschließende Rückmeldung von entdeckten Konflikten, Bauteilkollisionen oder ähnlichem an die Designabteilung. In einem solchen Fall informiert C die Abteilung über eine notwendige Änderung der Baugruppe und liefert in diesem Zuge bereits einen Alternativvorschlag. Diese Änderungsvorschläge werden im Anschluss mit allen beteiligten Abteilungen abgestimmt. Solange das Konzept in dieser Phase noch nicht alle Anforderungen erfüllt, werden Anpassungsschritte dieser Art iterativ durchlaufen. Nach der einstimmigen Entscheidung über das Konzept wird dann die nächste Entwicklungsphase gestartet.

Die Interaktion von C ist stark abhängig von der jeweiligen Projektphase. In der frühen Phase kommuniziert er in erster Linie mit der Design- und der für das Gesamtprodukt zuständigen Abteilung. In der Serienentwicklung muss er sich vermehrt mit den Abteilungen austauschen, die die angrenzenden Baugruppen entwickeln und darüber hinaus deutlich stärker die Fertigung mit einbeziehen. Die meiste Kommunikation läuft über persönlichen Kontakt, Email und Telefon. In den frühen Projektphasen gibt es wöchentliche Teamtreffen.

In der Abstimmphase vor der Konzeptfreigabe treten vermehrt Konflikte zwischen den Beteiligten auf, die koordiniert werden müssen, um einen möglichst optimalen Kompromiss zu finden.

Informationen zur aktuellen Projektarbeit bekommt C oft aus der Dokumentation abgeschlossener Projekte. In diesem Zusammenhang besteht das Problem, dass nicht alle notwendigen Informationen zu den abgeschlossenen Projekten dokumentiert wurden. In diesen Fällen wendet sich C häufig direkt an Personen, die an den vorangegangenen Projekten beteiligt waren.



**Bild 3.4** Beispielhafter Arbeitsprozess von C

An dieser Situation lässt sich Potenzial zur Unterstützung von Ingenieur C in seiner Prozessplanung und -durchführung ableiten. Der Umgang mit und die Bereitstellung von Daten aus abgeschlossenen Projekten sind in diesem Zusammenhang ein wichtiger Punkt. Diese sind unvollständig und teilweise schwer aufzufinden. An dieser Stelle kann eine verbesserte Bereitstellung der Daten für die unterschiedlichen Prozessschritte einen Mehrwert liefern. Weiterhin kann der Umgang mit den häufig auftretenden Iterationen verbessert werden. Hier kann eine situationsspezifische Prozessplanung darin unterstützen, die Iterationen durch verbesserte Planung zu unterstützen oder sogar in ihrer Anzahl zu reduzieren, wenn die Abstimmprozesse optimiert werden. Außerdem kann die Information darüber, wer in welchem Prozessschritt für welches Bauteil verantwortlich ist, diese Iterationen verbessern und dafür sorgen, dass in allen Projektphasen die richtigen Beteiligten zu den Teamtreffen eingeladen werden. Dies gilt auch für die Konflikte in der Lösungsfindung in unterschiedlichen Projektphasen. Weiterhin würde eine verbesserte Übersicht über die Projekte und anliegende Aufgaben in diesen Projekten C die Planung seiner täglichen Arbeit erleichtern.

### 3.4 Produktabsicherung

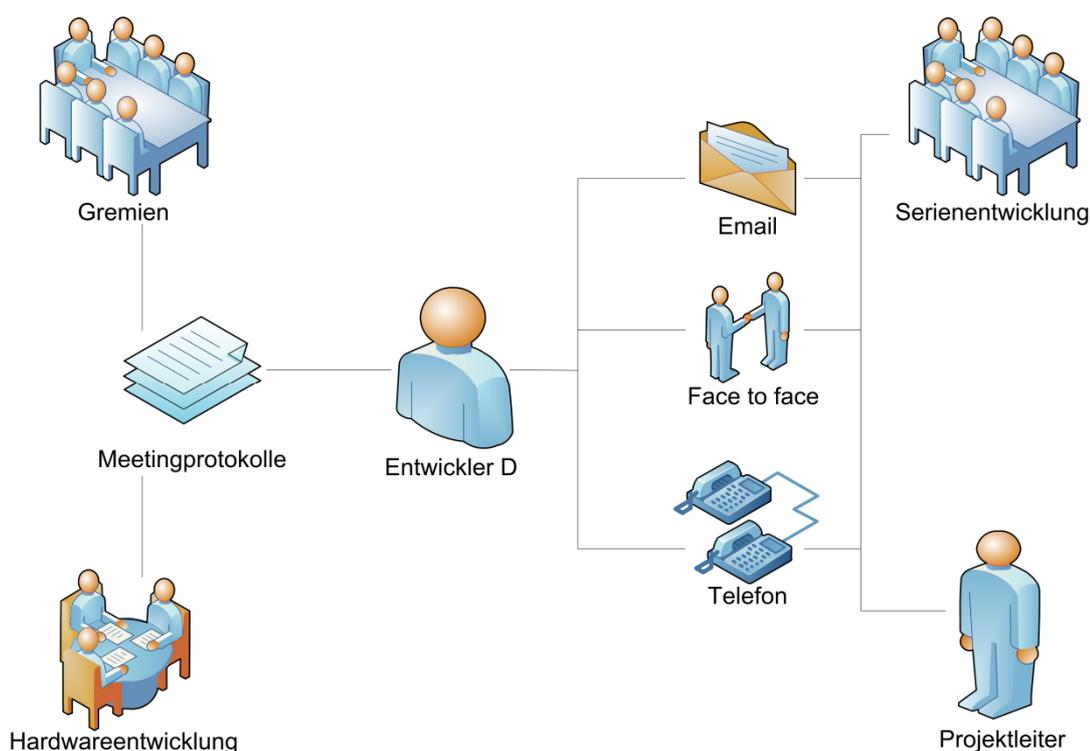
Ingenieur D ist in der Produktabsicherung beschäftigt. Seine Aufgabe umfasst die Integration und Verifikation von Elektrik- und Elektronikkomponenten. Dazu führt er an Prototypen Tests aus kundennaher Sicht durch. D ist mit den Prozessen der Softwareentwicklung und -integration sowie mit dem Aufbau des Gesamtproduktes sehr gut vertraut.

D ist Teilprojektleiter und in dieser Aufgabe für die fachliche Umsetzung seines Verantwortungsbereiches zuständig. Dazu kommuniziert er ausführlich mit der Serienentwicklung zur Absicherung der Produktion. Er muss konkrete Vorgaben zur Kosteneinsparung berücksichtigen, die von strategischer Ebene vorgegeben werden. Eine Reihe weiterer Anforderungen ergeben sich aus gesetzlichen Vorgaben zur elektromagnetischen Verträglichkeit des Produktes. Der Entwicklungsprozess ist sehr intransparent und erschwert die Aufgaben von D. Viele Probleme entstehen aus mangelnder Festlegung von Verantwortlichkeiten beispielsweise für die Ergebnisse zu Meilensteinterminen. Daraus resultiert, dass Termine oft nicht eingehalten werden und die geforderte Qualität der Komponenten zu den vereinbarten Terminen nicht erreicht wird. Aus Termindruck entstehen weitere Probleme: Lastenhefte werden oft nicht vollständig ausgefüllt versendet oder neue Technologien werden ohne ausreichende Absicherung in Produkte übernommen, was zu hohen Gewährleistungskosten führen kann. Weiterhin wird in vielen Bereichen keine frühe Fehlerprävention umgesetzt, wodurch in späten Phasen hoher administrativer Aufwand und Kosten entstehen. Auch Abstimmungsprobleme zwischen den Bereichen verzögern die Komponentenintegration.

D kommuniziert, wie die bereits vorgestellten Ingenieure, hauptsächlich über Telefon, Email, in Teamtreffen oder im persönlichen Gespräch (siehe Bild 3.5). In diesem Zusammenhang koordiniert D die einzelnen Fachbereiche, die Teile für seinen Verantwortungsbereich liefern, um termingerecht die Komponenten zu erhalten.

Die Tätigkeiten von D richten sich nach keinem festgelegten Arbeitsprozess. Er kommuniziert mit den Komponentenentwicklern, gibt Vorgaben und legt Termine fest. Jedes von ihm betreute Produkt zeichnet sich durch eine hohe Anzahl Schnittstellen zu anderen System aus, die nicht immer klar sind, sodass es immer wieder zu Abstimmungsproblemen kommt.

Neben der mangelnden Zuordnung von Verantwortlichkeiten für Meilensteine fehlen ebenfalls oft die Verantwortlichkeit für einzelne Arbeitspakete sowie die Festlegung der Reifegrade von Zwischenständen zur Ergebnisüberprüfung. Weiterhin ist nicht festgelegt, wie verfahren wird, wenn Termine nicht eingehalten werden können.



**Bild 3.5 Interaktionen von D**

Aus der bereichsübergreifenden Arbeit von D lässt sich eine Reihe von Anknüpfungspunkten für eine situationsgerechte Entwicklungsprozessplanung ableiten. Insbesondere in Hinblick auf die Prozesstransparenz lässt sich ein Mehrwert generieren. Einerseits kann durch die Bestimmung von Verantwortlichkeiten für einzelne Arbeitspakete und deren Weitergabe an die Prozessbeteiligten die Planung von Meilensteinen und Arbeitstreffen vereinfacht werden. Die Festlegung, welche Dokumente in welchem Prozessschritt erstellt werden sollen, ermöglicht andererseits eine Überprüfung des aktuellen Projektstandes. Ein Überblick über den Gesamtprozess und die in den einzelnen Phasen Beteiligten kann ebenso unterstützen. Da D seine eigenen Arbeitspakete bisher nicht plant und es keine definierten Prozesse gibt, bedeutet ein Hilfsmittel, das eine schnelle und einfache Ablaufplanung unterstützt, an dieser Stelle ebenfalls eine Verbesserung.

### 3.5 Unterstützungsbedarf auf Projektebene

Neben den Beschreibungen der Entwicklungssituationen werden an dieser Stelle die Ergebnisse eines Workshops mit Industrievertretern genutzt, um den Bedarf einer situationsspezifischen Planung und Unterstützung von Produktentwicklungsprozessen auf Projektebene aufzuzeigen. An diesem Workshop nahmen 15 Industrievertreter teil. Sie stammten aus der Automobil-, Haushaltsgeräte- und Medizintechnikbranche sowie aus dem Anlagenbau. Weiterhin waren Vertreter aus Beratungsunternehmen anwesend. Die meisten Teilnehmer waren im Prozessmanagement oder in führenden Positionen im Unternehmen tätig. Im Rahmen des Workshops wurden aktuelle Herausforderungen der Unternehmen in Hinblick auf das Management von Produktentwicklungsprozessen diskutiert. Dies umfasst

alle Bereiche von der Definition der Prozesse bis hin zu ihrer Implementierung und Verankerung im Unternehmen.

Im Folgenden werden die wesentlichen industriellen Herausforderungen dargestellt, die sich im Workshop herauskristallisiert haben, um daran den Bedarf nach dem in dieser Arbeit entwickelten Hilfsmittel zu belegen.

Ein wichtiges Problemfeld in der Industrie stellt demnach die Festlegung eines geeigneten Detaillevels der Prozessbeschreibung dar. Bei überfrachteten Prozessbeschreibungen ist schnell für die Anwender der Nutzen nicht mehr erkennbar und insgesamt ist es schwer zu bemessen, welche Prozessabstraktion welchen Mehrwert für die Arbeit am Produkt liefert. Dies führt häufig zu Akzeptanzproblemen bei den Mitarbeitern, die die definierten Prozesse umsetzen sollen. Darauf aufbauend ergibt sich das Problem, dass reale Prozesse in der Entwicklung zu komplex, flexibel und projektabhängig sind, um sie mit bestehenden Hilfsmitteln detailliert abzubilden. Dazu fehlt es den bestehenden Modellen an Anpassbarkeit.

Insgesamt wurde in diesem Zusammenhang auch das Kosten-Nutzen-Verhältnis beim Einsatz von definierten Prozessen diskutiert. Es kam die Frage nach der Abwägung auf, welche Abläufe überhaupt als Prozess abgebildet werden sollten, da das Prozessmanagement Kapazität kostet, die nicht mehr für die eigentliche Produktentwicklung eingesetzt werden kann. Weiterhin wurden die in Unternehmen häufig vertretenen generischen Prozessmodelle hinterfragt.

Ein weiteres großes Feld stellt die Implementierung von Prozessen im Unternehmen dar. Ein Hauptpunkt ist an dieser Stelle das Ersetzen von alten Prozessen durch neue. Dabei stellt sich zunächst die Frage, welche Mitarbeiter von Beginn an eingebunden werden sollten. Weiterhin sind geeignete Pilotobjekte auszuwählen und zu definieren, wie die neuen Prozesse kommuniziert werden sollen. In der Implementierung geht es im Wesentlichen darum, einen guten Weg zwischen Vorgaben für die Beteiligten und der Selbstverantwortung für die übertragenen Aufgaben zu finden. Dazu ist es besonders wichtig und herausfordernd, den Beteiligten den Nutzen des neuen Prozesses klar zu machen. Nutzer- und Prozesssicht müssen aufeinander abgestimmt sein. Selbst wenn der Nutzen auf diese Weise klar wird, bleibt das Problem, einzuschätzen, wie groß der Veränderungswille bei den Beteiligten ist und in welchem Tempo neue Prozesse eingeführt werden können. Wurden die Prozesse eingeführt, stellt sich die Frage, wie diese Prozesse lebendig bleiben und man mit ihrer Aktualisierung und Anpassung in Zukunft umgeht.

Die Berücksichtigung unterschiedlicher Disziplinen und externer Beteiligter stellt für die Unternehmen eine weitere Herausforderung dar. An dieser Stelle ist das Ziel, für mechatronische Produkte Prozesse zu definieren, die Anforderungen der beteiligten Disziplinen zu berücksichtigen und die unterschiedlichen Begrifflichkeiten und Prozessverständnisse zu harmonisieren. Gleiches gilt für die Zusammenarbeit in Entwicklungsnetzwerken in internationalen Projekten sowie mit Entwicklungspartnern und Zulieferern. Besonderer Bedarf in diesem Bereich wurde von den Workshopteilnehmern beim Anforderungsabgleich in frühen Entwicklungsphasen gesehen.

Zu den weniger wichtig gewerteten aber dennoch aktuellen Herausforderungen in Bezug auf Entwicklungsprozesse wurden folgende Dinge gezählt:

- Mangelnde Wertschöpfungsorientierung: Es fehlt ein „Leanes“ Trendmanagement und entsprechende Produktableitung sowie eine ausreichende Selbstverantwortung der Prozessteilnehmer für die Effizienzsteigerung.
- Die Erlebbarkeit des Prozesses: Bislang ist die Erlebbarkeit von Prozessen besonders für heterogene Gruppen nicht gegeben, was eine mangelnde Identifikation mit Prozessen und Aufgaben zur Folge hat. Bislang ist es oft notwendig Prozessexperte zu sein, um alle wichtigen Zusammenhänge in Bezug auf die Abläufe zu verstehen.
- Das Erkennen von Chancen und Risiken der Prozessverbesserung ist bisher schwierig. So kann man beispielsweise nur schwer erkennen, wie lange inkrementelle Prozessveränderungen zu einer Weiterentwicklung führen und an welchen Stellen eine grundsätzliche Neuorientierung sinnvoll und notwendig ist. Weiterhin ist die Identifikation der richtigen Stellschrauben für die Prozessverbesserung ein Problem.
- Mit der Akzeptanz der Prozesse durch die Mitarbeiter steigt und fällt deren Implementierung und Verankerung im Unternehmen. In diesem Zusammenhang stellen sich die Fragen, wie man das Prozesswissen anwendertauglich strukturieren und dokumentieren kann und wie den Mitarbeitern dieses zugänglich gemacht wird und sie in die Prozesse eingebunden werden.

Der in dieser Arbeit entwickelte Ansatz zur situationsspezifischen Prozessplanung spricht einige der von den Industrievertretern angesprochenen Problemfelder an. Das Problem der Detaillierung des Prozesses wird dadurch behoben, dass für unterschiedliche Aufgaben unterschiedliche Detailstufen des Prozesses genutzt werden. Weiterhin soll das zugrundeliegende Prozessmodell die Anforderungen der klassischen Prozessstandards wie CMMI und SPICE erfüllen, und die Anpassung des Prozesses auf gegebene Entwicklungsaufgaben soll flexibel und aufwandsarm erfolgen. In der Implementierung kommen unterschiedliche Ansichten für unterschiedliche Nutzer und die Visualisierung der Prozessbeteiligung zum Einsatz. Weiterhin berücksichtigt das eingesetzte Prozessmodell mechatronische Entwicklungen. Die Aufbereitung des notwendigen Prozesswissens für die Anwender nimmt ebenfalls eine wichtige Stellung in der Entwicklung der Prozessplanungsunterstützung ein. Auf weitere sich aus dem Unterstützungsbedarf ableitende Anforderungen wird in Kapitel 5.2 detailliert eingegangen.

### **3.6 Zusammenfassung des Unterstützungsbedarfs**

In den vorangegangenen Beschreibungen der Entwicklungssituationen wurde der Unterstützungsbedarf für operativ arbeitende Ingenieure beschrieben, die Ergebnisse des Industrieworkshops stellen dagegen den Bedarf auf übergreifender Projektebene dar. Diese unterschiedlichen Bedarfe werden zusammengefasst und um weitere Aspekte aus der Literatur ergänzt.

Auf operativer Ebene wurde, besonders in Bereichen, für die es noch keine vordefinierten Prozessabläufe gibt, der Bedarf nach einem Hilfsmittel zur schnellen Planung und flexiblen Anpassung der eigenen Arbeitspakete aufgezeigt, das sich einfach an aktuelle Aufgaben adaptieren lässt und eine schnelle Reaktion auf Änderungen ermöglicht. Auch die

Möglichkeit den Entwicklungsprozess zu Beginn nur grob und in späteren Phasen nach Bedarf detaillierter zu planen wurde dargestellt. Dazu sollte eine Übersicht über den Gesamtprozess sowie die Teilprozesse und deren Schnittstellen bereitgestellt werden. Direkt damit verknüpft ist der Bedarf nach einer übersichtlichen Darstellung, welche Arbeitspakete in welchem Projekt wann anstehen und welcher Prozessschritt aktuell bearbeitet wird. Die Prozesstransparenz soll folglich gesteigert werden. Eine Übersicht über die Ansprechpartner zu unterschiedlichen Fragestellungen und wer im Projekt gerade welche Arbeitspakete erledigt, kann auf operativer Ebene ebenfalls eine Unterstützung bieten. Darüber hinaus ist eine bessere Festlegung und Kommunikation von Verantwortlichkeiten notwendig.

Die Verknüpfung von Daten und Prozessschritten weist ebenfalls Unterstützungsbedarf auf. Hier kann die Information darüber, welche Eingangsdokumente in welcher Form für den aktuellen Prozessschritt bereits vorliegen sowie darüber, welche Dokumente innerhalb des Prozessschrittes erstellt werden sollen, einen deutlichen Mehrwert liefern. Dadurch wird es möglich, sich einen schnellen Überblick über den aktuellen Stand der Projekte zu verschaffen und die Kommunikation mit anderen Projektbeteiligten zu verbessern.

Letztlich wurde der Bedarf nach einem verbesserten Frontloading (verstärkter Einsatz von Ressourcen und interdisziplinärer Zusammenarbeit bereits in frühen Entwicklungsphasen) sowie einer besseren Projektdokumentation zur Nutzung von Lessons Learned abgeleitet.

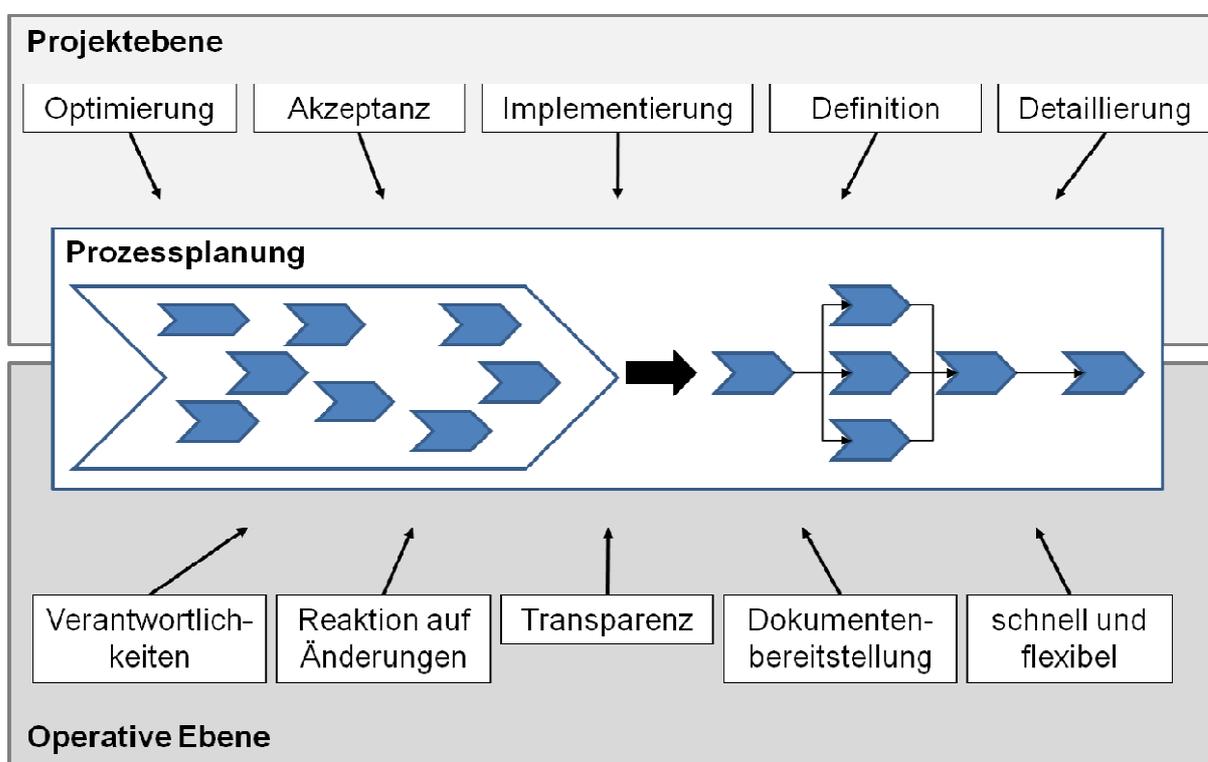
Auf übergreifender Projektebene wurden anders geartete Unterstützungsbedarfe aufgezeigt. Dazu ist es vor allem wichtig, die richtige Detaillierungstiefe in der Definition der Prozesse zu schaffen, sowie über eine geeignete Kommunikation und Darstellung des Nutzens der Prozesse eine gute Akzeptanz der Prozesse bei den Mitarbeitern zu erreichen. Insgesamt wurde der Wunsch nach einer verbesserten Unterstützung in der Implementierung neuer Prozesse geäußert. Hierbei bedarf es Hilfestellung in der Auswahl der beteiligten Mitarbeiter sowie geeigneter Pilotobjekte sowie Information über realisierbare Änderungsgeschwindigkeiten in der Einführung und Ablösung von bestehenden Prozessen.

Weiterhin wurde festgestellt, dass aktuelle Modelle nicht ausreichend flexibel sind, um reale Entwicklungsprozesse in ihrer Komplexität, Flexibilität und Projektabhängigkeit abzubilden. Außerdem wurde eine verbesserte Berücksichtigung unterschiedlicher Disziplinen gefordert. Einen zusammenfassenden Überblick über den Unterstützungsbedarf gibt Bild 3.6.

Wie die dargestellten Situationen und Aussagen von industriellen Führungskräften belegen, rückt die Optimierung von Entwicklungsprozessen in Unternehmen immer mehr in den Fokus. Es gibt zwar eine Vielzahl von Tools und Methoden zur Planung und Durchführung repetitiver Geschäftsprozesse aber bislang noch keine Tools und Modellierungsmethoden, die Entwicklungsprozesse ausreichend unterstützen [WYNN et al. 2005]. Die Komplexität der Prozesse resultiert aus ihrer evolutionären Charakteristik. Bestehende Prozessmodellierungsmethoden, wie z. B. die Structured Analysis and Design Technique (SADT) [MARCA et al. 1988], ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK) [SCHEER 1994] und Darstellungen des kritischen Pfades, unterstützen die Planung und Darstellung von bekannten und strukturierten Geschäftsprozessen, stoßen aber bei neuen, unstrukturierten Prozessen an ihre Grenzen. Die Prozessbausteine nach BICHLMAIER können zwar zur Planung von Entwicklungsprozessen herangezogen werden, jedoch wird kein Hilfsmittel mit an die Hand

gegeben, wie auf Änderungen zu reagieren ist und wie die Prozessschritte der Situation entsprechend angeordnet werden sollen (abgesehen von einer Input- Output-Verknüpfung).

Generische Modelle wie die VDI 2221 [VDI 1993] und die VDI 2206 [VDI 2004a] sind ungeeignet, da sie kein entsprechendes Detaillevel aufweisen, um einen spezifischen Prozess mit allen Charakteristiken zu planen. Viele generische Modelle basieren auf der Beschreibung abgeschlossener, erfolgreicher Prozesse oder Best Practices und unterstützen daher kaum komplett neue Probleme und veränderte Rahmenbedingungen. Diese Modelle müssen entsprechend auf operativer Ebene angepasst werden [ROELOFSEN et al. 2007a]. Die wesentliche an dieser Stelle zu klärende Frage ist demnach, welches das geeignete Detaillevel zur Prozessbeschreibung ist und welche Rahmenbedingungen wesentlichen Einfluss auf den Prozess haben.

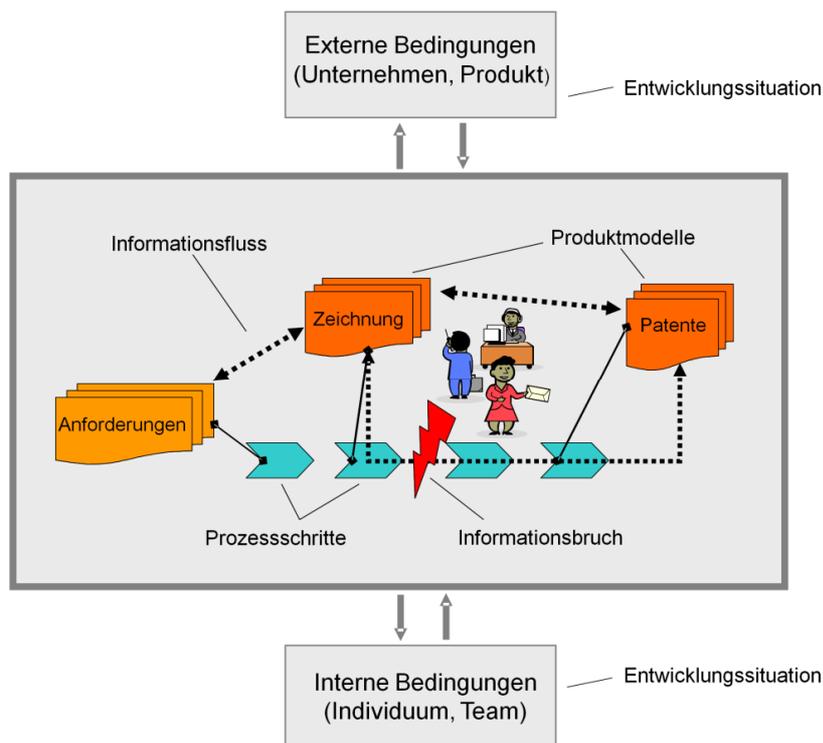


**Bild 3.6** Unterstützungsbedarf auf Projekt- und operativer Ebene

Die aktuellen Probleme und Herausforderungen der Prozessplanung in der Produktentwicklung entstehen unter anderem durch eine unzureichende Integration von Produktmodellen in den Prozess [LAUER 2010] und einer Vernachlässigung der Entwicklungssituation, was eine adäquate Prozessplanung einschränkt. Wie sich diese Problematik darstellt, zeigt Bild 3.7, in dem die Verknüpfungen von Produktentwicklungsprozess, Produktmodellen, Informationsflüssen, Informationsbrüchen und der Entwicklungssituation abgebildet sind. Im Verlauf der Entwicklung werden viele Produktmodelle generiert, die in mehreren Prozessschritten benötigt werden. Außerdem benötigen viele Produktmodelle Informationen aus anderen Modellen, was dazu führt, dass ein konsistenter Informationsfluss zwischen den Modellen gewährleistet werden muss. Durch Informationsbrüche, wie Kommunikationsprobleme oder verschiedene Datenformate, wird

dieser Informationsfluss behindert. Darüber hinaus beeinflussen sowohl interne als auch externe Randbedingungen die Ausführung des Entwicklungsprozesses.

Die Einbindung von Produktmodellen in die Prozessplanung und Berücksichtigung der Entwicklungssituation in der Prozessplanung hängen sehr stark voneinander ab, weshalb eine getrennte Betrachtung dieser Aspekte nicht zielführend ist. Das Hauptziel der Produktmodellbeschreibung und dynamischen Prozessverknüpfung, die LAUER vorschlägt, ist eine verbesserte Informationsbereitstellung für den Ingenieur. Zur Definition der richtigen Zeit der Bereitstellung der notwendigen Informationen ist eine Berücksichtigung der Entwicklungssituation essentiell. Ohne diese Berücksichtigung kann keine Bewertung der Relevanz der Informationen vorgenommen werden. Die von LAUER vorgestellte Beschreibungsmethode für Produktmodelle erlaubt die Bereitstellung relevanter Informationen abhängig davon, an welcher Position im Prozess sich der Ingenieur aktuell befindet. Diese Arbeit liefert im Gegenzug einen Ansatz, die vorliegenden Modelle als Teil der Entwicklungssituation mit in die Prozessplanung einfließen zu lassen. Wie die Integration dieser beiden Aspekte für den vorgestellten Ansatz im Detail durchgeführt wird, wird in Kapitel 5.5 beschrieben.



**Bild 3.7 Schlüsselfaktoren von Entwicklungsprozessen**

Neben den Randbedingungen der Prozessplanung wird ein Fokus auf das Prozessmodell gelegt. Bestehende Prozessmodelle wie zum Beispiel die VDI-Richtlinie 2221 [VDI 1993] werden zwar häufig in Unternehmen spezifisch angepasst und eingesetzt, erfüllen aber trotzdem nicht die spezifischen Anforderungen an dynamische Entwicklungsprozesse. Sie sind meist nur statische Referenz für einen vordefinierten Prozess, unterstützen die dynamische Prozessplanung aber nicht [PESIC et al. 2006]. Es gibt weiterhin keine Information über die aktuelle Entwicklungssituation, die, wie oben dargestellt, stark das

weitere Vorgehen beeinflusst. Daraus lässt sich eine Differenz zwischen der Beschreibung der Zielprozesse und des Informationsbedarfs der Ingenieure ableiten. Zur Unterstützung der Ingenieure ist ein System notwendig, das sowohl die Zielprozesse als auch die Entwicklungssituation berücksichtigt [LAUER et al. 2008].

*Um den dargestellten Problemen und Herausforderungen der Praxis zu begegnen wird in Kapitel 5 der Ansatz zur situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen entwickelt und dargestellt. Darin werden sowohl Projekt- als auch die operative Ebene der Prozessplanung berücksichtigt, um eine ausreichend detaillierte Planung, basierend auf der jeweiligen Analyse der Entwicklungssituation, wie sie von MAFFIN [MAFFIN 1998] gefordert wird, zu ermöglichen.*

*Dass der in Kapitel 5 vorgestellte Ansatz zur situationsgerechten Entwicklungsprozessplanung notwendig ist, wird im folgenden Kapitel dargestellt. Dort werden bestehende Ansätze zur Unterstützung der Produktentwicklung aufgezeigt. Weiterhin wird diskutiert, an welchen Stellen diese Ansätze dem Unterstützungsbedarf, der hier erläutert wurde, nicht gerecht werden und wo der entwickelte Ansatz dazu einen Mehrwert liefert.*



## **4. Bestehende Ansätze zur Unterstützung von Produktentwicklungsprozessen**

Aufbauend auf der Definition der wesentlichen Begriffe und der Darstellung des Unterstützungsbedarfes in der Praxis wird im Folgenden geklärt, welche Schwächen die bislang vorliegende Unterstützung der Planung und Durchführung von Produktentwicklungsprozessen aufweist. Weiterhin wird dargestellt, an welchen Stellen über bereits bestehende Ansätze hinaus weiterer Unterstützungsbedarf existiert.

### **4.1 Prozessorganisation**

In Bezug auf die Organisation von Entwicklungsprozessen im Kontext aller Geschäftsprozesse gibt es wie bereits aufgezeigt spezifische Herausforderungen zu meistern, um eine situationsgerechte Planungsunterstützung effizient und effektiv zu gestalten.

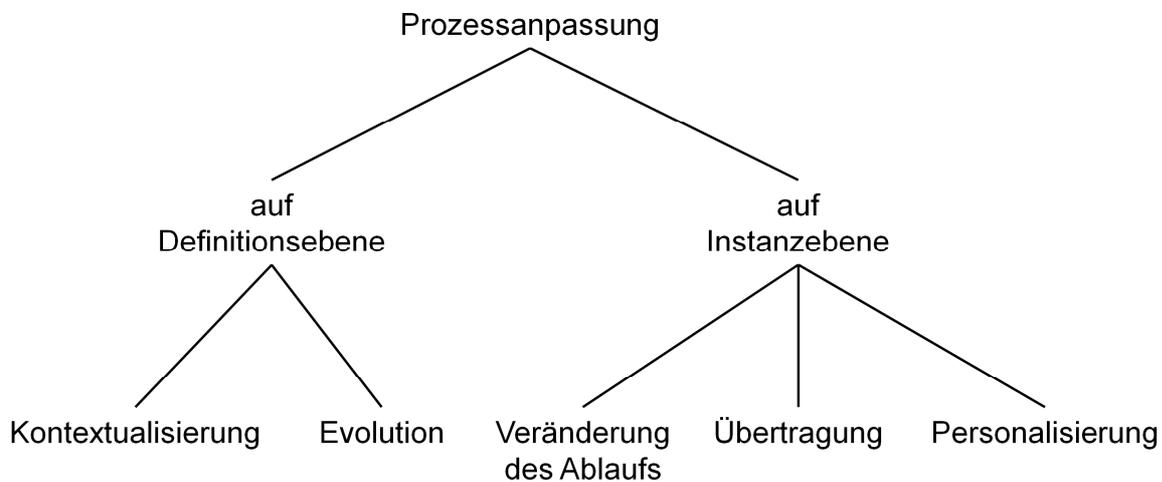
Ein erstes Problem besteht darin, dass innerhalb einer Organisation ein gemeinsames Prozessverständnis und eine ausreichende Akzeptanz von Prozessen geschaffen werden muss, da Mitarbeiter Veränderungen jeder Art (auch der Prozesse) tragen müssen [ALLWEYER 2007, S. 301]. Dazu ist eine ausreichende Prozesstransparenz grundsätzlich notwendig. Darüber hinaus ist es empfehlenswert, die Prozessgestaltung partizipativ zu gestalten. Das bedeutet, Anwender und Entwickler werden an der Gestaltung einer Lösung beteiligt. Dies bietet sich an, da den Modellierern das Wissen um die vorherrschende Arbeitssituation, die im Prozess benötigte Flexibilität sowie die Implikationen der Modellierungsentscheidungen fehlt. Andererseits sind die Anwender nicht mit allen Möglichkeiten der Modellierung vertraut. Im Regelfall ist die Akzeptanz bei den Partizipierenden höher, wenn sie bei der Gestaltung eingebunden sind [HUPE 2009, S. 66].

Das gemeinsame Prozessverständnis und die Modellierung der unternehmensspezifischen Prozesse sind notwendig, da die Kern- bzw. wettbewerbsentscheidenden Prozesse individuell gestaltet werden sollten [ALLWEYER 2007, S. 318]. Diese Kernprozesse sind marktwirksame Prozesse, die einen für den Kunden wahrnehmbaren Nutzen generieren, unternehmensindividuell, nicht-imitierbar und nicht-substituierbar sind [QUINT 2004, S. 24]. Produktentwicklungsprozesse sind dementsprechend Kernprozesse, die im Unternehmen eine zentrale Rolle einnehmen. Eine ständige Weiterentwicklung dieser Prozesse ist notwendig, um auch zukünftig wettbewerbsfähig zu bleiben.

Insbesondere die Kernprozesse zeichnen sich durch eine hohe Interdependenz innerhalb und zwischen den einzelnen Prozessarten (z. B. Entwicklungs-, Einkaufs-, Vertriebsprozesse) aus. Durch eine Betrachtung der in jedem Prozess benötigten und erbrachten Leistungen werden die zwischen den Prozessen existierenden Abhängigkeiten deutlich [ALLWEYER 2007, S. 153]. Innerhalb der Entwicklung ist dies beispielsweise die Abstimmung zwischen Konstruktion und Berechnung. Zwischen Entwicklung und Fertigung gibt es unter anderem hohen Abstimmungsbedarf, um eine möglichst hohe Produktqualität in der Produktion zu

erreichen. Diese Interdependenzen müssen für eine erfolgreiche Planungsunterstützung erkannt und berücksichtigt werden.

Wie in Kapitel 1.2 aufgezeigt, ist eines der Ziele dieser Arbeit ein Schritt hin zu einer Produktentwicklung, die anhand von Workflows durchgeführt wird. Das bedeutet, dass diese Workflows mit der Dynamik von Entwicklungsprozessen umgehen können müssen. Genau hier liegt ein Hauptschwachpunkt der Prozessmodellierung in Workflows. Ein wesentlicher Punkt, an dem Modelle des Workflowmanagements von den realen Prozessen abweichen, ist die Dynamik der Veränderung von Prozessabläufen. Das heißt, dass es regelmäßige Abweichungen von der vorgeplanten Prozessreihenfolge gibt, die durch eine Anpassung des Prozessmodells unterstützt werden müssen [HUPE 2009, S. 23]. Diese dynamischen Anpassungen lassen sich in einmalige und permanente Änderungen des Prozessmodells unterteilen. Eine einmalige Änderung ist beispielsweise die Anpassung der Reihenfolge der Aktivitäten in einem Prozess, eine permanente Änderung ist die Evolution einer Prozessdefinition, die in der Regel über eine Versionierung der Prozessmodelle gehandhabt wird. Ein generelles Problem ist in diesem Zusammenhang, festzulegen, welche Änderungen an den Prozessinstanzen und -definitionen zugelassen werden. HUPE trifft eine Unterscheidung in Prozessanpassungen auf Definitions- und Instanzebene (siehe Bild 4.1) [HUPE 2009, S. 40]. Im Rahmen dieser Arbeit wird von einem zu Grunde liegenden generischen Entwicklungsprozessmodell ausgegangen, das bei Bedarf erweitert werden kann. Der Fokus der Betrachtungen liegt dagegen auf einer Unterstützung und einfachen Anpassung der Prozesse auf Instanzebene.



**Bild 4.1 Formen der Prozessanpassung [HUPE 2009, S. 40]**

In Kapitel 2.1 wurden zwei Ansätze zur Prozessorganisation vorgestellt. Sowohl der Geschäftsprozessmanagement-Kreislauf nach ALLWEYER als auch die Prozessorganisation nach HORVÁTH et al. sind aber auf einer so abstrakten Ebene beschrieben, dass sich konkrete Empfehlungen zum Management von Produktentwicklungsprozessen nicht ableiten lassen. Somit besteht an dieser Stelle Bedarf nach einem Ansatz, der die Spezifika der Produktentwicklung mit einbezieht. Die in dieser Arbeit entwickelten Methoden und Ansätze leisten dazu einen Beitrag.

Die situationspezifische Entwicklungsprozessplanung soll die Unternehmen befähigen, einen Schritt hin zur „Real Time Enterprise“ zu schaffen. Darunter wird die Fähigkeit eines Unternehmens verstanden, auf wichtige Ereignisse so schnell reagieren zu können, wie dies der jeweiligen Situation angemessen ist. Die Real Time Enterprise überträgt den Echtzeit-Begriff auf den betriebswirtschaftlichen Bereich. Dieser soll im Rahmen der vorliegenden Arbeit um Aspekte der Produktentwicklung ergänzt werden. Die Ziele der Real Time Enterprise sind die Verarbeitung gewöhnlicher Ereignisse im operativen Betrieb, die Behandlung von Störungen und Ausnahmefällen, die Bereitstellung aktueller Informationen als Entscheidungsgrundlage sowie eine schnelle Anpassung von Geschäftsprozessen [ALLWEYER 2007, S. 400f]. Diese Arbeit verfolgt die genannten Ziele im Bereich der Planungsunterstützung für Produktentwicklungsprozesse.

## 4.2 Prozessmodelle

Da ein Prozessmodell als Basis für die situationspezifische Planung von Produktentwicklungsprozessen unerlässlich ist, werden einige in Literatur und Industrie eingesetzte Prozessmodelle vorgestellt. Dies umfasst den Aufbau bestehender Modelle, eine grundsätzliche Unterscheidung unterschiedlicher Arten von Prozessmodellen sowie eine Diskussion der Vor- und Nachteile der bestehenden Modelle.

Es existieren drei grundlegende Arten der Prozessbeschreibung:

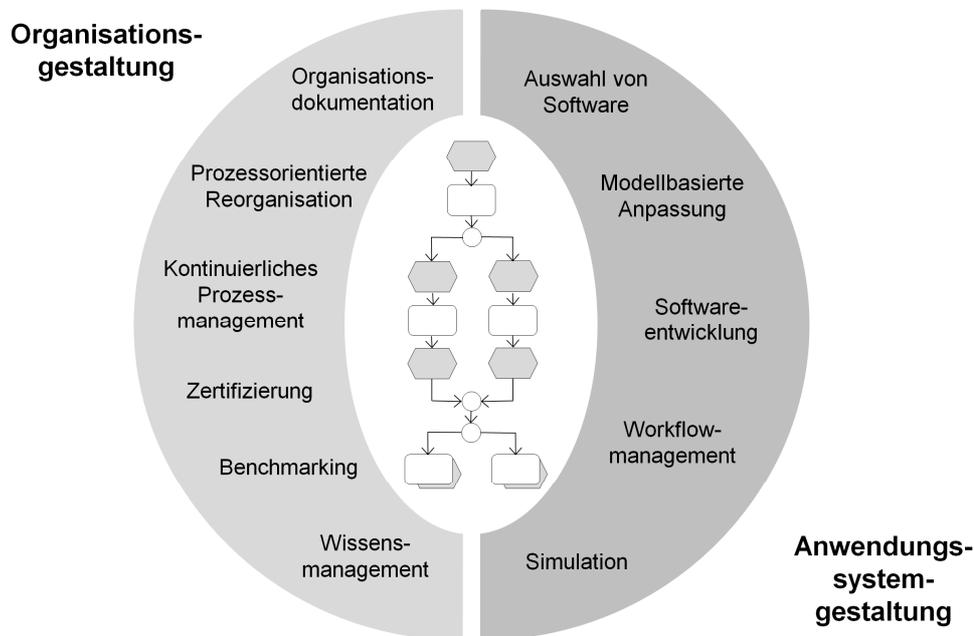
- präskriptive,
- proskriptive und
- deskriptive Modelle.

Bei den präskriptiven Modellen wird der Ablauf vorgeschrieben. Auf diese Art und Weise werden Prozesse von schwach strukturierten bis hin zu präzise vorbestimmten Abläufen und Aufgaben, abgebildet. Der Vorteil dieser Modelle ist, dass die Prozesse plan- und messbar werden. Der große Nachteil ist, dass beim Einsatz dieser Modelle nicht flexibel auf Änderungen reagiert werden kann. In proskriptiven Modellen werden nur Vorgaben darüber getroffen, welche Schritte im Prozess nicht erlaubt sind. Dies macht sie für Geschäftsprozesse kaum bis gar nicht einsetzbar, da keinerlei Beschreibung der auszuführenden Schritte vorgenommen wird. Deskriptive Modelle beschreiben schließlich laufende oder bereits abgeschlossene Prozesse. Sie dienen daher in erster Linie der Prozessanalyse und sind kaum zur Planung von Prozessen einsetzbar. [HUPE 2009, S. 12]

Unterschiedliche Arten von Prozessmodellen dienen als unterschiedliche Sichten auf die Prozesse im Unternehmen. Sie bilden verschiedene Aspekte der Prozesse ab, wie beispielsweise Informationsflüsse, Arbeitsabfolgen und Verantwortlichkeiten. Diese Aspekte dienen jeweils unterschiedlichen Zielsetzungen von Prozessmodellen. Bevor Prozesse modelliert werden, sollte nach BECKER et al. 2005 der Zweck der Modellierung geklärt und eine dem Ziel entsprechende Abbildung der Prozesse ausgewählt werden. Verschiedene Einsatzzwecke von Prozessmodellen sind in Bild 4.2 aufgeführt.

Für die Modellierung der Prozesse legt BLESSING Wert auf die Art der Transformation im Prozess und unterscheidet entsprechend zwischen problemorientiertem und produktorientiertem Prozesskonzept. Sie beschreibt Stages und Aktivitäten, die in einer

Design Matrix gegenübergestellt werden. Die Stages sind eine Unterteilung des Prozesses, die sich auf den Status des zu entwickelnden Produktes beziehen (z. B. Problemdefinition, Konzept, Ausgestaltung von Einzelteilen), Aktivitäten unterteilen den Prozess in Bezug auf den eigentlichen Problemlöseprozess (z. B. Generieren und Evaluieren von Lösungen).



**Bild 4.2 Einsatzzwecke von Prozessmodellen [BECKER et al. 2005, S. 57]**

In der Design Matrix werden die Elementarstages in den Zeilen und die Aktivitäten in Spalten dargestellt um notwendige Operationen für einen spezifischen Entwicklungsprozess abzuleiten und zu dokumentieren. Diese Matrix kann auf verschiedenen Detaillierungsebenen des Produktes (Gesamtprodukt, Komponenten, Teile) aufgebaut werden. Das Modell beschreibt die prinzipiellen Schritte zur Lösung eines Entwicklungsproblems ohne die Reihenfolge der Aktivitäten für einen bestimmten Fall vorzugeben. Dies macht es zu einem universell einsetzbaren Modell des Produktentwicklungsprozesses. Es soll im Gegensatz zum hier entwickelten Vorgehen eher die strukturierte Dokumentation und das Wiederauffinden von Projektdaten unterstützen, als die in dieser Arbeit angestrebte Planung der Entwicklungsprozesse.

Um den bei BLESSING dargestellten Konflikt zwischen zu allgemeingültiger Prozessbeschreibung anhand eines Vorgehensmodells und einer zu detaillierten Prozessbeschreibung auf Aufgabenebene zu lösen, wird vielfach die Verwendung generischer Prozessmodelle vorgeschlagen. Diese Modelle sehen unterschiedliche Detaillierungsstufen der Prozessbeschreibung vor und erlauben eine Auswahl und Anpassung der Prozessschritte auf operativer Ebene. Generische Prozessmodelle basieren dabei auf der reinen Dokumentation und Klassifikation von Teilprozessen und werden meist in sogenannten Wissensbasen aufgebaut. Das Projektplanungstool ProNavigate beispielsweise kann die Rolle einer solchen Wissensbasis einnehmen. Es weist Funktionalitäten zur Prozessabbildung, eine Prozessbibliothek sowie Möglichkeiten zur Prozessoptimierung hinsichtlich Parallelisierung, Reduzierung von Liegezeiten und zur Terminverfolgung auf [PRINZLER 2004, S. 62].

Es liegen weiterhin bereits Ansätze vor, auf Basis generischer Prozessmodelle die Prozessketten entsprechend spezifischer Randbedingungen der Produktentwicklung auszuprägen [z. B. GAUSEMEIER et al. 2004, REDENIUS et al. 2004]. Diese Ansätze erlauben zwar die spezifische Modellierung zu Beginn des Projektes, sehen aber nicht explizit die Auswahl weiterer Schritte und Anpassung des Prozesses im Verlauf der Entwicklung vor.

Wie dargelegt, ermöglichen generische Prozessmodelle die Darstellung der Prozesse auf unterschiedlichen Detaillierungsebenen. Dies macht die Bestimmung der richtigen Detailtiefe der Prozessabbildung zu einer weiteren Frage in Bezug auf die Prozessmodellierung. Die geeignete Granularitätsstufe kann nicht im Allgemeinen bestimmt werden, ist aber für die Zielerreichung wichtig. Die Detailtiefe der Prozessabbildung ist folglich abhängig vom Ziel der jeweiligen Modellierung und Planung. So ist beispielsweise für die Forschung im Bereich der kognitiven Entwicklung eine sehr detaillierte Prozessbeschreibung notwendig, während für die Beschreibung und Analyse des Multiprojektmanagements in der Regel eine grobe Prozessbeschreibung ausreichend ist.

Im Folgenden werden, aufbauend auf diesen allgemeinen Beschreibungen der Darstellung von Prozessmodellen, einige Methoden zur Prozessmodellierung vorgestellt, bevor in Kapitel 4.2.2 allgemeine Modelle zur Abbildung von Produktentwicklungsprozessen beschrieben werden.

### 4.2.1 Methoden der Prozessmodellierung

Zur Darstellung von Prozessen jeglicher Art können unterschiedliche Methoden der Modellierung gewählt werden. Einige dieser Methoden zur Prozessmodellierung, die häufig zur Abbildung von Produktentwicklungsprozessen Verwendung finden, werden im Folgenden diskutiert.

Die Methoden und Werkzeuge zur Beschreibung von Entwicklungsprozessen wurden in den letzten Jahren stetig verbessert, sodass mittlerweile zahlreiche Ansätze mit spezifischen Stärken und Anwendungsgebieten verfügbar sind. Beispiele für diese Methoden sind die Structured Analysis and Design Technique (SADT) [MARCA et al. 1988], Ereignisgesteuerte Prozessketten EPK [SCHEER 1994], der objektorientierte Modellierungsansatz OMEGA (Objektorientierte Methode für die Geschäftsprozessmodellierung und -analyse) [LEWANDOWSKI 2000] oder auch Petri-Netze [ROSEMANN 1995]. Um einen Überblick über vorhandene Methoden der Prozessmodellierung zu geben, wird die Aufstellung und Bewertung von BAUMBERGER herangezogen und in Tabelle 4.1 dargestellt.

Entwicklungsprozesse können mit den dargestellten Modellierungsmethoden aufgrund der Objektorientierung auf unterschiedlichen hierarchischen Ebenen theoretisch beliebig detailliert beschrieben werden. Der Detaillierungsgrad ist aber in der Praxis aufgrund der geringen Strukturiertheit von Entwicklungsprozessen und der nicht mehr beherrschbaren Komplexität auf einer feingranularen Beschreibungsebene beschränkt [SCHMITT 2001, S. 48].

Tabelle 4.1 Methoden der Prozessmodellierung im Überblick [nach BAUMBERGER 2008, S. 140f]

Bezeichnung	Kurzbeschreibung	Bewertung
Petri-Netze [u. a. ROSEMANN 1995, S. 52 f.]	Petri-Netze stellen eine abstrakte und formale Methode zur Beschreibung von Abläufen auf Basis der Graphentheorie dar. Hierbei werden aktive (Zustandsveränderungen) und passive Knoten (Systemzustände) sowie verbindende Kanten unterschieden. Mit der Methode werden vor allem logische Ablaufbeziehungen abgebildet.	Petri-Netze sind vor allem zur Simulation von beliebigen Abläufen geeignet. Da einzelne Zustandsübergänge modelliert werden, ist das Detaillierungsniveau der Methode sehr hoch. Es können jedoch keine Prozessbausteine gebildet werden und der Informationsgehalt der einzelnen Modellelemente ist eher gering.
Structured Analysis and Design Technique (SADT) [u. a. MARCA et al. 1988]	Die Structured Analysis and Design Technique (SADT) ist eine graphische Beschreibungsmethode, die aus Prozessaktivitäten und verbindenden Pfeilen besteht. Mit SADT kann eine sehr präzise Modellierung der notwendigen Eingangsgrößen, Transformationsaktivitäten und Ausgangsgrößen von Prozessen vorgenommen werden. SADT basiert dabei auf einer stark hierarchischen Prozessdarstellung.	SADT ist eine verbreitete Methode zur Modellierung von Entwicklungsprozessen. Die Prozessaktivitäten enthalten wesentliche Beschreibungselemente für Entwicklungsprozesse. Der Detaillierungsgrad kann hierbei flexibel gewählt werden. Allerdings ist der Modellaufbau kompliziert und wird schnell unübersichtlich. SADT stellt dennoch eine wesentliche methodische Basis auch für andere Modellierungsansätze dar.
Netzplantechnik [u. a. BURGHARDT 2008, S. 217 ff.]	Netzplantechniken werden vor allem im Projektmanagement zur Terminplanung eingesetzt. Die zugeordneten Methoden erlauben eine gute Darstellung von Abläufen auf vergleichsweise grobem Detaillierungsniveau. Netzpläne bilden nur Vorgänge und zeitliche Abhängigkeiten, aber keine Eingangs- und Ausgangsgrößen oder andere Prozessinformationen ab.	Die Netzplanmethoden bieten vor allem Unterstützung bei der Termin- und Kapazitätsplanung in Projekten, unterstützen aber die Modellierung von Entwicklungsprozessplänen nur unzureichend. Wesentliche Prozesselemente (z. B. unterstützende Methoden, Eingangs- und Ausgangsinformationen) können hierbei nicht abgebildet werden.
Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK) [z. B. BECKER et al. 2003, S. 65 ff.]	Ereignisgesteuerte Prozessketten basieren auf der Methode der Petri-Netze. Sie bilden vor allem Zustände und Zustandsübergänge sowie damit verknüpfte Elemente ab. Die Methode kann Prozesse auf sehr detailliertem Niveau abbilden und wird vor allem zur formalen Beschreibung von Unternehmensprozessen genutzt.	Ereignisgesteuerte Prozessketten werden sehr schnell komplex, umfangreich und unübersichtlich und sind daher vor allem zur Abbildung von eng begrenzten Prozessausschnitten auf hohem Detaillierungsniveau (z. B. Workflows) geeignet.
Objektorientierte Methode für die Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA) [FAHRWINKEL 1995]	OMEGA stellt eine objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung dar, mit der wesentliche Beschreibungsobjekte der Aufbauorganisation sowie von Geschäftsprozessen mittels einer festgelegten, graphisch unterstützten Notation beschrieben werden können. OMEGA unterstützt v. a. Reorganisationsprojekte.	Der Abbildungsumfang von OMEGA ist sehr umfangreich. Durch die vielen Vernetzungen zwischen den Prozessschritten und zwischen unterschiedlichen Detaillierungsniveaus wird die Prozessdarstellung sehr komplex. Die Strukturierung der Objekte ist allerdings beispielhaft und könnte in weiten Teilen übernommen werden.
Prozessplan (Proplan) [TRÄNCKNER 1990]	Der Prozessplan stellt eine semiformale Methode zur Abbildung und Optimierung von Auftragsabwicklungsprozessen dar. Das Detaillierungsniveau ist vergleichsweise hoch und erlaubt die Verfolgung eines Auftrags/Objekts durch das Unternehmen. Für die Modellierung werden definierte Prozesselemente verwendet, die Grundfunktionen des	Die Methode erlaubt durch die vordefinierten Prozessfunktionen eine sehr strukturierte Abbildung des Prozesses auf einem angemessenen Detaillierungsniveau. Allerdings sind wesentliche Beschreibungsgrößen in den Prozesselementen nicht enthalten, z. B. detaillierte Ein- und Ausgangsgrößen. Die Prozesselemente berücksichtigen zudem

	Auftragsabwicklungsprozesses darstellen. Verknüpfungen zwischen den Prozesselementen lassen sich sehr gut abbilden und mit Ausgangswahrscheinlichkeiten belegen.	keine spezifischen Entwicklungsfunktionen. Außerdem fehlt der konkrete Anforderungsbezug. Der Prozess wird vielmehr auf Gesamtauftragsebene betrachtet.
K3-Modellierung [EGGERSMANN et al. 2003, S. 78 f.]	Auch der K3-Modellierungsansatz erlaubt eine semiformale Darstellung von Prozessen, wobei vor allem Kommunikationsbedürfnisse und die Verknüpfung betrieblicher Funktionen (Koordination) dargestellt werden sollen. Auch hier werden verschiedene generische Aktivitätentypen unterschieden.	Vor allem die Abbildung der Prozesse in Bearbeitungsbahnen (Swimlanes) erscheint als guter Ansatz für die Modellierung paralleler, produktbezogener Entwicklungsprozesse.
Konstruktionslandkarte [JAHN 2002]	Mit der Konstruktionslandkarte werden Hauptarbeitsschritte und Ergebnisse des Konstruktionsprozesses als Knoten dargestellt und über Pfeile miteinander verknüpft. Dies dient vor allem der anschaulich- bildhaften Protokollierung realer Konstruktionsprozesse.	Die Methode eignet sich vorrangig zur Abbildung realer Konstruktionsprozesse. Durch die Vorgabe von Schritten und Ergebnissen ist der Abbildungsumfang aber eher gering und spezifisch. Außerdem wird die Darstellung bei komplexen Prozessen unübersichtlich.
Konstruktionstechnische Ordnungsmatrix [MÜLLER 1991, S. 101 ff.]	Mit der konstruktionstechnischen Ordnungsmatrix erfolgt eine Abbildung von Konstruktionsprozessen durch Verknüpfung vordefinierter Eingangs- und Ausgangszustände auf Basis eines aktivitätsorientierten Graphen. Die Eingangs- und Ausgangszustände werden in einer Matrix dargestellt. Zur Verknüpfung wird eine Liste vordefinierter Operatoren verwendet.	Die konstruktionstechnische Ordnungsmatrix ist der Konstruktionslandkarte sehr ähnlich und weist damit grundsätzlich dieselben Schwachstellen auf. Allerdings ist der Abbildungsumfang größer. Die vordefinierten Operationen können als gute Ausgangsbasis für die Definition von Elementarfunktionen des Entwicklungsprozesses herangezogen werden.
Prozessbasiertes Konstruktionssystem PROSUS [BLESSING 1994]	Bei PROSUS werden Konstruktionsablauf und -ergebnisse mittels einer in Phasen und Aktivitäten vorstrukturierten Matrix aufgenommen. Dies erfolgt auf verschiedenen Produktstrukturebenen. Zudem werden Grundtätigkeiten zur Prozessstrukturierung verwendet.	PROSUS erlaubt eine sehr flexible Dokumentation von Prozesswissen und Ergebnissen, was vor allem auf die offene Struktur der Matrix zurückzuführen ist. Allerdings fehlt eine ablauforientierte Modellnotation und der Zugriff auf das Prozesswissen wird nur unzureichend unterstützt.
Entwicklungsprozessbausteine [BICHLMAIER 2000; GRUNWALD 2002]	Die Modellierung von Entwicklungsprozessen mittels Prozessbausteinen basiert auf der Verwendung von Prozessmodulen. Die innere Struktur der Module ist hierbei an SADT angelehnt. Die Vernetzung bzw. Konfiguration der Module erfolgt auf Basis definierter Verknüpfungsmöglichkeiten unter Angabe der jeweiligen Eingangs- und Ausgangsinformationen/-dokumente. Die Bausteine lassen sich zudem situationsspezifisch ausprägen.	Prozessbausteine unterstützen vor allem eine flexible Modellierung von Entwicklungsprozessen. Sie weisen eine formale Struktur auf und enthalten die wesentlichen Beschreibungselemente. Zudem erlauben sie einen konkreten Produktbezug. Prozessbausteine ermöglichen damit eine sehr genaue, aber gleichzeitig aufwandsarme Prozessmodellierung.

Weiterhin wird die eigentliche Planung bzw. Gestaltung von Produktentwicklungsprozessen durch diese Modellierungssprachen wenig unterstützt. Das heißt, dass zwar die Abbildung und Vernetzung der einzelnen Prozessschritte beschrieben wird, aber keine Entscheidungshilfen für die Auswahl und situationsgerechte Verknüpfung der Schritte bereit gestellt werden. Die meisten bestehenden Ansätze weisen ein rein ablauforientiertes Prozesskonzept auf, bei dem die Prozessschritte über Eingangs- und Ausgangsinformationen bzw. -dokumente miteinander verknüpft werden.

Die vorgestellten Methoden, die zwar für die Abbildung von Produktentwicklungsprozessen genutzt werden, unterstützen aber vor allem die Abbildung und Planung bekannter und gut strukturierter Prozesse. Klassische Workflow- und PDM-Ansätze, die auf diesen Modellierungsmethoden aufbauen, sind entsprechend zu unflexibel in Bezug auf die Planung und Durchführung von Produktentwicklungsprozessen. In der Praxis unterstützen sie vor allem den Produktionsbereich und sind in der Entwicklung für verhältnismäßig gut strukturierte Änderungs- und Kooperationsprozesse untersucht und verfügbar [siehe z. B. SCHMITT 2001, BECKER et al. 2003, VERSMOLD et al. 2005].

#### 4.2.2 Modelle zur Darstellung von Produktentwicklungsprozessen

Neben den allgemein anwendbaren Methoden der Prozessmodellierung, gibt es einige definierte Vorgehensmodelle und Prozesse, die zur Unterstützung der Durchführung von Produktentwicklungsprozessen entwickelt wurden. Dazu gehören das Vorgehensmodell nach Pahl/Beitz [PAHL et al. 2007], die VDI-Richtlinien 2221-2223 [VDI 1993, VDI 1997, VDI 2004b] sowie die VDI-Richtlinie 2206 „Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme“ [VDI 2004a], das 3-Zyklen-Modell [GAUSEMEIER et al. 2009] und das V-Modell XT [HÖHN et al. 2008], das hauptsächlich in der Informatik Anwendung findet.

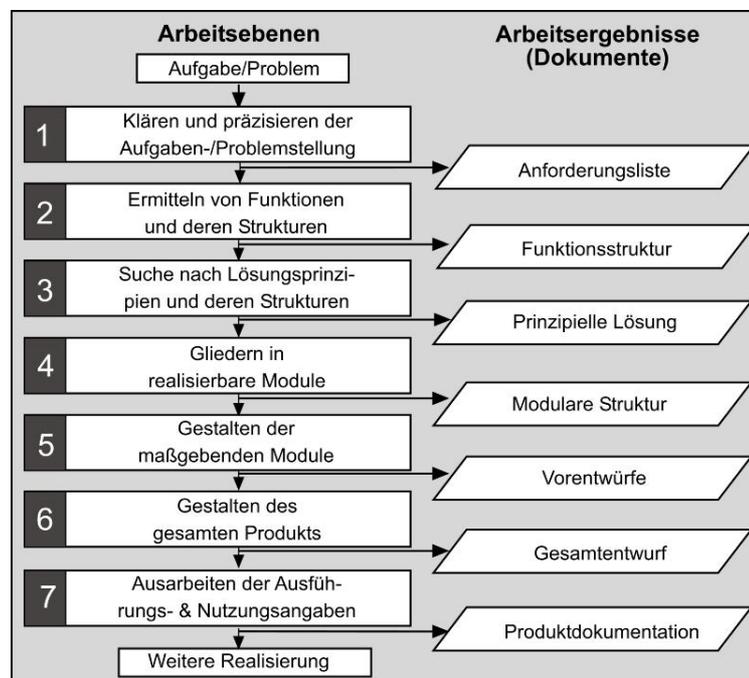
Besonders die erstgenannten Modelle haben den Anspruch allgemeingültig anwendbar zu sein, was im Gegenzug dazu führt, dass sie keine ausreichend detaillierte Unterstützung in der Durchführung von Entwicklungsprozessen leisten können [GAUSEMEIER et al. 2008a, GAUSEMEIER et al. 2008b]. Zur Unterstützung der Prozessplanung in spezifischen Entwicklungssituationen ist weder die notwendige feine Granularität hinsichtlich der Abbildung von Teilprozessen oder Tätigkeiten gegeben [BÜRCEL et al. 1996, S. 187], noch wird der Kontext der Planungssituation berücksichtigt. Prozessrelevante Aspekte der Produkthanforderungen, wie zum Beispiel die geplante Stückzahl, fließen ebenfalls nicht mit ein. Schließlich fehlt es diesen Modellen an Möglichkeiten zur aufwandsarmen Adaption vorhandener Entwicklungsprozesse an neue Entwicklungssituationen. Es besteht bei diesen Modellen demnach ein Widerspruch zwischen hoher Allgemeingültigkeit und situationsspezifischer Aussagekraft.

Aufgrund ihrer weiten Verbreitung und als Vergleichsgröße für das in dieser Arbeit vorgestellte Prozessmodell werden im Folgenden die VDI-Richtlinien 2221 und 2206 sowie das V-Modell XT vorgestellt.

In der VDI-Richtlinie 2221 „Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte“ [VDI 1993] wird ein generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren vorgestellt (siehe Bild 4.3). Das Vorgehen ist in sieben Hauptschritte gegliedert und zeigt die Analogie zum Vorgehen nach Pahl/Beitz [PAHL et al. 2007] mit den Phasen Planen, Konzipieren, Entwerfen und Ausarbeiten auf.

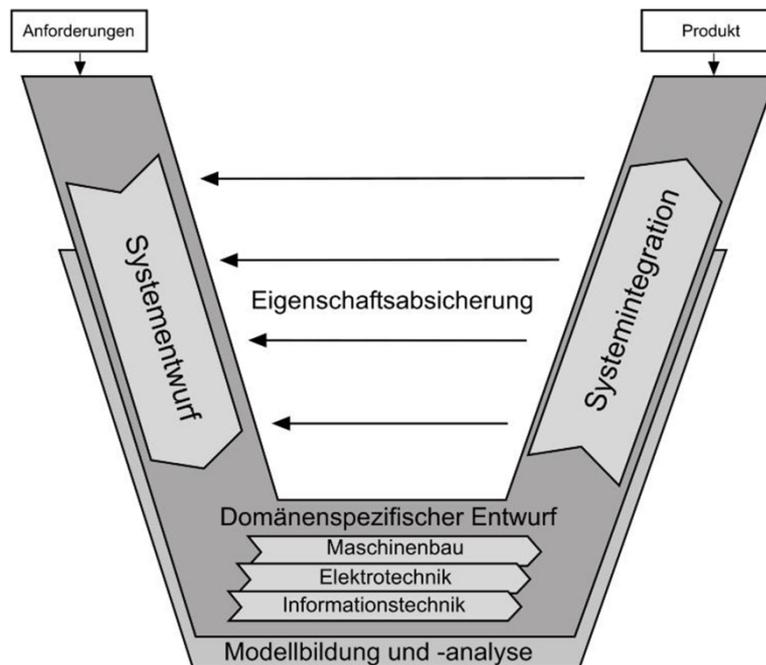
Das Vorgehen bleibt mit seinen sieben Schritten sehr allgemein, auch wenn die Schritte in den VDI-Richtlinien 2222 und 2223 [VDI 1997, VDI 2004b] teilweise etwas näher ausgeführt werden. Das macht das Modell zwar allgemein anwendbar, reicht aber nicht aus, um konkret im Unternehmen das Vorgehen in der Produktentwicklung zu planen. Weiterhin enthält die VDI 2221 keinen Schritt, der sich auf die Absicherung des Produktes in Hinblick z. B. auf

Kosten und Qualität bezieht. Die Produktabsicherung wird aber gerade vor dem Hintergrund immer stärker integrativer Produkte (Integration von Software und Elektronik in früher mechanische Produkte) für die Sicherstellung der Produktfunktion immer relevanter.



**Bild 4.3** Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren nach VDI 2221 [VDI 1993, S. 9]

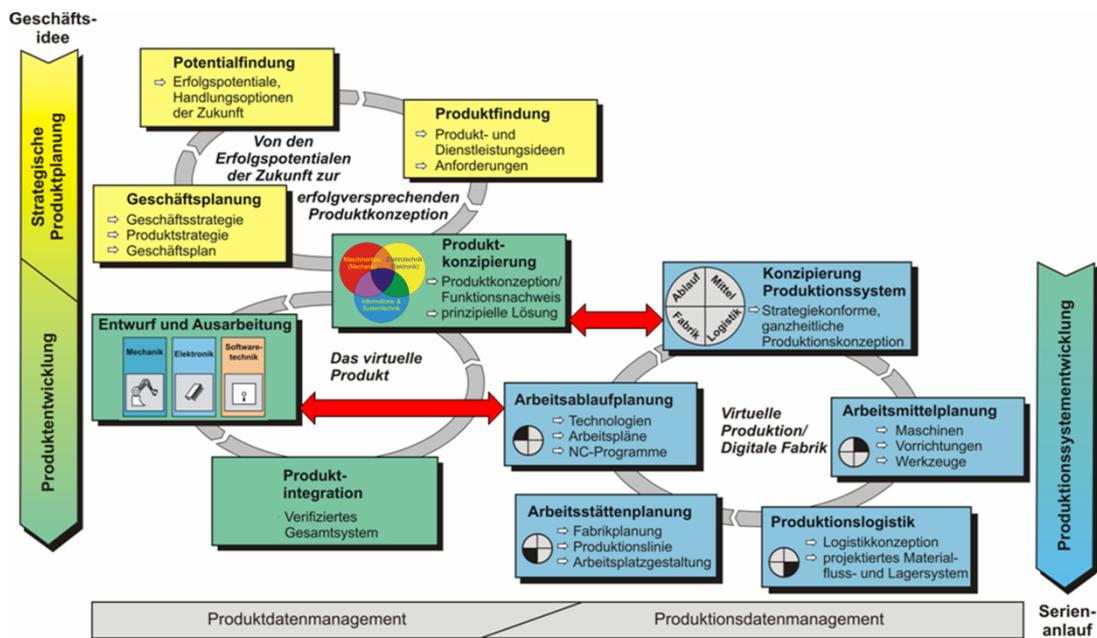
Die VDI-Richtlinie 2206 [VDI 2004a] beschreibt eine Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme. Der Begriff Mechatronik wird in der Richtlinie ausführlich diskutiert und für diese Arbeit folgende Definition des Begriffes übernommen: „Mechatronik ist eine synergetische Kombination von Mechanik, Steuerungs-/Regelungstechnik und Informationstechnik beim Entwurf von Produkten und Produktionsprozessen.“ [KYURA et al. 1996, S. 10] In der VDI 2206 wird ein grundsätzliches Vorgehen abgeleitet, das in Bild 4.4 dargestellt ist. Dieses Vorgehen beschreibt die grundsätzlichen Phasen in der Entwicklung mechatronischer Systeme, die entsprechend der Entwicklungsaufgabe auszuprägen sind. Der Ansatz auf Makroebene sowie die teilweise dargestellten allgemeinen Prozessschritte (z. B. Systementwurf, Systemintegration und Eigenschaftsabsicherung) sind zu allgemein beschrieben, um sie direkt auf eine spezifische Aufgabenstellung anwenden zu können. Die in der VDI 2206 vorgesehene Strukturierung des Prozessablaufes anhand eines Problemlösungszyklus beschreibt zwar eine allgemeingültige Vorgehensweise, die wiederum nicht spezifisch genug für die Durchführung der Aufgaben in der Produktentwicklung ist.



**Bild 4.4 Vorgehen nach VDI-Richtlinie 2206 [VDI 2004a]**

Weiterhin ist anzumerken, dass entsprechend der VDI 2206 der domänenspezifische Entwurf in Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik zwar parallel abläuft, aber auch sehr stark unabhängig voneinander. Dies kann zu Problemen in der Systemintegration führen.

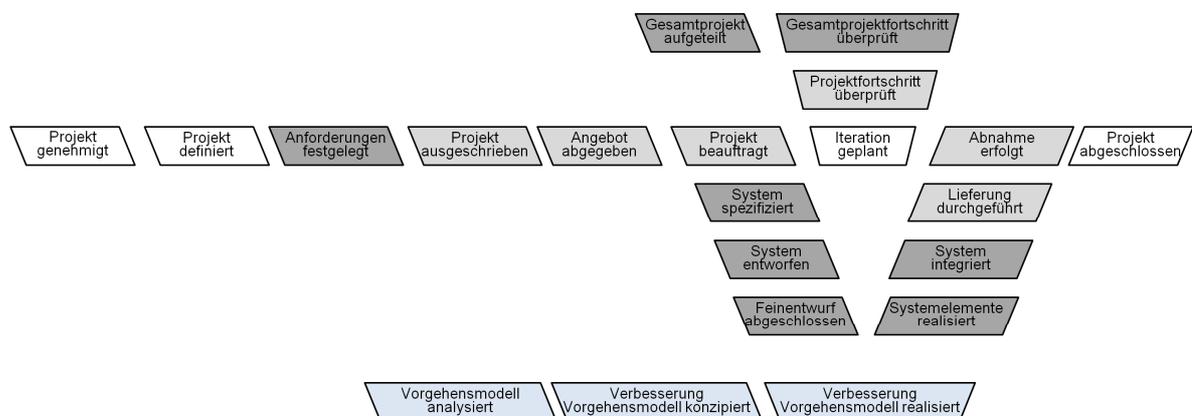
Im 3-Zyklen-Modell [GAUSEMEIER et al. 2009, S. 38ff] wird ein größerer Betrachtungsumfang gewählt, als in den VDI-Richtlinien. Das Modell umfasst den Prozess von der Produkt- bzw. Geschäftsidee bis zum Serienanlauf. Im ersten der drei Zyklen wird besonderer Fokus auf Potentialfindung, Produktfindung und Geschäftsplanung gelegt. Bevor mit der Entwicklung des Produktes begonnen wird, erfolgt demnach eine Einordnung in die Produktstrategie des Unternehmens. Im zweiten Zyklus, der eigentlichen Produktentwicklung, findet die Ausarbeitung des Produktes von der Konzipierung, über den domänenspezifischen Entwurf bis zur Systemintegration statt. Den Startpunkt des dritten Zyklus bildet die Konzipierung des Produktionssystems, das parallel zum Produktkonzept entwickelt und ausdetailliert wird. In der Detaillierung des Produktionskonzeptes werden die Aspekte Arbeitsmittelplanung, Produktionslogistik, Arbeitsstättenplanung und Arbeitsablaufplanung integrativ betrachtet. Dieses Modell bleibt ebenfalls sehr allgemein in der Beschreibung der auszuführenden Schritte, sodass es für den in dieser Arbeit entwickelten Ansatz nicht direkt übertragbar ist. In Bild 4.5 wird das 3-Zyklenmodell zur besseren Übersicht über die Verknüpfungen der Zyklen dargestellt.



**Bild 4.5 3-Zyklus-Modell der Produktentstehung [nach GAUSEMEIER et al. 2009, S. 39]**

Das V-Modell XT [HÖHN et al. 2008] ist ein Vorgehensmodell für die Softwareentwicklung. Es ist die Weiterentwicklung des V-Modells 97 und dessen Vorgänger V-Modell 92, die entwickelt wurden, um die Qualität von IT-Systemen und die Erfolgswahrscheinlichkeit von Softwareentwicklungsprojekten zu erhöhen. Die Namensweiterung „XT“ steht für „extreme Tailoring“ und deutet an, dass die Anpassbarkeit des Modells an die Erfordernisse der Projekte und der Unternehmen ein wesentlicher Bestandteil beim Entwurf des Vorgehensmodells war [FAERBER 2010, S. 16].

Das V-Modell XT adressiert den gesamten Systemlebenszyklus eines Projekts von der internen Genehmigung zum Start, über die Ausschreibung, bis hin zum Abschluss nach erfolgter Inbetriebnahme beim Kunden. Es beschreibt ein standardisiertes Vorgehen, welches sich durch verschiedene Konfigurations- bzw. Tailoring-Mechanismen an die Gegebenheiten des jeweiligen Projekts anpassen lässt.



**Bild 4.6 Das V-Modell XT [V-MODELL® 2008]**

Die Anordnung der einzelnen Schritte erfolgt anhand einer Einschätzung des Projekttyps und kann auf Unter- oder Teilprojekte der Systementwicklung übertragen werden. Eine Standardreihenfolge wird, wie in Bild 4.6 zu sehen ist, zwar angedeutet, aber nicht zwangsweise vorgeschrieben. Dies kommt in der Darstellung dadurch zum Ausdruck, dass die einzelnen Schritte des Modells nicht miteinander verbunden sind.

Im V-Modell XT werden neben den in Bild 4.6 dargestellten Schritten die Aktivitäten und Rollen für die Projektabwicklung beschrieben. Der wesentliche Nachteil des V-Modells im Kontext dieser Arbeit ist seine starke Fokussierung auf Softwareentwicklungsprojekte, die den Gegebenheiten der Entwicklung mechanischer Komponenten nicht gerecht wird. In Bezug auf die anderen Zielsetzungen, wie Flexibilität, Projektanpassung und Betrachtung unterschiedlicher Rollen liefert es einen wichtigen Input für die hier entwickelten Ansätze.

### 4.3 Schwächen bestehender Workflowmanagementsysteme

Workflowmanagementsysteme (WFMS) werden in Unternehmen für die Durchführung einer großen Zahl unterschiedlicher Prozesse genutzt. Zur Unterstützung von Produktentwicklungsprozessen sind die bisher vorliegenden Systeme aber noch nicht ausreichend geeignet. Die Vorteile von WFMS bestehen in der [ALLWEYER 2007, S. 326]:

- Aufhebung von Medienbrüchen,
- Überwindung von Systembrüchen,
- Parallelisierung von Teilprozessen,
- Verringerung von Kosten und Zeitverzögerungen durch den Transport von Papierdokumenten,
- Sicherstellung der Einhaltung des definierten Prozesses,
- freien Definition der Prozesse,
- Erleichterung bei der Funktionsdurchführung,
- besseren Einhaltung von Terminen und maximalen Durchlaufzeiten,
- höheren Transparenz und besseren Auskunftsfähigkeit.

Diese Ziele sollen weitgehend durch die in dieser Arbeit entwickelte Unterstützung der Prozessplanung von Produktentwicklungsprozessen erreicht werden. Allerdings gehören die Aufgaben in der Entwicklung nicht zur Klasse der Aufgaben, die von WFMS unterstützt werden können, wie in Kapitel 2.6 bereits beschrieben wurde.

Schwach strukturierte Prozesse, die einen hohen individuellen und kreativen Anteil enthalten und nie in derselben Form wiederholt werden, wie z. B. Entwicklungsprozesse, lassen sich durch WFMS nur schlecht unterstützen. Dies liegt in den Nachteilen von WFMS begründet, die eine direkte Kommunikation zwischen unterschiedlichen Systemen kaum unterstützen, und recht starre Prozessdefinitionen erfordern, bei denen jede Variante im Voraus bekannt sein muss [ALLWEYER 2007, S. 343]. Dies bedeutet, dass sie nur vollständig vorauskoordinierbare Prozesse unterstützen. Ein Geschäftsprozess ist nur dann vollständig vorauskoordinierbar, wenn er keine unstrukturierten Aktivitäten und freien Entscheidungen beinhaltet. Vorauskoordination bedingt geschlossene Workflows und im Vorhinein bekannte Regelsysteme [QUINT 2004, S. 119]. Dies ist aber für Produktentwicklungsprozesse nicht der Fall.

QUINT stellt in seiner Arbeit sowohl unterschiedliche Arten von Workflows vor (siehe Bild 4.7) als auch unterschiedliche Integrationsstufen von WFMS, mit denen die unterschiedlichen Workflowarten unterstützt werden können [QUINT 2004, S. 81]. Wie die Unterteilung der Workflows nach GADATSCH zeigt, sind Entwicklungsprozesse freie Workflows, die als nicht modellierbar für WFMS gelten. Dementsprechend sind klassische Workflowmanagementanwendungen nicht für die Unterstützung flexibler Produktentwicklungsprozesse einsetzbar [GADATSCH 2010, S. 32].

<b>Automatisierte Workflows:</b>	<b>Teilautomatisierte Workflows:</b>	<b>freie Workflows:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- vollständig strukturierte Arbeitsabläufe</li> <li>- stark repetitiver Charakter der Arbeitsabläufe</li> <li>- keine Freiheitsgrade für den Bearbeiter bei der Ablaufsteuerung</li> <li>- alle Arbeitsschritte sind im voraus definierbar</li> <li>- Bsp.: Bearbeitung von Reisekostenabrechnungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nicht vollständig strukturierbare Arbeitsabläufe</li> <li>- Arbeitsabläufe sind nur teilweise repetitiv</li> <li>- Ablaufsteuerung birgt gewisse Freiheitsgrade für den Bearbeiter</li> <li>- Arbeitsschritte sind nur teilweise im Voraus definierbar</li> <li>- Bsp.: Bearbeitung von Kundenreklamationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nicht strukturierbare Arbeitsabläufe</li> <li>- kaum Anteile mit repetitiven Elementen</li> <li>- sehr hohe Freiheitsgrade für den Bearbeiter bei der Ablaufsteuerung</li> <li>- Arbeitsschritte sind nicht im voraus definierbar</li> <li>- Bsp.: Entwicklung eines Marketingkonzeptes</li> </ul>
← <b>modellierbar</b> →		← <b>nicht modellierbar</b> →

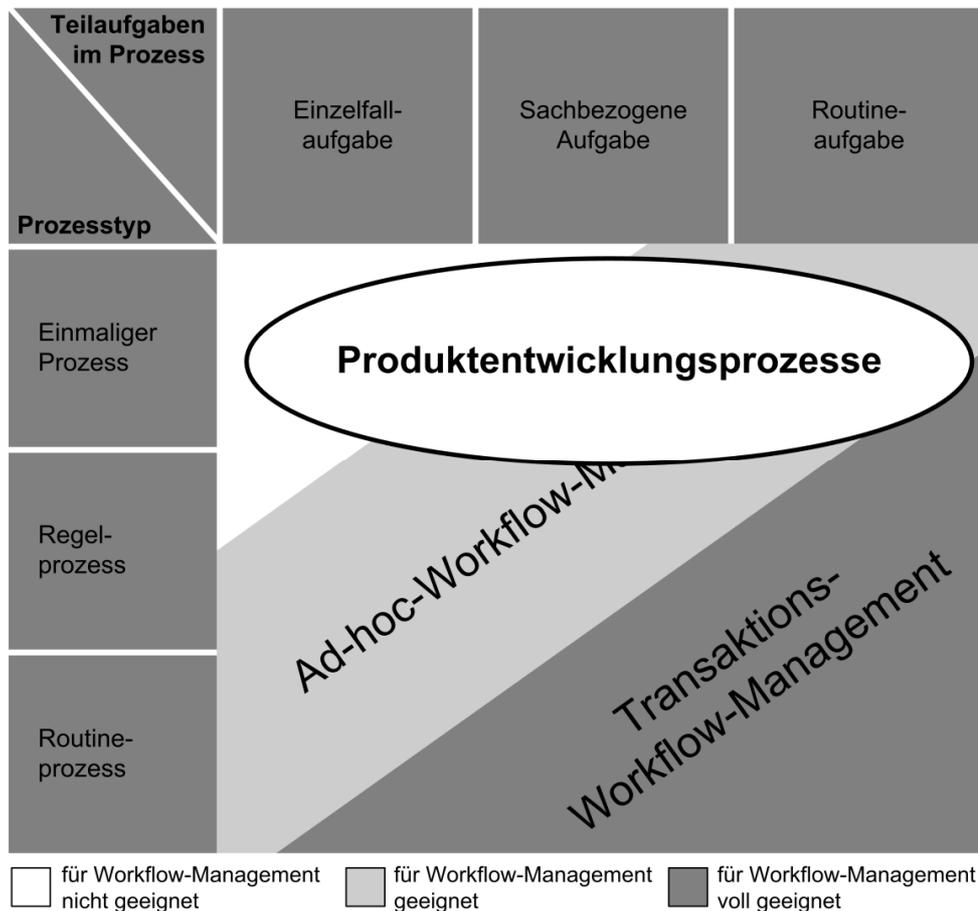
**Bild 4.7 Workflows nach dem Strukturierungsgrad [QUINT 2004, S. 81]**

In welchem Umfang eine Workflowunterstützung für Entwicklungsprozesse im Rahmen dieser Arbeit umgesetzt wird, wird anhand der unterschiedlichen Integrationsstufen von WFMS erläutert. Es gibt fünf unterschiedliche Unterstützungsgrade, die in WFMS umgesetzt werden [GADATSCH 2010, S. 61]:

- Stufe 0: Durchführung freier Workflows ohne Applikationsunterstützung. WFMS ermittelt Bearbeiter, erzeugt Workflow-Instanz und überwacht den Vorgangstatus.
- Stufe 1: Teilautomatisierte Workflows werden manuell ausgeführt. WFMS steuert Sachbearbeiter und schlägt geeignete Anwendungssysteme vor.
- Stufe 2: Teilautomatisierte Workflows werden manuell mit automatischem Anwendungsaufwurf durchgeführt. WFMS steuert Sachbearbeiter an und startet entsprechend des Workflows vordefinierte Anwendungssysteme automatisch.
- Stufe 3: Teilautomatisierte Workflows werden teilweise manuell mit automatischem Anwendungsaufwurf und partiell automatischer Datenintegration durchgeführt. WFMS steuert Sachbearbeiter an, startet Anwendungen und füllt einen Teil der Eingabefelder automatisch mit Daten.
- Stufe 4: Automatisierte Workflows werden ohne manuellen Eingriff komplett durch das WFMS und die angebundenen Anwendungssysteme durchgeführt.

Ziel dieser Arbeit ist es, eine Workflowunterstützung der Stufe 1 zu erreichen. Diese wird durch die angepasste Planung von Teilprozessen und der Zuweisung der Verantwortlichen zu einzelnen Prozessschritten sowie das Vorschlagen von geeigneten Tools zur Durchführung der Prozessschritte umgesetzt.

In Kapitel 2.5 wurden verschiedene Workflowarten vorgestellt, die unterschiedlich gut von WFMS unterstützt werden können. Zur Übersicht werden diese nochmals dargestellt (Bild 4.8) und eine Einordnung von Produktentwicklungsprozessen vorgenommen.



**Bild 4.8 Einsatzgebiete von WFMS-Varianten [nach SCHMIDT 2002, S. 101]**

Produktentwicklungsprozesse sind in der Regel einmalige Prozesse, werden aber in Unternehmen allgemein regelbasiert beschrieben. Es wird entsprechend je nach Aufgabe ein einmaliger oder ein Regelprozess in der Entwicklung angewendet. Die Aufgaben in der Entwicklung können in allen drei charakterisierten Bereichen liegen. Es gibt Einzelfallaufgaben, die nur für das gerade entwickelte Produkt anfallen, sachbezogene Aufgaben, wie beispielsweise die Abstimmung zwischen unterschiedlichen Unternehmensbereichen, und Routineaufgaben, wie z. B. das Protokollieren von Teamtreffen. Nach der dargestellten Einordnung sind Entwicklungsprozesse für das Workflow-Management wie es aktuell umgesetzt ist nur bedingt bis gar nicht geeignet. Daher werden neue Ansätze des Workflow-Managements benötigt, die auch mit Ad-hoc-Workflows und unstrukturierten Workflows umgehen können.

## 4.4 Beschreibung der Entwicklungssituation

Eine zentrale Rolle für den Ansatz zur situationspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen nimmt die Beschreibung der Entwicklungssituation ein, die die Basis für das Vorgehen in der Prozessplanung bildet. Daher wird in der Folge dargestellt, welche Sichtweisen auf die Situation eingenommen werden können, welche Ansätze zur Situationsbeschreibung in unterschiedlichen Domänen (z. B. Psychologie, Linguistik) vorliegen und schließlich, welche Parameter zur Beschreibung von Situationen herangezogen werden können. Die Sichtweisen auf Situationen unterschiedlicher Domänen werden an dieser Stelle allgemein gehalten, die Beschreibungsmöglichkeiten und Parameter werden dann konkreter auf Situationen in der Produktentwicklung bezogen.

Ein wichtiger Punkt der Situationsanalyse ist ihr Einfluss auf die Entscheidungsfindung. Diese wird beispielsweise von GREENHILL und ENDSLEY dargestellt. GREENHILL et al. [2002, S. III] sieht eine Situationseinschätzung als essentiellen Prozess bevor eine Entscheidung getroffen wird. ENDSLEY [1995, S. 32] betont ebenfalls die Wichtigkeit eines Situationsbewusstseins für den Entscheidungsfindungsprozess. Situationsbewusstsein bedeutet für ihn mehr als nur das Bewusstsein über eine große Anzahl unterschiedlicher Daten. Vielmehr sind ein fortgeschrittenes Verständnis der Situation und die Möglichkeit den aktuellen Systemstatus in die Zukunft zu projizieren notwendig. Schließlich hält er fest, dass Personen mit einem guten Situationsbewusstsein mit größerer Wahrscheinlichkeit die richtigen Entscheidungen treffen und in dynamischen Systemen besser arbeiten.

### 4.4.1 Sichtweisen auf die Situation

Aus der bereits in Kapitel 2.4 dargestellten Definition des Begriffes Situation [BROCKHAUS 1998, S. 274] wird deutlich, dass es sehr unterschiedliche Sichtweisen auf die Situation gibt und eine eindeutige Situationsbeschreibung schwierig ist.

Die Betrachtung der Sichten unterschiedlicher Domänen auf die Situation kann einige wichtige Ansatzpunkte für die Berücksichtigung der Entwicklungssituation in der Entwicklungsprozessplanung liefern. Aus der Definition der Existenzphilosophie ist die Betonung der Einmaligkeit und der konkreten Wirklichkeit relevant, seitens der Psychologie deutet die Unterscheidung in subjektive und objektive Situation darauf hin, dass eine eindeutige und objektive Beschreibung der Situation schwierig bis unmöglich ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Situation als Gesamtheit der Umwelt gesehen wird, die darüber hinaus in der Wahrnehmung des Einzelnen interpretiert wird, was eine allgemeine, modellhafte Beschreibung der Situation erschwert. Deutlich wird dies unter Einbeziehung der soziologischen Definition, die besagt, dass es sich bei der Situation um die Handlungsbedingungen als Rahmen der Handlungen von Individuen handelt und dabei entscheidend ist, was das Individuum als situationsrelevant einschätzt und wonach es dementsprechend seine Handlungen ausrichtet. Die Analyse und Beschreibung der Situation ist in der Soziologie schon lange Forschungsgegenstand. So hat beispielsweise YUKL festgestellt, dass Situationsvariable (in dieser Arbeit als Situationsparameter bezeichnet) das Gruppenverhalten sowie das Verhältnis zwischen Führungsverhalten und Teamleistung beeinflussen [YUKL 1969, S. 515]. Dies wurde anhand eines Fragebogens zu 52

Situationsvariablen analysiert und sechs wesentliche Situationsdimensionen identifiziert. Eine derart umfangreiche Situationsanalyse ist aber für die regelmäßige Handhabung in Produktentwicklungsprozessen zu umfangreich.

In der Domäne der Psychologie unterscheiden SAUCIER et al. drei wesentliche Ebenen der Situationseigenschaften [SAUCIER et al. 2007, S. 483ff]:

1. Umwelt- oder physisch-biologische Eigenschaften der Situation sind demnach die objektivsten und am besten zu beobachtenden Situationsfaktoren. Diese beschreiben prototypische Situationen und sind einfach durch Maschinen zu erfassen (z. B. Höhe von Gebäuden, Anzahl von Personen in einem Raum, ...).
2. Kanonische oder einvernehmliche Eigenschaften basieren auf gemeinsamem Gruppenwissen. Situationen wie eine Party, Diskussion, Initiierung einer Bruderschaft etc. werden nach einem substantiellen Element von Gruppenkonsens benannt. Dieses gemeinsame Gruppenwissen resultiert z. B. in gleichem Situationsverhalten und gleicher Interpretation dieses Verhaltens. Kanonische Eigenschaften bauen auf den objektiven Situationseigenschaften auf, überlagern diese aber mit spezifischen kulturellen und gruppenbezogenen Wahrnehmungen. Diese Art von Situationseigenschaften ist schwieriger zu erfassen als die physisch-biologischen Eigenschaften einer Situation.
3. Funktionelle oder subjektive Situationseigenschaften beinhalten nicht zwangsweise Gruppenwissen. Sie sind ausschließlich das, worauf sich das Individuum bezieht. Diese Art Eigenschaften wird durch Äußerungen referenziert wie: „Ich bin müde“, „diese Person erinnert mich an...“. Diese Eigenschaften werden funktionell genannt, da diese Aspekte der Situation für die wahrnehmende Person am hervorstechendsten sind und den größten Einfluss auf ihr Verhalten aufweisen.

Als wichtig in Bezug auf eine Situationseinschätzung wird in diesem Zusammenhang die Eigenständigkeit der drei Ebenen genannt: Obwohl in einigen Fällen eine Ebene die dominante sein kann, liegen in vielen Fällen alle drei Ebenen in Kombination vor. Dabei gibt es Überlagerungen und Interdependenzen der Eigenschaften auf allen drei Ebenen. Dieser Ansatz zeigt die Unmöglichkeit einer vollständigen objektiven Situationsbeschreibung auf.

In der Linguistik bildet die Situation Theory einen Forschungszweig, in dem versucht wird, Situationen und Sprachzusammenhänge über mathematische Modelle zu beschreiben. In diesem Zusammenhang findet demnach ebenfalls eine intensive Auseinandersetzung mit der Situation statt. ZALTA definiert Situationen als Ausschnitte, wie die Welt ist oder gewesen sein könnte [ZALTA 1990, S. 103]. DELVIN dagegen unterscheidet Situationen in solche, die erlebt werden, auf die Bezug genommen wird und Situationen, über die Information empfangen wird. Das Verhalten der Personen variiert demnach systematisch entsprechend der Situation, der die Person gegenübersteht. Im Weiteren stellt er dar, dass es nicht möglich ist, eine präzise Situationsdefinition anhand bekannter mathematischer Konzepte zu finden, sondern dass die Elemente aus denen eine Situation aufgebaut ist bzw. nicht aufgebaut ist, stark vom Betrachtungsgegenstand abhängig sind [DELVIN 1991, S. 32].

Laut SELIGMAN bedeutet die Situation in erster Linie Informationen darüber, dass bestimmte Objekte in einer bestimmten Relation zueinander stehen. Darauf aufbauend definiert er Perspektiven als die Art, einen Teil der Welt zu betrachten bzw. ist eine Perspektive ein Teil

der Welt aus einem bestimmten Blickwinkel betrachtet, wobei der eigene Standpunkt die Perspektive auf alle gesehenen Dinge bestimmt [SELIGMAN 1989, S. 151f]. Eine Perspektive ist dementsprechend eine Klassifikation von Situationen in Kombination mit einer Sammlung von Randbedingungen.

In der Situation Theory werden Situationen weiterhin über Parameter und unter Berücksichtigung von Randbedingungen beschrieben. NAKASHIMA nutzt Parameter zur Situationsbeschreibung als notwendige Hilfsmittel, um die Situationsabhängigkeit von Aktionen und Plänen darzustellen [NAKASHIMA 1990, S. 215]. Diese Beschreibung wird folgendermaßen ergänzt: „Parameter werden in Randbedingungen eingesetzt und, allgemeiner, in der Handhabung von Informationsinhalten, wenn parametrische Sachlagen von Interesse sind.“ [WESTERSTAHL 1989, S. 193]

Was die Anwendbarkeit der Überlegungen der Situation Theory für die Produktentwicklung deutlich einschränkt, ist, dass in der Situation Theory typischerweise angenommen wird, dass ein „Universum“ von strukturierten, informationstheoretischen Objekten vorliegt, also in einem Raum strukturierter Objekte gearbeitet wird [BARWISE et al. 1991, S. 30]. Da diese Strukturiertheit in der Produktentwicklung, wie beispielsweise in 2.2 bereits dargestellt wurde, nicht vorliegt, können auch die mathematischen Modelle zur Situationsbeschreibung nicht übertragen werden. Zur Darstellung der Ambivalenz des Situationsbegriffs und damit der Darstellung der Schwierigkeit einer Modellierung von Situationen können sie dennoch herangezogen werden.

Aus diesen Sichtweisen auf die Situation wird für die vorliegende Arbeit geschlossen, dass eine umfassende, objektive Beschreibung der Entwicklungssituation nicht möglich ist und Ansätze aus anderen Domänen nur sehr eingeschränkt adaptierbar sind. Dies wird als Bestätigung des Ziels der vorgestellten Beschreibung von Entwicklungssituationen angesehen, möglichst wenige, wichtige, objektiv messbare Parameter zu einer bewusst nicht vollständigen Situationsbeschreibung heranzuziehen.

#### 4.4.2 Möglichkeiten der Situationsbeschreibung

Die Schwierigkeit einer Situationsbeschreibung und Definition von Rahmenbedingungen wird zu Beginn dieses Teilkapitels anhand eines einfachen Beispiels aus der Literatur dargestellt [DELVIN 1991, S. 31f]:

„Man nehme die einfache Situation an: Wenn man ein Ei los lässt, fällt es herunter und zerbricht. Auf den ersten Blick scheint dies leicht nachvollziehbar. Aber bei näherer Betrachtung zeigt sich, dass dies nicht allgemeingültig ist. Diese Annahme basiert vielmehr auf einer Reihe von Hintergrundvoraussetzungen. Zunächst gilt die Annahme nur, wenn das Ei im Gravitationsfeld der Erde fallen gelassen wird (oder einem ähnlichen Gravitationsfeld). Weiterhin muss das Ei eine minimale Distanz fallen, um zu zerbrechen. Dann gilt es nur für rohe Eier, obwohl auch für gekochte Eier bei ausreichender Fallhöhe ein Bruch zu beobachten wäre. Weiterhin besteht die Frage, auf welche Art von Oberfläche das Ei fällt, und so weiter. Dieses einfache Beispiel zeigt, dass es allgemein sehr schwierig, wenn nicht unmöglich, ist, mit einem bestimmten Grad von Sicherheit und Exaktheit zu bestimmen, was genau die Rahmenbedingungen sind, unter denen bestimmte Annahmen getroffen werden können. Da

die Rahmenbedingungen wesentlichen Einfluss auf die Situationswahrnehmung haben, kann der gleiche Schluss für Situationsanalysen gezogen werden.“

In der Folge werden einige Ansätze zur Beschreibung von Situationen aus unterschiedlichen Forschungsfeldern vorgestellt, bevor in Kapitel 4.4.3 detaillierter auf mögliche Parameter zur Beschreibung von Entwicklungssituationen eingegangen wird.

FIGGE führt eine Situationsbeschreibung ein, die es ermöglichen soll, mobile Dienste situationsabhängig bereit zu stellen. Er definiert die Situation als dreidimensionalen Raum, der aus den Achsen Nutzeridentität, Zugriffsposition und Zugriffszeitpunkt aufgebaut ist. Dieser Raum spannt alle annehmbaren Zugriffssituationen auf gewisse Services auf. Die tatsächliche Nutzung eines Service durch einen bestimmten Nutzer wird entsprechend als ein Punkt in diesem Raum angesehen [FIGGE 2004, S. 1417].

Ebenfalls durch einen mehrdimensionalen Raum wird die Situation von DIETZE et al. beschrieben, um kontextbezogene Web-Services zu entwickeln. In diesem Ansatz wird der Kontext als die Gesamtheit der umgebenden Situationscharakteristika definiert [DIETZE et al. 2008, S. 1]. Jede Situation repräsentiert einen spezifischen Status des aktuellen Kontextes. Die Situationsbeschreibung wird durch eine Kombination von Situationsparametern vorgenommen, die je eine Situationscharakteristik darstellen, und definiert derart den Kontext einer bestimmten Situation. Die Möglichkeit ein semantisch vollständiges Modell einer spezifischen Situation darzustellen wird in diesem Zusammenhang verneint. Semantische Ähnlichkeit zwischen zwei Situationen wird für den Ansatz über den Euklidischen Abstand der Situationsbeschreibungen innerhalb eines mehrdimensionalen Vektorraumes bestimmt, dem sogenannten Conceptual Design Space.

Aus der Informatik kommt weiterhin der Ansatz zur Kontext- bzw. Situationsbeschreibung von DEY, welcher besagt Kontext sei jegliche Information die zur Charakterisierung der Situation eines Gegenstandes herangezogen werden kann [DEY 2001, S. 5]. An dieser Stelle ist der Gegenstand eine Person, ein Ort oder ein Objekt, das für die Interaktion von Nutzer und Applikation relevant ist, einschließlich Nutzer und Applikation. Ein System wird als kontext-bewusst angesehen, wenn Kontext genutzt wird, um für die aktuelle Aufgabe des Nutzers relevante Informationen oder Services bereitzustellen. DEY entwickelt ein „Context Toolkit“, das einzelne Komponenten der Kontextbeschreibung verknüpft und überprüft, ob gewisse Situationen eintreten, die durch vordefinierte Services unterstützt werden [DEY 2001, S. 7]. Die Herausforderung liegt in diesem Zusammenhang darin, die richtige Balance zwischen der Unterstützung komplexer Situationen und einer einfachen Beschreibungsmethode zu finden.

REBOLLEDO setzt die Situationsanalyse ein, um Fertigungsprozesse zu beobachten. Über eine Reihe von fertigungsrelevanten Parametern, die sich innerhalb bestimmter Intervalle bewegen müssen, wird qualitativ die Situation bewertet, um rechtzeitig Probleme im Fertigungssystem zu antizipieren und damit verhindern zu können [REBOLLEDO 2005, S. 41f].

BETTINGER et al. konzentrieren sich bei ihrer Situationsbeschreibung auf die Unterstützung von Entscheidungsfindungsprozessen. Sie beschreiben ein Modell, das die Entscheidungsfindung in integrierten Projekten erklärt. Dazu beziehen sie die unterschiedlichen Projektphasen (Konzeptphase, Planung, Implementierung, Abschluss) und

unterschiedliche Einflüsse auf die Entscheidungssituation ein. Zu diesen Einflüssen gehören getroffene Annahmen der beteiligten Personen sowie die Macht, die einzelne Beteiligte haben, Entscheidungen zu treffen, zu ändern oder zu beeinflussen. Die Verfügbarkeit von Daten und Technologien wird ebenfalls berücksichtigt.

YUKL hat in seiner Analyse des Gruppen- und Führungsverhaltens sechs Cluster identifiziert, die wichtige Dimensionen der Situationsbeschreibung bilden [YUKL 1969, S. 515f]:

1. Schwierigkeit der Aufgabe: Anzahl der hochentwickelten Fähigkeiten, die notwendig sind, um die Aufgabe zu erfüllen und der allgemein wahrgenommene Schwierigkeitsgrad der Aufgabe
2. Struktur der Aufgabe: Anzahl der Möglichkeiten, die Aufgabe auszuführen und Grad des schnellen Feedbacks der erbrachten Leistung an die Führungskraft. Stark strukturierte Aufgaben weisen wenig Variabilität in der Ausführung der Aufgabe auf.
3. Anforderungen an Zusammenarbeit: Grad der Abhängigkeit der Aufgaben untereinander, um die Aufgabe erfolgreich abzuschließen.
4. Erfolgsdruck: Frequenz und Intensität von Nachfragen nach schnellerer Entscheidungsfindung oder höherer Gruppenleistung von Personen außerhalb des betrachteten Teams
5. Führungsmacht: Möglichkeit der Führungsperson, die Mitarbeiter zu belohnen und dessen Autorisierung Anweisungen zu geben und deren Umsetzung voranzutreiben.
6. Fehlerkosten: Auswirkung von Fehlern auf die Organisation.

Wie die Darstellung der Ansätze zur Situationsbeschreibung zeigt, weisen diese sehr unterschiedliche Zielsetzungen auf, beschreiben sehr unterschiedliche Arten von Situationen unter stark unterschiedlichen Rahmenbedingungen und werden unterschiedlich aufgebaut. Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass es keine universelle Beschreibung von Situationen im Allgemeinen und Entwicklungssituationen im Speziellen gibt, die aus den bestehenden Arbeiten auf das vorliegende Problem übertragen werden kann.

Es zeigt sich eine Tendenz, Situationen auf Basis definierter Parameter zu beschreiben, die an den jeweiligen Situationskontext angepasst sind. Ein derartiger Ansatz wird im Rahmen dieser Arbeit verfolgt. Deshalb werden in der Folge einige Möglichkeiten zur parameterbasierten Beschreibung von Situationen im Umfeld der Produktentwicklung vorgestellt, um daraus später die für diesen Ansatz relevanten Parameter ableiten zu können.

#### 4.4.3 Parameter zur Beschreibung der Entwicklungssituation

Eine differenzierte Betrachtung der Entwicklungssituation bzw. des Entwicklungskontextes ist eine wichtige Voraussetzung, wenn passende Hilfsmittel zur Unterstützung von Entwicklungsprozessen herangezogen werden sollen [PONN 2007, S. 55]. Daher wird in der Folge dargestellt, wie in der Literatur der Begriff der Entwicklungssituation definiert und wie diese beschrieben wird. Eine exakte und eindeutige Definition des Begriffs Entwicklungssituation liegt nicht vor. Vielmehr werden entweder konkrete Entwicklungssituationen beschrieben oder Kriterien bzw. Parameter genannt, die den Charakter der Situation umschreiben sollen (z. B. Komplexität der Aufgabe, zur Verfügung stehende Zeit etc.). DEMERS bezieht sich in seinem Ansatz beispielsweise auf die „momentane

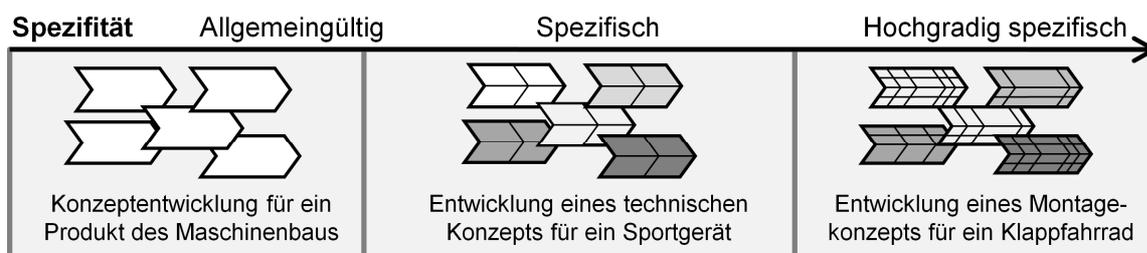
Entwicklungssituation“, die den Ausgangspunkt für eine dynamische Prozessplanung bildet [DEMERS 2000, S. 3].

Der im Englischen genutzte Begriff Design Situation wird beispielsweise von HUBKA et al. definiert: „A further possibility for structuring the design process starts from considering the design process as a system of design situations.“ [HUBKA et al. 1996, S. 138]

GERO spricht von der „**situatedness**“ des Entwicklungsprozesses und bringt diese Eigenschaft auf die Formel „where you are when you do what you do matters“ [GERO 1998, S. 376]. Situatedness bedeutet ferner, dass der Entwickler die Welt, in der er operiert, verändert [PONN 2007, S. 46].

PONN wirft in Zusammenhang mit der Beschreibung der Entwicklungssituation die Frage auf, ob es überhaupt eine objektive Entwicklungssituation gibt, die sich anhand der konkreten Ausprägungen einer Reihe von Produkt- und Prozessparametern sowie Kontextfaktoren zu einem gewissen Zeitpunkt im Entwicklungsprozess beschreiben lässt [PONN 2007, S. 46]. Er definiert für seinen Ansatz zur situativen Unterstützung der methodischen Konzeptentwicklung die Begriffe Entwicklungssituation, Entwicklungskontext, situativ und situationsgerecht wie folgt: „Die Entwicklungssituation ist ein konkreter Zeitpunkt im Entwicklungsprozess, der sich durch den Zustand der Produktmodelle und des Entwicklungsprozesses sowie durch Einflussfaktoren auf Produkt und Prozess beschreiben lässt. Der Entwicklungskontext hingegen wird als der den Entwicklungsprozess umgebende Zusammenhang bezeichnet, der sich durch Kontextfaktoren beschreiben lässt, die Einfluss auf Produkt und Prozess ausüben.“ [PONN 2007, S. 122] Situativ bedeutet in seinem Ansatz, dass eine Unterstützung auf operativer Ebene angeboten wird, d. h. die Konkretisierung und Detaillierung der Entwicklungsaktivitäten in der konkreten Entwicklungssituation erfolgt. Situationsgerecht schließlich meint, dass bei Planung und Gestaltung von Aktivitäten die Rahmenbedingungen der Entwicklungssituation berücksichtigt werden, so dass Entwicklungsprozesse effektiv und effizient durchgeführt werden können. [PONN 2007, S. 147] Dies entspricht der Auffassung, die für den Begriff situationspezifisch (der synonym mit dem Begriff situationsgerecht verwendet wird) in dieser Arbeit angenommen wird.

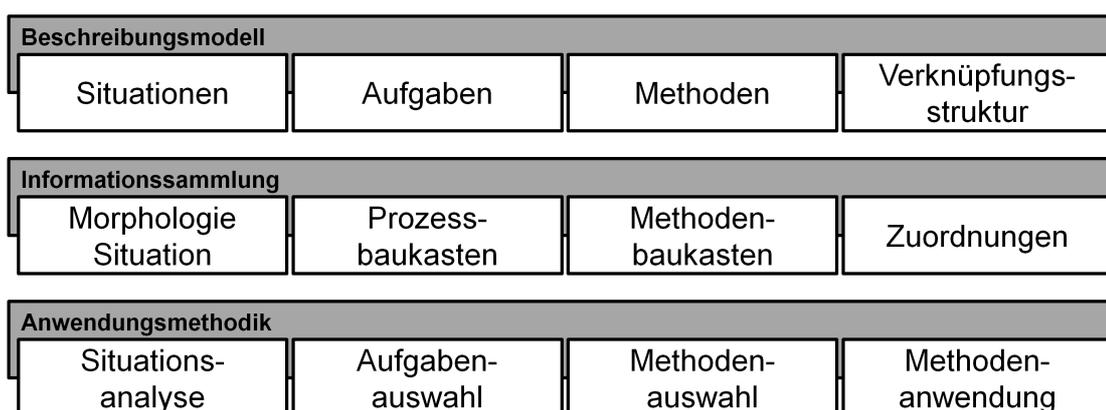
Die Modellierung von Entwicklungssituationen wird zur Erfüllung unterschiedlicher Zwecke durchgeführt. Beispielhaft seien hier die Ableitung von Aktivitäten in einer operativen Prozessplanung sowie das Lernen für zukünftige Situationen genannt. Für die unterschiedlichen Ziele der Modellierung sind Modelle unterschiedlicher Spezifität notwendig, wie sie von PONN eingeführt werden (siehe Bild 4.9).



**Bild 4.9** Unterschiedlicher Grad der Spezifität einer Prozess- bzw. Situationsbeschreibung [PONN 2007, S. 49]

PONN definiert die Situationsanalyse als die Beschäftigung des Entwicklers mit seiner Entwicklungssituation zum Zwecke der Ermittlung geeigneter Vorgehensschritte und Methoden [PONN 2007, S. 56]. Er entwickelt ein Beschreibungsmodell, das dem Umstand Rechnung trägt, dass zur Beschreibung der Situation Parameter existieren, deren Ausprägungen sich im Laufe des Gesamtprojekts tendenziell kaum oder gar nicht ändern (z. B. die Art des zu entwickelnden Produkts, der fachliche Hintergrund des Entwicklers) und solche, die sich im Prinzip mit jedem Arbeitsschritt und damit sehr dynamisch ändern (z. B. der Kenntnisstand bzgl. der Lösungseigenschaften, der Konkretisierungsgrad der Produktmodelle).

Er trifft in der Beschreibung der Entwicklungssituation eine Unterscheidung in direkten und indirekten Kontext. Der direkte Kontext lässt sich durch vorliegende oder gewünschte Sachverhalte beschreiben, die direkten Bezug zu den Betrachtungsobjekten haben, mit denen sich der Entwickler in seinem Prozess beschäftigt und ist der primäre Treiber für Entscheidungen bezüglich des operativen Vorgehens im Entwicklungsprozess. Im direkten Kontext wird eine Unterscheidung zwischen Ist- und Soll-Situation vorgenommen. Die Ist-Situation bezeichnet vorliegende Sachverhalte, die Soll-Situation gewünschte Sachverhalte. Eine Diskrepanz zwischen Ist- und Soll-Situation deutet auf ein Problem hin, aus dem heraus sich Handlungsbedarf für den Entwickler ergibt. An die Kriterien zur Situationsanalyse formuliert er folgende Anforderungen: Zum einen muss Entwicklern eine adäquate Beschreibung ihrer Situation anhand dieser Kriterien ermöglicht werden, zum anderen müssen anhand der Kriterien geeignete Aufgaben im Entwicklungsprozess identifiziert bzw. aus einer Liste vordefinierter Aufgaben herausgefiltert werden können. Der indirekte Kontext der Entwicklungssituation wird durch Parameter beschrieben, die keinen direkten Einfluss auf die Auswahl geeigneter Aufgaben im Entwicklungsprozess haben, sondern die zur Methodenauswahl herangezogen werden. Diese werden als Kontextfaktoren bezeichnet. [PONN 2007, S. 122ff] Die Elemente dieses Ansatzes, der aus dem Beschreibungsmodell, der Informationssammlung und der Anwendungsmethodik besteht, sind in Bild 4.10 dargestellt.



**Bild 4.10** Darstellung des Gesamtansatzes [PONN 2007, S. 175]

Je allgemeiner eine Beschreibung ist, desto mehr Situationen und Prozesse werden damit adressiert. Allerdings nimmt durch die Verallgemeinerung die Aussagekraft ab. Je spezifischer dahingegen ein Sachverhalt beschrieben wird, desto aussagekräftiger und verständlicher ist er tendenziell. Jedoch fallen unter Umständen nur noch vergleichsweise

wenige konkrete Situationen und Prozesse in den zugehörigen Gültigkeitsbereich. BOULDING bringt diesen Umstand auf folgende, sehr treffende Formel: „Somewhere between the specific that has no meaning and the general that has no content there must be, for each purpose and at each level of abstraction, an optimum degree of generality.“ [BOULDING 1956, S. 197-198]

In einem dynamischen Umfeld müssen viele Entscheidungen innerhalb kurzer Zeit getroffen werden. Die auszuführenden Aufgaben sind abhängig von einer mitlaufenden aktuellen Analyse des Umfeldes [ENDSLEY 1995, S.33]. In dieser Arbeit wird eine Entscheidungsunterstützung bei der Auswahl und Anordnung der Vorgehensschritte in der Produktentwicklung erarbeitet, was nach der Aussage von ENDSLEY eine Analyse der Entwicklungssituation voraussetzt.

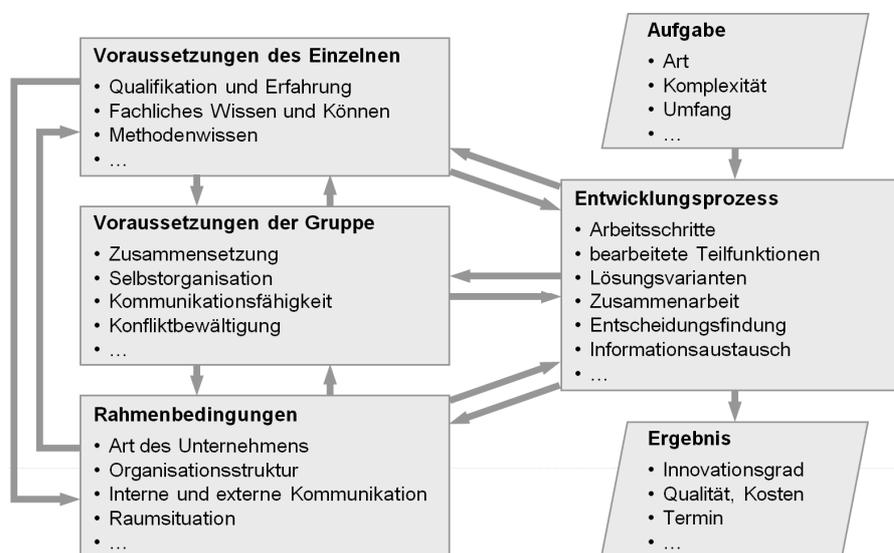
Die Anpassung von Methoden und Prozessen an den Entwicklungskontext wird immer wieder als kritisches Erfolgselement einer methodisch gestützten Produktentwicklung angesehen [BIRKHOFFER et al. 2005; MEIBNER et al. 2005]. BIRKHOFFER et al. formulieren in diesem Zusammenhang die Regel: „Meet the design situation“, was bedeutet, die Methoden und Prozesse der Produktentwicklung effektiv und effizient auf die unterschiedlichsten vorliegenden Aufgabenstellungen anzuwenden. Eine situationsspezifische Planung von Entwicklungsprozessen auf Basis eines generischen Prozessmodells bedeutet in diesem Zusammenhang eine Vielzahl an möglichen Prozessalternativen, die eine erhebliche Komplexität der Planungssituation zur Folge hat. Diese Komplexität ist mit bestehenden Methoden kaum handhabbar.

Die bestehenden Ansätze zur Beschreibung der Entwicklungssituation wollen meist ein holistisches Bild des Entwicklungskontextes abbilden und führen daher viele verschiedene Parameter ein. Diese sind aber zu einem großen Teil erst nach Projektabschluss quantifizierbar und können analysiert werden und sind daher nur sehr eingeschränkt zum Einsatz in der Prozessplanung geeignet.

Einige Ansätze zur Beschreibung der Entwicklungssituation decken die Analyse der Situation auf verschiedenen Ebenen ab. HALES et al. beispielsweise beschreiben den Produktentwicklungskontext anhand eines Modells auf fünf Detaillierungsebenen von der makroökonomischen bis hin zur persönlichen Ebene des Entwicklers [HALES et al. 2004, S. 21]. MEIBNER et al. beschreiben den Entwicklungskontext anhand eines Ebenenmodells, das drei Ebenen aufweist. Der Kontext der Produktentwicklung wird als Zusammenhang bzw. Umgebung definiert, in dem ein Entwicklungsprozess steht. Da in diesem Verständnis des Kontextes nicht alle Faktoren gleichermaßen dynamisch und von Veränderungen betroffen sind, wird eine Unterscheidung in die drei Ebenen strategischer (langfristiger) Kontext, projektspezifischer (mittelfristiger) Kontext und operative Betrachtung (kurzfristiger Kontext) vorgenommen. Für jede Ebene sind entsprechend geeignete Ansätze zur Gestaltung und Anpassung des Entwicklungsprozesses bereitzustellen [MEIBNER et al. 2005, S. 73].

BADKE-SCHAUB et al. und FRANKENBERGER fokussieren in ihrer Arbeit auf das Tagesgeschäft des Entwicklers. Sie entwickeln ein Modell der Konstruktionspraxis und ihrer wesentlichen Einflussfaktoren (siehe Bild 4.11). Dabei konzentrieren sie sich auf sogenannte „kritische Situationen“. Kritisch sind nach diesem Ansatz Situationen, in denen der Konstruktionsprozess entscheidend geprägt wird, sowohl in positiver als auch in negativer Weise [FRANKENBERGER 1997, S. 83].

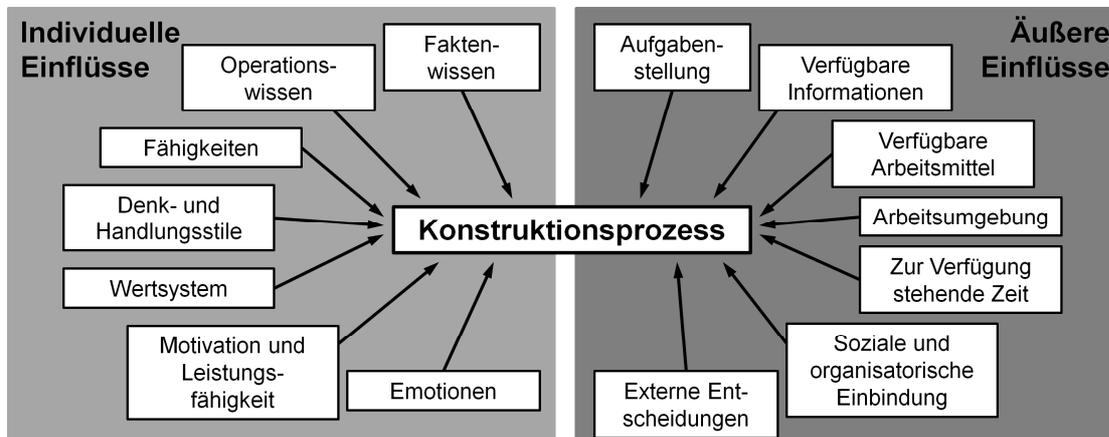
Die Einflussfaktoren auf den Entwicklungsprozess und das Ergebnis werden den Kategorien ‚Aufgabe‘, ‚Voraussetzungen des Einzelnen‘, ‚Voraussetzungen der Gruppe‘ und ‚Rahmenbedingungen‘ zugeordnet [FRANKENBERGER 1997, S. 2]. Die Einflussfaktoren der vier Bereiche werden in einem Merkmalskatalog abgebildet und zu allen Faktoren ausführliche Definitionen bereitgestellt [FRANKENBERGER 1997, S. 218ff]. Hier werden die wesentlichen Interessenspunkte für die Situationsbeschreibung im Kontext der Entwicklungsprozesse deutlich: die Charakterisierung der Entwicklungsaufgabe, die geplanten Outputs des Prozesses sowie interne und externe Randbedingungen der Konstruktion. In beiden dargestellten Ansätzen werden die „kritischen Situationen“ zwar detailliert beschrieben, ein konkretes Planungsmodell für solche Situationen, das auf der Analyse aufbaut, wird aber nicht entwickelt. WALLMEIER nutzt zur Identifikation von Potenzialen in der Entwicklung ebenfalls die von FRANKENBERGER entwickelte Beschreibung von kritischen Situationen.



**Bild 4.11 Einflussfaktoren auf den Entwicklungsprozess und das Ergebnis [nach BADKE-SCHAUB et al. 2004, S. 6]**

Das Modell der Entwicklungssituation von DEMERS bildet die Grundlage seines Ansatzes zur dynamischen Planung und Steuerung von Entwicklungsprozessen. Er bezieht sich auf die „momentane Entwicklungssituation“ [DEMERS 2000, S. 3], die in ihrer Ausprägung den von BADKE-SCHAUB et al. und FRANKENBERGER definierten kritischen Situationen sehr ähnlich ist: „Bei der Bearbeitung von Entwicklungsaufgaben, insbesondere wenn es sich um Neuentwicklungen handelt, treten oft unerwartete Ereignisse auf, so dass die Planung bezüglich der einzusetzenden Aktivitäten, Mittel und Kapazitäten korrigiert werden muss. Im schlimmsten Fall kann dies zum Abbruch des Entwicklungsvorhabens führen. Diese Art der Planungsänderungen erfordern ein der Situation angepasstes Vorgehen. Vorhaben, die viele solcher kritischer Punkte enthalten, sollten einen größeren Freiraum zur situativen Steuerung des Prozesses haben.“ [DEMERS 2000, S. 25] Er bezieht sich entsprechend genau wie BADKE-SCHAUB et al. und FRANKENBERGER auf die prägenden Ereignisse im Entwicklungsprozess. Allerdings steht hier die operative Prozessplanung und -steuerung im Vordergrund. Der von DEMERS entwickelte Ansatz wird in Kapitel 4.5.1 detaillierter vorgestellt.

Ferner entwickelt DYLLA ein Modell zur Beschreibung der Entwicklungssituation. In diesem Fall wird die Entwicklungssituation beschrieben, um die Einflüsse verschiedener Faktoren auf den Konstruktionsprozess und dessen Ergebnis zu analysieren. Dazu wurde zwischen individuellen und äußeren Einflüssen unterschieden (siehe Bild 4.12).



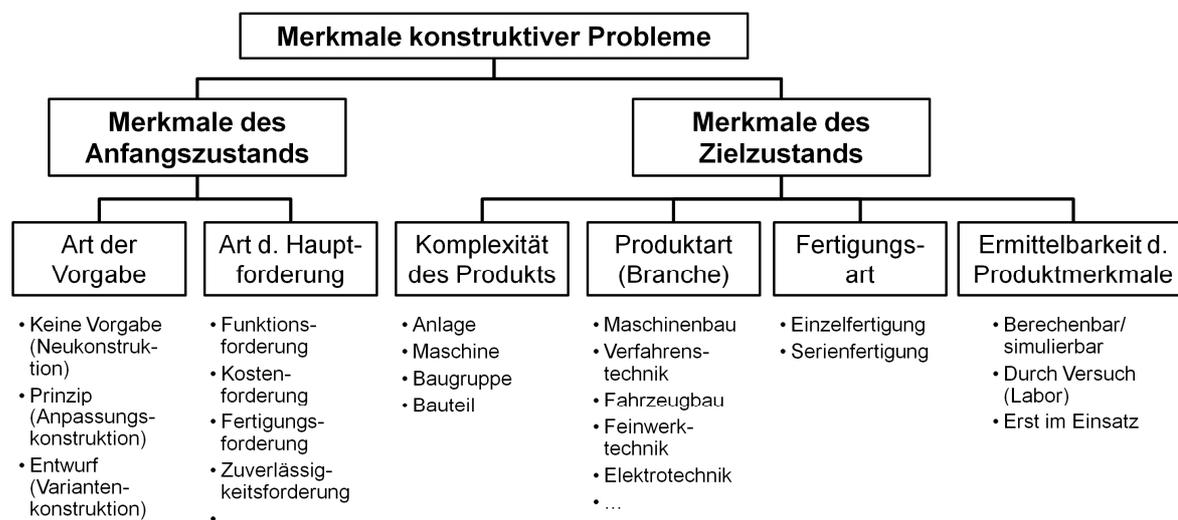
**Bild 4.12 Einflussgrößen auf den Konstruktionsprozess [DYLLA 1991, S. 28]**

Er charakterisiert konstruktive Probleme anhand von Beschreibungsmerkmalen, um die Ausprägung und Unterscheidung der von ihm durchgeführten Konstruktionsexperimente darstellen zu können [DYLLA 1991, S. 35]. Die von ihm genutzten Parameter zur Situationsbeschreibung umfassen folgende Bereiche (siehe Bild 4.13):

Den Neuigkeitsgrad des Systems, respektive die Menge der gegebenen Lösungselemente (Neuentwicklung, Anpassungsentwicklung, Variantenentwicklung), die Art des Entwicklungsproblems in Hinblick auf die Hauptanforderungen, die Komplexität des Produktes [auch von MEIBNER et al. 2006, HALES et al. 2004, BADKE-SCHAUB et al. 2004 angewendet], Produktart, Fertigungsart (Einzel- oder Serienfertigung) sowie die Ermittelbarkeit der Produktmerkmale [DYLLA 1991, S. 35].

LINDEMANN definiert die (Entwicklungs-)Situation als Zeitpunkt im Entwicklungsprozess, der angepasste Handlungen bzw. Entscheidungen des Entwicklers erfordert und durch eine Vielzahl an Faktoren (persönliche Einflussfaktoren, Art der Aufgabe etc.) beeinflusst wird [LINDEMANN 2009, S. 334]. Er betont, dass Produktentwickler mit einer ständigen Veränderung von Märkten, Werten, Technologien und vielen anderen Aspekten konfrontiert sind. Die Dynamik der Situation erfordert zum einen Kreativität, um geschickt auf die Vielzahl der Veränderungen reagieren zu können. Zum anderen ist es den Beteiligten im Entwicklungsprozess nur selten möglich, Probleme stets auf die gewohnte Weise zu lösen [LINDEMANN 2007, S. 29]. Daraus folgt, dass sich die Entwickler über den gesamten Prozess hinweg mit den wesentlichen Aspekten der Situation vertraut machen müssen, um entsprechend situationsgerecht handeln zu können. In diesem Zusammenhang wird der vielschichtige und dynamische Charakter der Entwicklungssituation deutlich, mit dem die Entwickler laufend konfrontiert sind. Letztendlich sind die spezifische Situation des Entwicklers und das subjektive Bild, das er sich davon macht, Treiber für die nächsten Schritte im Entwicklungsprozess [LINDEMANN 1999, S. 759].

REYMEN definiert die Design Situation zu einem bestimmten Zeitpunkt als die Kombination aus dem aktuellen Zustand des zu entwickelnden Produktes, dem Zustand des Entwicklungsprozesses und dem Zustand des Entwicklungskontextes in diesem Moment. Sie ist die Wertemenge aller Eigenschaften, die das zu entwickelnde Produkt und den Entwicklungsprozess beschreiben und die Wertemenge aller Faktoren, die Produkt und Prozess beeinflussen. [REYMEN 2001, S. 150]



**Bild 4.13 Beschreibungsmerkmale für konstruktive Probleme [DYLLA 1991, S. 35]**

Die Situationserfassung findet bei REYMEN anhand von Checklisten statt, die die Reflexion über die Entwicklungssituation unterstützen sollen [REYMEN 2001, S. 81ff]. Die Checklisten dienen in diesem Zusammenhang der Erfassung relevanter Produkt- und Prozessmerkmale sowie der Situationsanalyse. Die Einträge der Checklisten sind als Fragen formuliert, z. B. „What is the challenge of the design task?“ [REYMEN 2001, S. 83]. Die Listen sind allgemein und domänenunabhängig formuliert und müssen dementsprechend an die konkreten Bedürfnisse einzelner Domänen, Aufgabenstellungen oder Anwender angepasst werden. [REYMEN 2001, S. 79]

Die Analyse der Entwicklungssituation auf diese Art und Weise ist aufgrund der umfangreichen Checklisten und darüber hinaus auszufüllenden Formblätter zur Dokumentation der Prozessschritte sehr aufwändig und daher für den regelmäßigen Einsatz im Rahmen von Produktentwicklungsprozessen nicht geeignet.

STORATH definiert den Konstruktionsprozess als eine zeitliche Aneinanderreihung einzelner Konstruktionszustände und den Konstruktionskontext damit zusammenhängend als den aktuellen Zustand der Konstruktion und der Konstruktionsgeschichte. Er unterscheidet drei Arten von Kontextdaten, die in Kombination den Kontext modellhaft abbilden: den WARUM-Teil (Gründe für die Durchführung von Konstruktionschritten), den WIE-Teil (Art und Weise der Durchführung des Konstruktionschrittes) und den WAS-Teil (aktueller Zustand der Konstruktion nach dem Konstruktionschritt) [STORATH 1996, S. 82].

Die Situationsbeschreibung, die von Größer vorgeschlagen wird, soll der Methodenauswahl in der Anforderungsermittlung dienen [GRÖSSER 1992, S. 2]. Dazu stellt er einen umfangreichen

Katalog an Kriterien auf, die aufgaben- und bearbeiterspezifische Aspekte adressieren und in die Situationsanalyse einfließen, die rechnerunterstützt stattfindet. Dem Nutzer werden Schritt für Schritt Fragen gestellt, zu denen der Nutzer aus vordefinierten Antworten eine auswählen muss [GRÖSSER 1992, S. 120ff]. Basierend auf den Antworten findet dann die Methodenauswahl statt. Es wird ein Anwendungsbeispiel dargestellt, bei dem ein studentischer Entwickler durch einen Dialog mit 33 Fragen geführt wird, um ihm schlussendlich die Methode „Präzisieren der Aufgabenstellung“ vorzuschlagen [GRÖSSER 1992, S. 194ff]. PONN stellt in der Diskussion dieses Ansatzes fest, dass je schneller eine Situationserfassung anhand eines geführten Nutzerdialoges möglich ist, umso höher auch die Akzeptanz des Nutzers sein wird, und hält eine so umfangreiche Situationsanalyse, wie sie von Größer vorgeschlagen wird, zu Beginn jedes Arbeitsschrittes für impraktikabel.

SCHRODA erkennt in ihrer Beschreibung der Entwicklungssituation die Problematik, dass viele Konstruktionsaufträge erst nach ihrer Lösung eingeschätzt werden können, und damit die praktische Einsetzbarkeit vieler Klassifikationssysteme nicht gegeben ist [SCHRODA 2000, S. 22]. Um aber Vorhersagen zu Prozess und Ergebnis treffen, sowie Zeit, Kosten und Arbeitsaufwand möglichst früh abschätzen zu können, schlägt sie eine Anforderungsanalyse vor, die eine Klassifikation der Entwicklungsaufgabe vor der Bearbeitung ermöglicht [SCHRODA 2000, S. 49].

SALEIN analysiert die Situation zur Erreichung einer situationspezifischen Planung marktgerechter Produkte anhand von 16 Situationsmerkmalen, mittels derer er die wesentlichen Einflüsse auf die Produkte bestimmen will. Er stellt in einer Matrix den Zusammenhang zwischen den Situationsmerkmalen und einer Reihe von Planungsmerkmalen (Strategie, Planungsobjekt, Organisation, Ablauf, Methoden, Ressourcen) her [SALEIN 1999, S. 133].

*Eine Betrachtung des Standes der Forschung zeigt, dass die Begriffe Situation und Kontext häufig verwendet werden, aber in unterschiedlicher Bedeutung und sehr unterschiedlich detailliert definiert. Je nach Ansatz zur Situationsbeschreibung wird entweder gar nicht darauf eingegangen, welche Einflussgrößen in Betracht gezogen werden oder es werden sehr unterschiedliche Parameter zur Beschreibung der Situation eingesetzt. Andererseits werden ähnliche Merkmale eingesetzt, aber unterschiedlich benannt, wie beispielsweise die „Neuigkeit der Aufgabe“ bzw. „Art der Vorgabe“ bzw. „Neuheitsgrad“. Dadurch wird ein Vergleich der unterschiedlichen Ansätze erschwert. Es mangelt an einer allgemein anerkannten Definition des Situationsbegriffs in der Produktentwicklung [PONN 2007, S. 60]. MEIßNER et al. weisen darauf hin, dass es zwar eine Reihe unterschiedlicher Ansätze zur Situationsanalyse gibt, aber keine konkreten Hinweise dazu vorliegen, wie die Situationsanalyse für die Unterstützung von Entwicklungsprozessen genutzt werden kann [MEIßNER et al. 2005].*

*Die dargestellten Ansätze zeigen, dass eine umfassende, ganzheitliche Beschreibung der Entwicklungssituation sehr aufwändig und nicht immer zweckmäßig ist, da nicht immer zu jedem Merkmal eine Aussage möglich ist und nicht alle Merkmale immer relevant sind.*

*Eine situationsgerechte Unterstützung der Entwicklungsprozessplanung muss sich folglich den Herausforderungen stellen, zu bestimmen, wie viel Aufwand für eine Situationsanalyse angemessen ist und wie häufig diese durchgeführt werden sollte. Der Nutzen der*

*Situationsunterstützung muss dem Entwickler genauso klar gemacht werden damit er den Mehraufwand der Situationsanalyse auf sich nimmt.*

*Für das in dieser Arbeit entwickelte Vorgehen zur situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen lässt sich aus den Analysen der existierenden Ansätze zur Beschreibung und Klassifikation der Entwicklungssituationen folgendes Fazit ziehen: Sowohl Teilprozesse bzw. Tätigkeiten im Entwicklungsprozess als auch die Randbedingungen der jeweiligen Entwicklungssituation können aus ganz unterschiedlichen Sichtweisen und auf sehr unterschiedlichen Detaillierungsebenen beschrieben werden. Diese Ebenen werden beispielsweise von MEIßNER et al. beschrieben [MEIßNER et al. 2005, S. 69]. Weiterhin gibt es bereits Bestrebungen, die Planung von Entwicklungsprozessen durch den Erfüllungsgrad spezifischer Anforderungen [DEUBEL et al. 2005] oder durch wissensbasierte Methoden auf Basis von Ähnlichkeiten zu bereits durchgeführten Projekten [REDENIUS et al. 2004, S. 105] zu erleichtern.*

*Im Rahmen dieser Arbeit wird auf Basis dieser Analyse eine Beschreibung der Entwicklungssituation entwickelt, die auf allgemeinen Parametern der Aufgabenstellung, der Projektrandbedingungen und des Zielsystems beruht. Die Umsetzung der Analyse der Entwicklungssituation des entwickelten Ansatzes zur situationsgerechten Entwicklungsprozessplanung wird in Kapitel 5.5 beschrieben.*

## **4.5 Bestehende Ansätze zur Prozessunterstützung in der Produktentwicklung**

Nachdem in den vorangegangenen Teilkapiteln Schwachstellen in der Unterstützung von Produktentwicklungsprozessen aufgezeigt wurden, werden nun einige bestehende Ansätze zur situationsgerechten Unterstützung der Produktentwicklung vorgestellt. Diese Ansätze adressieren einige der Kernelemente dieser Arbeit, haben allerdings andere Ansatz- und Fokuspunkte als das hier erarbeitete Vorgehen. Stärken und Schwächen der einzelnen Ansätze werden diskutiert und so der Bedarf nach einer situativen Entwicklungsprozessplanung abgeleitet sowie die Abgrenzung zur vorliegenden Arbeit geschaffen.

Aus den Darstellungen der bestehenden Ansätze wird deutlich, dass vorhandene Methoden und Werkzeuge noch zu wenig die Anforderungen und Randbedingungen konkreter Entwicklungssituationen berücksichtigen. Die Prozessgestaltung in der Entwicklung ist im Gegensatz zu repetitiven Geschäftsprozessen stark durch die Randbedingungen der Entwicklungssituation und spezifische Entwicklungsanforderungen geprägt. Entwicklungsprozesse müssen daher aufgaben- und situationspezifisch ausgeprägt sein.

Die im folgenden Kapitel dargestellten Ansätze zur adaptiven Entwicklungsprozessplanung beziehen sich beispielsweise auf die Unterstützung von bestimmten Entwicklungsphasen [PONN 2007], fokussieren auf die Simulation von Prozessen [VOIGTSBERGER 2005] oder konzentrieren sich stark auf eine Produktgruppe [REDENIUS 2006]. Sie bieten also interessante Ansatzpunkte für diese Arbeit, können aber die gestellte Zielsetzung nicht erfüllen. Eine situationspezifische, flexible Prozessplanung für den in dieser Arbeit gewählten Betrachtungsumfang wird entsprechend von den bestehenden Ansätzen nicht gewährleistet.

### 4.5.1 Darstellung der bestehender Ansätze zur Prozessunterstützung

Die Notwendigkeit komplexe Entwicklungsprozesse gut handhaben zu können, um effizient und effektiv neue Produkte zu entwickeln, ist schon lange bekannt. Entsprechend liegen bereits einige Ansätze zur Unterstützung der Planung und Ausführung von Produktentwicklungsprozessen vor, die in der Folge beschrieben werden. Einige dieser Ansätze beziehen die Entwicklungssituation mit ein.

PONN beispielsweise, entwickelt eine situative Unterstützung der methodischen Konzeptentwicklung technischer Produkte. Wie der Name sagt, besteht der Fokus seiner Arbeit in Mechanismen der Unterstützung, die dem Entwickler in Abhängigkeit seiner Situation Vorgehensweisen und Arbeitsmethoden zur Verfügung stellen. Dabei stellt die Beschreibung und Analyse der Situation ein wesentliches Element der Unterstützung dar. PONN entwickelt aufbauend auf der Situationsanalyse ein Vorgehen zur Ableitung des Prozessablaufs, beschränkt sich aber auf die Phase der Konzeptentwicklung. Im Gegensatz dazu wird hier der gesamte Produktentwicklungsprozess betrachtet. Er beschreibt aufbauend auf einer Analyse der Entwicklungssituation die Auswahl geeigneter Aufgaben und in einem weiteren Detaillierungsschritt die Auswahl und Anpassung geeigneter Methoden. In diesem Zusammenhang erfolgt zwar eine situationspezifische Auswahl der Aufgaben, allerdings nur für die Konzeptphase und als Vorarbeit der Methodenauswahl, die bei PONN [PONN 2007] im Fokus steht.

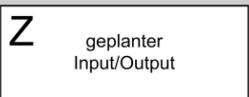
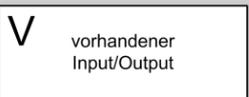
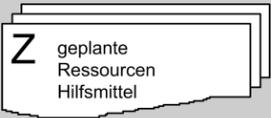
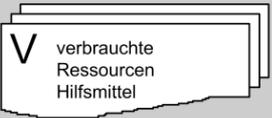
Element	Zustände		
	Zukunft	Gegenwart	Vergangenheit
Aktivität	geplant  geplante Aktivität	in Bearbeitung  Aktivität in Bearbeitung	abgeschlossen  abgeschlossene Aktivität
Eingangs-Größe, Ausgangsgröße	geplant, (noch) nicht vorhanden  geplanter Input/Output		vorhanden, erreicht  vorhandener Input/Output
Steuergröße	geplant, (noch) nicht vorhanden  Steuergröße		vorhanden, erreicht  Steuergröße
Ressourcen, Mechanismen	geplant  geplante Ressourcen Hilfsmittel		vergangen, verbraucht  verbrauchte Ressourcen Hilfsmittel

Bild 4.14 Grundelemente der Situationsbeschreibung [nach DEMERS 2000, S. 75]

DEMERS setzt sich in seiner Arbeit ebenfalls intensiv mit der Entwicklungssituation auseinander. Er entwickelt eine Methode zur ganzheitlichen Analyse von Entwicklungssituationen [DEMERS 2000, S. 81ff]. Dazu betrachtet er die Vergangenheit, Gegenwart und mögliche Zukunftsszenarios, sowie die Reaktion des Systems Produktentwicklung auf vorhergesehene und unvorhergesehene Ereignisse. Die Grundelemente dieser formalen Darstellung der Entwicklungssituation sind in Bild 4.14 dargestellt.

Bei der Situationsbeschreibung stehen die Kausalzusammenhänge der Vorgehensschritte und Ereignisse im Vordergrund. Ereignisse, die den Entwicklungsprozess beeinflussen, werden in negative, neutrale und positive Ereignisse eingeteilt (siehe Bild 4.15) [DEMERS 2000, S. 85]. DEMERS definiert eine Vorgehensweise zur Prozessplanung, die auf der Darstellung der Kausalzusammenhänge im Entwicklungsprozess (also seiner Situationsbeschreibung) beruht.

Das von DEMERS entwickelte Vorgehen besteht demnach aus folgenden Schritten: Zunächst wird ein Modell der Entwicklungssituation erstellt und anschließend analysiert. Dazu werden unter anderem Checklisten mit prinzipiellen Situationskonstellationen und Fragen zur Aufstellung von Ursache-Wirkungsketten bereitgestellt. Schließlich folgt die Suche nach Handlungsalternativen und deren Analyse, Bewertung und Auswahl.

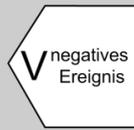
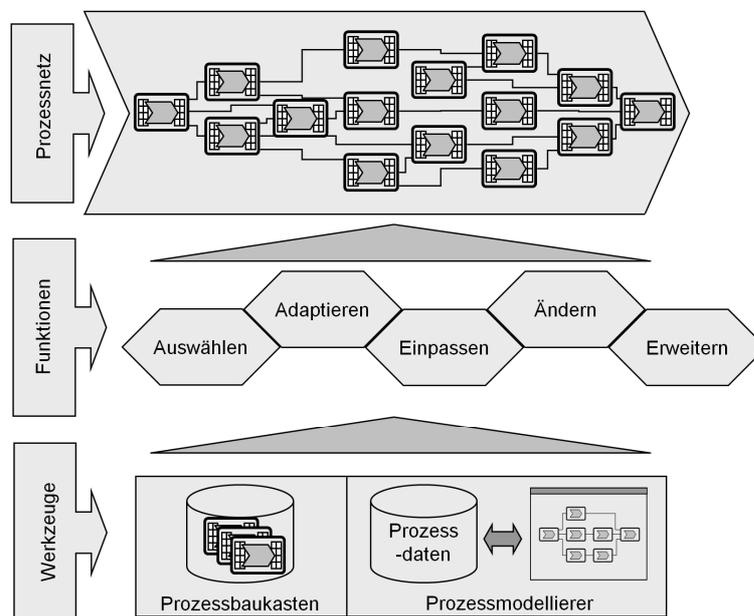
Element	Zustände	
	Zukunft	Vergangenheit
positives, neutrales Ereignis	geplant, möglich (noch) nicht vorhanden 	Eingetreten, tatsächlich vorhanden 
negatives Ereignis	möglich (noch) nicht vorhanden 	eingetreten vorhanden 

Bild 4.15 Symbole für positives, negatives und neutrales Ereignis [DEMERS 2000, S. 75]

BICHLMAIER stellt in seiner Arbeit Methoden zur flexiblen Gestaltung von integrierten Entwicklungsprozessen vor. Er bezieht sich hauptsächlich auf die Integration von Konstruktion und Montage. Zur flexiblen Prozessgestaltung werden in diesem Ansatz Prozessbausteine eingesetzt [BICHLMAIER 2000, S. 78ff]. Diese Bausteine beschreiben inhaltlich, welche Aufgaben im Entwicklungsprozess anstehen, und bestehen aus einer Beschreibung der notwendigen Eingangsinformationen, einer Aufgabenbeschreibung und der Definition der Arbeitsergebnisse, d. h. des Outputs der Schritte. Die Vernetzung der Bausteine erfolgt über einen Abgleich des erforderlichen Inputs der Bausteine mit den bereits vorhandenen Outputs abgeschlossener Aufgaben, um so den Prozessablauf zu optimieren [BICHLMAIER 2000, S. 79]. Der Aufbau des Prozessablaufes nach diesem Vorgehen erlaubt im Prozessverlauf eine schnelle Anpassung der Prozesse. Eine Hilfestellung zur Identifikation

der Notwendigkeit einer Prozessänderung sowie der Definition des alternativen Prozessablaufes werden hier nicht gegeben. Zur Anwendung der Prozessbausteine (siehe Bild 4.16) werden die Prozessbausteine aus einem Prozessbaukasten mit Hilfe des Prozessmodellierers zu Prozessnetzen verknüpft. Auf diese Art und Weise können die Prozesse in unterschiedlichen Detaillierungsgraden (Phasen bis hin zu Einzelaufgaben) dargestellt werden. In diesem Ansatz ist es vorgesehen, das Entwicklungsprojekt erst grob zu planen und schließlich aufbauend auf den vorliegenden Ergebnissen eine Feinplanung der weiteren Schritte vorzunehmen.

Auch FREISLEBEN entwickelt ein Vorgehen zur Gestaltung und Optimierung von Produktentwicklungsprozessen. Ihr Ansatz basiert auf einem wissensbasierten Vorgehensmodell, das aus den Elementen Prozessmodell, Methodenbank und Anwendungsmodule besteht. Im Prozessmodell wird, aufbauend auf dem Ist-Zustand der Prozesse, eine Optimierung der Prozessabläufe anhand von Parallelisierung, Austausch und Auslassen von Prozessbausteinen durchgeführt. In der Methodenbank werden 51 allgemeingültige Prozessbausteine beschrieben, die zur Neuentwicklung eines Produktes notwendig sind und deren Verknüpfung zu 80 Methoden, die diese Schritte unterstützen, hergestellt. Die Anwendungsmodule beschreiben die im Unternehmen vorhandenen Softwarewerkzeuge, die zur Durchführung der Prozessschritte und Methoden genutzt werden können. Die Zuordnung von Methoden und Hilfsmitteln zu den Prozessbausteinen wird an dieser Stelle fix vorgegeben. [FREISLEBEN 2001, S. 45ff]



**Bild 4.16 Anwendung der Prozessbausteine [BICHLMAIER 2000, S. 84]**

In diesem Ansatz wird zunächst der Ist-Prozess mittels der definierten Prozessbausteine beschrieben und anschließend auf Möglichkeiten zur Parallelisierung und Optimierung der Prozessabläufe untersucht. In der Ausführung dieses optimierten Prozesses werden die Entwickler bei der Auswahl von Methoden und Werkzeugen zur Ausführung der Prozessschritte unterstützt.

VOIGTSBERGER stellt ein Konzept zur adaptiven Modellierung und Simulation von Produktentwicklungsprozessen vor. Sein Modell setzt sich aus einem Aktivitätenmodell, einem Ressourcenmodell, einem Datenmodell und einer Prozessbibliothek zusammen (siehe Bild 4.17). Das Aktivitätenmodell bildet den Kern des Prozessmodells und spezifiziert die grundsätzliche logische Abfolge der Prozesse. Das Ressourcenmodell wird in Werkzeug- und Humanressourcenmodell unterschieden und bildet die zur Verfügung stehenden Arbeitsmittel ab. Im Datenmodell werden die Ergebnisse der Simulationen abgespeichert und die Prozessbibliothek bildet das unternehmensspezifische Prozesswissen in strukturierter Form ab [VOIGTSBERGER 2005, S. 46f].

Die Prozessbeschreibung innerhalb der Bibliothek erfolgt zum einen durch Attribute, die die spezifischen Prozesscharakteristika repräsentieren und zum anderen durch Methoden, die während der Simulation auf dem Datenmodell arbeiten und dieses verändern. Im Rahmen des Aktivitätenmodells wird der Produktentwicklungsprozess auf einem vergleichsweise groben Detaillierungslevel beschrieben, wobei die Prozesse als Platzhalter für die entsprechenden generischen Prozesse der Prozessbibliothek dienen. Während der Simulation werden auf der Grundlage des Datenmodells die jeweiligen Modellzustände analysiert und die entsprechenden generischen Prozesse aus der Prozessbibliothek ausgewählt und als Instanzen anstelle der Platzhalter in das Aktivitätenmodell eingebunden. Die Umsetzung dieses Konzeptes erfolgte auf der Basis modularer, objektorientierter Petrinetze [VOIGTSBERGER 2005, S. 141]. Die auf diese Art und Weise durchgeführte Simulation soll zur Leistungsbewertung unterschiedlicher Prozessalternativen herangezogen werden.

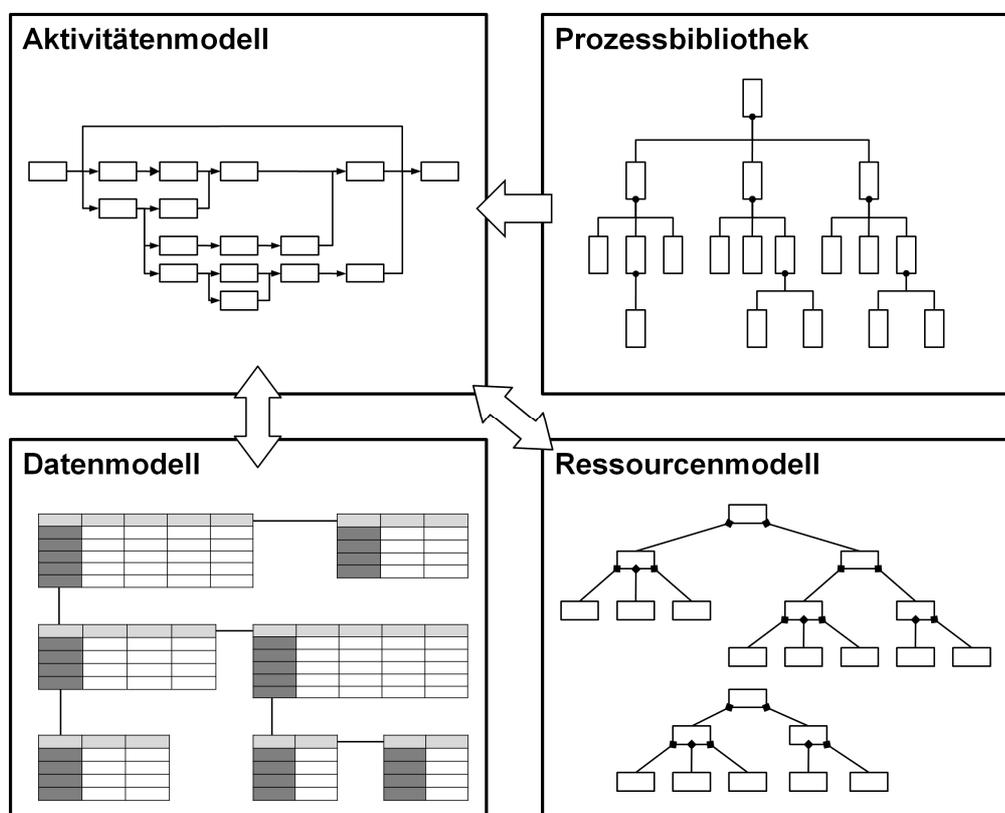
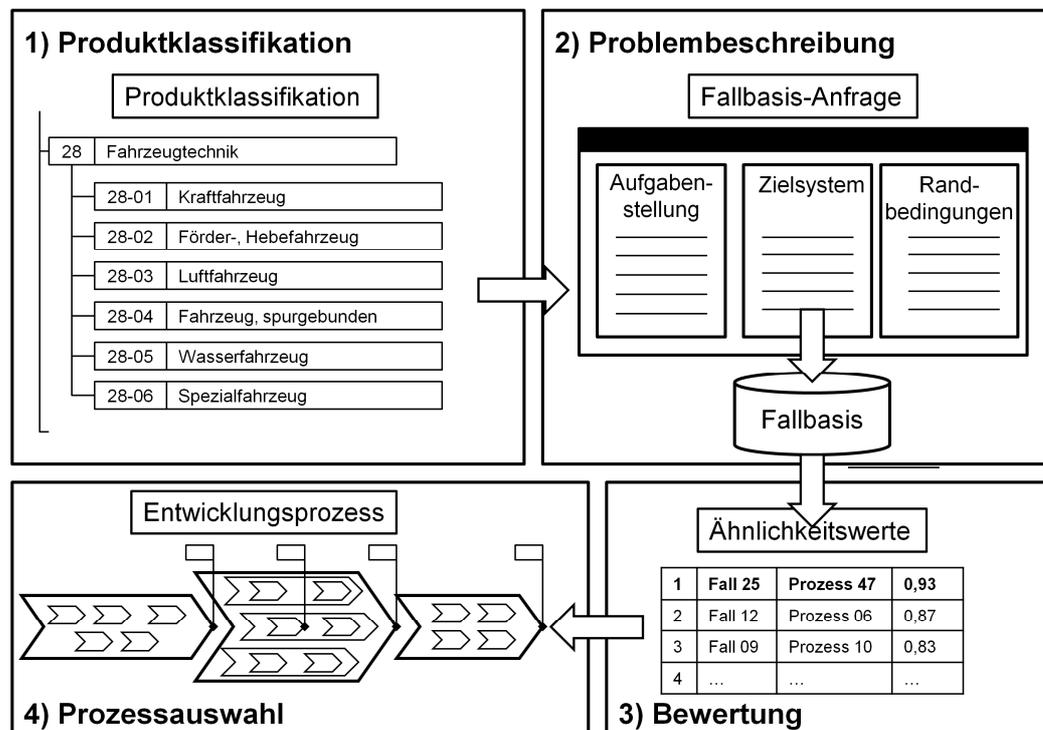


Bild 4.17 Modellstruktur des Vorgehens von VOIGTSBERGER [2005, S. 46]

BEUTER beschäftigt sich mit Workflowmanagement für Produktentwicklungsprozesse. Mit dem Ansatz der WEP-Workflows (Workflow Management for Engineering Processes) verfolgt er das Ziel, semi-strukturierte Prozesse zu steuern, die Unterstützung eines prozesskoordinierten Simultaneous Engineering, die dynamische Anpassung der Prozessstruktur entsprechend der aktuellen Produktausprägungen sowie die Berücksichtigung übergeordneter Projektmeilensteine. BEUTER legt besonderen Fokus auf Datenkonsistenz im Prozess sowie die Modellierung der einzelnen Aspekte der Workflows. In diesem Modell werden die Anforderungen an eine Workflowunterstützung in der Entwicklung umgesetzt, wie zum Beispiel die parallele Abarbeitung von Schritten oder der Umgang mit noch unvollständigen Daten. Hier wurde ein Algorithmus entwickelt, der automatisch den geplanten Workflow anpasst, allerdings ohne Einbeziehung des Anwenders. Zur Unterstützung unstrukturierter Teilprozesse werden diese nicht aufgaben- sondern zielorientiert beschrieben. Die entwickelten Konzepte werden anhand von UML-Modellen (Unified Modelling Language) beschrieben und deren Anwendbarkeit anhand von Beispielszenarios theoretisch nachgewiesen.



**Bild 4.18** Schritte der Prozessplanung [nach REDENIUS 2006, S. 113]

REDENIUS entwickelt ein Verfahren zur Planung von Entwicklungsprozessen für fortgeschrittene mechatronische Systeme. Er hat das Ziel die Wissensspeicherung, Auswahl und Anpassung von Entwicklungsprozessen für mechatronische Produkte zu unterstützen. Zur Abbildung der Entwicklungsprozesse wird in diesem Ansatz OMEGA als Prozessmodellierungsmethode angewendet. Die Prozessplanung wird anhand einer Produktklassifikation und Problembeschreibung auf unterschiedliche Art und Weise durchgeführt. Der Fokus des Ansatzes liegt auf der Wiederverwendung und Anpassung bereits erfolgreicher Entwicklungsprozesse für ähnlich charakterisierte Probleme. Die vier wesentlichen Schritte der Prozessplanung sind in Bild 4.18 dargestellt. Sind zum Zeitpunkt

der ersten Prozessplanung noch keine ausreichenden Informationen über das Ziel vorhanden um ähnliche Probleme und entsprechende Prozesse zu finden, werden zunächst die ersten Schritte geplant und aufbauend auf deren Ergebnissen für das weitere Vorgehen erneut nach Ähnlichkeiten gesucht. Im Fall von Neuentwicklungen wird ein grober Prozessplan erstellt, der mittels spezifischer Prozessbausteine im Verlauf detailliert wird. Das Vorgehen wird am Beispiel der Entwicklung von Schienenfahrzeugen verdeutlicht.

SALEIN beschreibt eine Methodik zum situationsspezifischen Planen marktgerechter technischer Produkte. Dabei liegt der Fokus zwar eindeutig auf der Planung von Produkteigenschaften, allerdings ist diese Arbeit aufgrund der verwendeten Situationsbeschreibung relevant für die vorliegende Arbeit. SALEIN erarbeitet zur Beschreibung der Situation der Produktplanung einen Katalog von 16 Situationsmerkmalen [SALEIN 1999, S. 129]. Aufbauend auf der Situationsanalyse werden Handlungsempfehlungen für das Vorgehen in der Produktplanung abgeleitet.

Ein Verfahren zur Verkürzung des Entwicklungsprozesses stellt SLAMA vor. Unternehmensspezifisch werden unterschiedliche Zeittreiber, die zu langen Entwicklungszeiten führen, identifiziert. Nach der Identifikation der Zeittreiber, werden entsprechende Maßnahmen zur Prozessverkürzung ermittelt, deren Nutzen bewertet und die Prozessoptimierung von Innovationsprozessen vorgenommen. Die Schritte der einzelnen Phasen können Tabelle 4.2 entnommen werden.

Die Betrachtung bezieht sich auf die Phasen des Entwicklungsprozesses und wie diese durch Maßnahmen zur Optimierung der identifizierten Zeittreiber verkürzt werden können. Dies umfasst eine unternehmensweite Analyse der Erfolgsfaktoren. Dementsprechend werden primär allgemeine, prozessübergreifende Maßnahmen abgeleitet, und die eigentliche Planung des Entwicklungsprozesses nicht unterstützt.

**Tabelle 4.2 Phasen und Schritte des Verfahrens zur Verkürzung der Entwicklungsdauer [SLAMA 2010, S. 63]**

Phasen des Verfahrens	Schritte der Phasen
1. Identifikation der situations-spezifischen Zeittreiber und Maßnahmen	1.1 Festlegung der zu befragenden Wissensträger 1.2 Erhebung der verkürzungsrelevanten Phasen des Entwicklungsprozesses 1.3 Vermittlung eines Zeittreiberverständnisses 1.4 Erhebung der situationsspezifischen Zeittreiber und Maßnahmen
2. Messung der situationsspezifischen Zeittreiber und Maßnahmen	2.1 Operationalisierung der Zeittreiber und Maßnahmen 2.2 Messung der Zeittreiber und Maßnahmen
3. Bewertung der situations-spezifischen Zeittreiber und Maßnahmen	3.1 Einsortierung der Zeittreiber und Maßnahmen in Portfolios 3.2 Bewertung der Zeittreiber und Maßnahmen
4. Optimierung der situations-spezifischen Zeittreiber	4.1 Erstellung eines Umsetzungsplanes für die Maßnahmen 4.2 Maßnahmenumsetzung

BROWNING et al. beschreiben schließlich Entwicklungsprozesse als Systeme, die genau wie Produkte beschrieben werden müssen, an deren Beschreibung aber deutlich andere Anforderungen gestellt werden, als an Produktmodelle. Sie geben einen Überblick über bestehende Prozessmodellierungsmöglichkeiten und stellen diese gegenüber [BROWNING et al. 2006, S. 112ff]. Sie schlagen vor ein „General Framework“ für Prozessmodelle zu bilden, das einerseits die klassischen Relationen in Prozessmodellen abbildet (Lieferant – Input – Prozess – Output – Kunde), andererseits aber alle weiteren Attribute eines Prozessschrittes abspeichern kann. Zu diesen Attributen gehören beispielsweise Werkzeuge, Organisationseinheiten, Produktelemente und Ziele. Weiterhin ist eine vererbende Hierarchie der Prozessschritte im „General Framework“ vorgesehen. Der Einsatz dieses Frameworks soll es ermöglichen, aufbauend auf der gleichen Daten- und Informationsbasis, Prozessmodelle anhand einer Filterung nach Attributen für unterschiedliche Zwecke auszuleiten. Eine schnelle Ergänzung und Anpassung des Prozessmodells wird vom General Framework ebenfalls erwartet [BROWNING et al. 2006, S. 123].

#### 4.5.2 Vergleich der Ansätze und Ableitung des Forschungsbedarfs

Die Darstellung der bestehenden Ansätze zur Prozessunterstützung zeigt, dass bereits umfangreiche Aktivitäten zur Optimierung von Entwicklungsprozessen bestehen. Diese decken aber nicht den für diese Arbeit definierten Betrachtungsbereich ab. Um den Forschungsbedarf zur situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung ableiten zu können, werden die einzelnen Ansätze gegenübergestellt und geklärt, an welchen Stellen eine Unterstützung, wie sie in dieser Arbeit angestrebt wird, noch nicht erfüllt ist.

Einige der vorgestellten Ansätze berücksichtigen bereits die Entwicklungssituation für die Prozessplanung. Dies sind die Ansätze von PONN, DEMERS, REDENIUS und SALEIN. In Bezug auf eine praktische Unterstützung einer situationsspezifischen Prozessplanung weisen diese Ansätze noch Mängel auf. So bezieht sich der Ansatz von PONN nur auf die Phase der Konzeptentwicklung, nicht auf den gesamten Entwicklungsprozess. Weiterhin wird nicht der gesamte Prozess der Konzeptentwicklung, sondern nur der nächste Folgeschritt geplant. Eine Unterscheidung unterschiedlicher Rollen und Ebenen der Prozessplanung wird ebenfalls nicht vorgenommen.

Der Ansatz von DEMERS deckt zwar den gesamten Entwicklungsprozess ab, allerdings ist die Situationsanalyse zu aufwändig, um sie laufend während des Prozesses zur Planung heranzuziehen. Im Ansatz von REDENIUS entspricht die Problembeschreibung einer Situationsbeschreibung, wie sie in dieser Arbeit eingeführt wird. Seine Arbeit liefert aber ebenfalls keine Unterscheidung der Rollen und Ebenen der Prozessplanung. Weiterhin basiert dieser Ansatz auf einer Fallbasis bereits abgeschlossener Entwicklungsprozesse, die zur Anwendung des Ansatzes sehr groß sein muss. Es muss demnach zur Anwendung dieses Ansatzes ein großer Erfahrungsschatz im Unternehmen vorliegen und dokumentiert sein, was in der Praxis eine Hürde in der Anwendung darstellt. Der Ansatz von SALEIN liefert zwar einen Ansatz zur Situationsanalyse, aber einerseits ist diese mit 16 Parametern sehr umfangreich und andererseits fehlt durch den Fokus auf die Produktplanung eine Unterstützung der Prozessplanung völlig.

Die weiteren vorgestellten Ansätze unterstützen zwar auf unterschiedliche Art und Weise die Entwicklungsprozessplanung, beziehen dazu aber die Entwicklungssituation nicht mit ein.

Neben der fehlenden Berücksichtigung der Entwicklungssituation trifft FREISLEBEN keine Unterscheidung unterschiedlicher Rollen oder Ebenen in der Prozessplanung. Dem operativ arbeitenden Ingenieur wird dementsprechend keine Unterstützung in seiner konkreten Vorgehensplanung angeboten. Die Verknüpfung von Prozessschritten, Methoden und Rechnerwerkzeugen in einem Prozessmodell zur Durchführung eines Entwicklungsprojektes, das nicht während der Bearbeitung anpassbar ist, liefert aber trotzdem den operativ tätigen Entwicklern eine gute Unterstützung.

Der Ansatz von VOIGTSBERGER sieht ebenfalls keine Unterstützung der Detailplanung der operativen Prozessschritte während der Prozessausübung vor. So fließt die Entwicklungssituation nicht in die Planung ein und die unterschiedlichen Rollen von Projektplanung und Projektbearbeitung werden ebenfalls nicht definiert.

Im Vorgehen von SLAMA sind, genau wie in den vorgehenden Ansätzen, weder Situationsbeschreibung noch eine Unterscheidung von Planungsebenen vorgesehen. Darüber hinaus ist sein Ansatz sehr allgemein gehalten und liefert keine explizite Unterstützung in der Planung und Modellierung von Entwicklungsprozessen, sondern greift auf einem abstrakteren, unternehmensübergreifenden Level mit seinen Maßnahmen an.

Der von BROWNING et al. vorgestellte Ansatz eines allgemeingültigen Prozessmodells bleibt sehr allgemein. Es werden weder Prozessschritte noch deren Verknüpfung zu einem Modell beschrieben. Dementsprechend wird an dieser Stelle die Situation genau wie in den vorher diskutierten Ansätzen nicht berücksichtigt.

Die von BICHLMAIER entwickelten Prozessbausteine liefern eine sehr gute Grundlage zur Entwicklungsprozessplanung, betrachten aber neben den im Prozess erzeugten Ergebnissen keine weiteren Elemente der Entwicklungssituation. Die im Prozessbaukasten definierten Schritte sind stark auf die Einbeziehung der Montage in die Entwicklung bezogen und für die in dieser Arbeit vorgesehene Unterstützung der operativen Ebene nicht detailliert genug beschrieben. Die Beschreibung der Prozessbausteine ist aufwändig, was eine Einstiegshürde in der praktischen Anwendung bedeuten kann; ist sie aber für ein Unternehmen vollständig, so ermöglicht sie eine schnelle Erstellung und Anpassung von Prozessmodellen.

BEUTER bezieht in seine Workflowdefinition die Entwicklungssituation nur rudimentär ein. Es werden im Entwicklungsworkflow regelbasierte Änderungen vorgesehen, auf die der Entwickler keinerlei Einfluss hat. Eine Unterstützung in der Feinplanung der Prozesse durch die Entwickler ist demnach nicht vorgesehen. Weiterhin ist seiner allgemeinen Workflowbeschreibung kein Modell des Entwicklungsprozesses hinterlegt und kein Vorgehen der Workflowplanung beschrieben. Es werden außerdem weder eine Situationsanalyse oder -beschreibung, noch die Auswahl der Prozessschritte durch die Entwickler unterstützt. BEUTER trifft ebenfalls keine Beschreibung unterschiedlicher Rollen von Prozessbeteiligten.

*Bei der Gegenüberstellung der vorliegenden Ansätze fällt auf, dass keiner der Ansätze bislang unterschiedliche Ebenen und Rollen der Prozessplanung berücksichtigt. Die Ansätze beziehen sich entweder auf die Prozessplanung auf Projektebene oder unterstützen die Planung der feingranulareren operativen Prozesse. Eine Verknüpfung der übergeordneten Projektebene*

*mit der operativen Ebene wurde folglich für die Entwicklungsprozessplanung bislang nicht umgesetzt. Dabei ist es nur über eine solche Verknüpfung der Ebenen möglich, einerseits das Gesamtziel vor Augen zu behalten, sich aber andererseits auf die Teilziele der Baugruppen und Bauteile zu fokussieren, um schließlich ein Gesamtoptimum für das Produkt zu erzielen. An dieser Stelle besteht demnach weiterer Forschungsbedarf. Die Wichtigkeit dieser Verknüpfung wurde beispielsweise von WERTH beschrieben. Für den Bereich der Produktentwicklungsprozesse wurde demnach festgestellt, dass intensive Kommunikation und Informationsaustausch essentielle Faktoren für eine erfolgreiche Produktentwicklung darstellen. Gerade bei steigender Produktkomplexität und sinkenden Entwicklungszeiten erfordert eine effektive Zusammenarbeit ein intensives Kommunikationsmanagement [WERTH 2007, S. 31f]. Dies gilt für alle Prozessbeteiligten, d. h. Beteiligte unterschiedlicher Bereiche und Domänen, genauso wie für Beteiligte unterschiedlicher Hierarchiestufen.*

*Entsprechend der in den jeweiligen Ansätzen unterstützten Szenarios sind die Prozessmodelle gestaltet. Das heißt, sie sind entweder sehr detailliert dargestellt oder bleiben auf einer eher abstrakten Ebene. Das macht die in den bestehenden Ansätzen entwickelten Prozessmodelle genau wie die in Kapitel 4.2 vorgestellten Modelle für diese Arbeit nicht anwendbar. Es besteht infolgedessen Bedarf nach einem Entwicklungsprozessmodell, das die Planung auf unterschiedlichen Ebenen unterstützt und flexibel anpassbar ist.*

*Weiterhin sind die in den Ansätzen entwickelten Vorgehensmodelle bislang nicht allgemein anwendbar. Dies bedeutet, dass entweder Projektplanungs- oder operative Ebene im Vorgehensmodell beschrieben werden. Eine Verknüpfung der beiden Ebenen wird somit bislang nicht gewährleistet und muss für den in dieser Arbeit vorgestellten Ansatz entwickelt werden.*

*Die Berücksichtigung der Entwicklungssituation ist ebenfalls im Großteil der vorgestellten Ansätze nicht vorgesehen. Um zielgerichtet, schnell und effektiv auf Änderungen der Rahmenbedingungen der Entwicklung reagieren zu können ist dies unerlässlich. Die Ansätze, die eine Situationsanalyse vorsehen, führen, wie bereits in Kapitel 4.4 dargestellt wurde, meist sehr umfangreiche Analysen ein. Die Akzeptanz und Anwendbarkeit dieser ausführlichen Analysen in der Praxis muss allerdings hinterfragt werden. Auf Basis dieser Erkenntnisse wird für die vorliegende Arbeit das Ziel abgeleitet, eine möglichst aufwandsarme Situationsanalyse zu entwickeln, die trotzdem die wesentlichen Aspekte der Produktentwicklung abdeckt.*

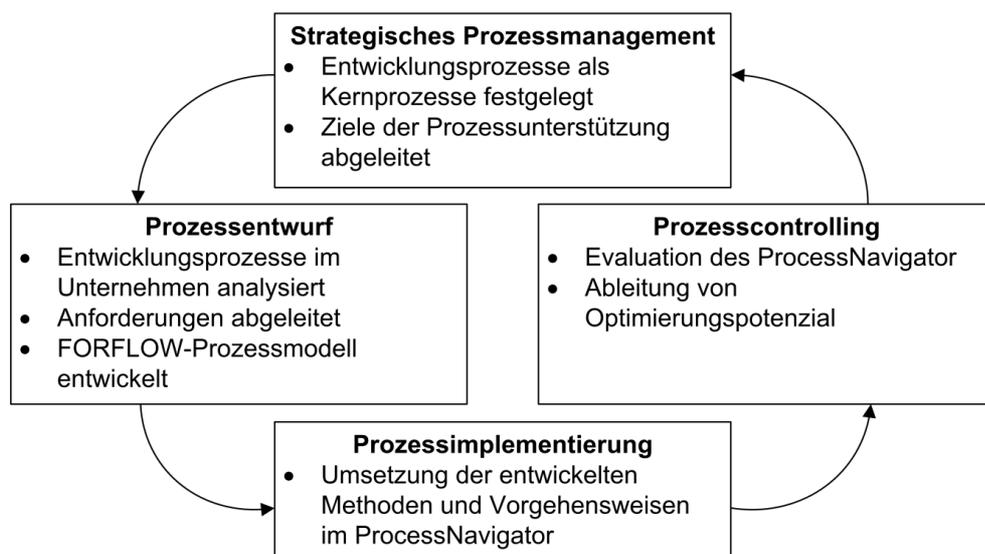
*Zur Evaluation von vielen der bestehenden Ansätze werden Softwarewerkzeuge entwickelt. Um die Anwendbarkeit der in dieser Arbeit entwickelten Vorgehensweise nachzuweisen, werden diese ebenfalls in ein Softwarewerkzeug umgesetzt. Die Evaluation der Software geht dabei deutlich über die Ansatzbewertung anhand von UML-Modellen von BEUTER hinaus.*

## 5. Situationsspezifische Entwicklungsprozessplanung

Aufbauend auf der Darstellung des Unterstützungsbedarfes in der Praxis und in Abgrenzung zu den in Kapitel 4 dargestellten bestehenden Ansätzen, wird im Folgenden der Ansatz zur situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen detailliert vorgestellt.

Ziel dieses Ansatzes zur situationsgerechten Entwicklungsprozessplanung ist, einen Workflow in der Produktentwicklung zu ermöglichen. Dazu müssen die besonderen Gegebenheiten der Produktentwicklung berücksichtigt werden. SCHMITT definiert den Workflow als: „Die richtigen Daten zur richtigen Zeit der richtigen Person zur Verfügung zu stellen.“ Dieses in der Produktentwicklung zu identifizieren ist deutlich schwieriger, als in repetitiven Prozessen.

Die Entwicklung der situationsgerechten Unterstützung in der Planung von Produktentwicklungsprozessen wurde anhand der vier Schritte des Geschäftsprozessmanagement-Kreislaufes nach ALLWEYER durchgeführt (siehe Bild 5.1). Zunächst wurden im Rahmen des strategischen Prozessmanagements die Entwicklungsprozesse als Kernprozesse der Betrachtung festgelegt sowie die Ziele der Unterstützung abgeleitet. In der Phase des Prozessentwurfes wurden Entwicklungsprozesse im Unternehmen analysiert, daraus Anforderungen an neue Prozessmodelle abgeleitet und schließlich das generische FORFLOW-Prozessmodell entworfen. Für die Prozessimplementierung wurden die entwickelten Methoden und Vorgehensweisen in einer Software zur Unterstützung von Entwicklungsprozessen umgesetzt und schließlich im Prozesscontrolling die Wirksamkeit der entwickelten Unterstützung im Rahmen der Evaluation überprüft. Daran schließt sich die Diskussion darüber an, in welcher Form die bestehende Unterstützung weiter verbessert werden kann. Dadurch wird der Rücksprung zum strategischen Prozessmanagement durchgeführt und der Kreislauf von Neuem begonnen.



**Bild 5.1** Vorgehen in der Entwicklung der situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung [in Anlehnung an ALLWEYER 2007, S. 91]

Bevor die einzelnen Elemente des Ansatzes beschrieben werden, wird eine Einordnung der Ergebnisse in den Forschungsverbund FORFLOW vorgenommen. Anschließend werden die Anforderungen an eine situationsspezifische Entwicklungsprozessplanung geklärt. Darauf aufbauend werden die einzelnen Aspekte des Ansatzes dargestellt und schließlich deren Zusammenspiel und die Umsetzung des Ansatzes im ProcessNavigator beschrieben.

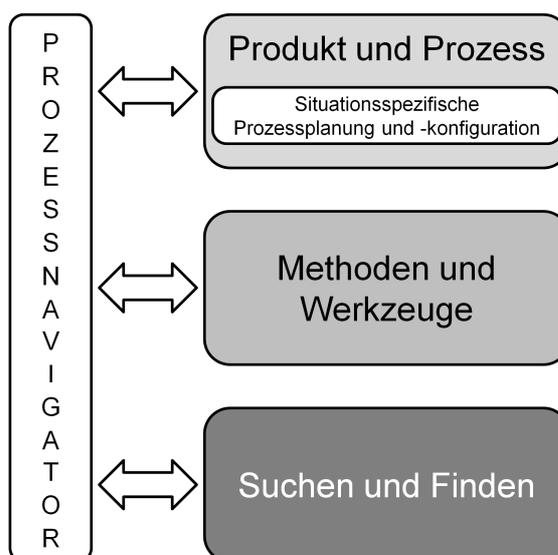
Als grundlegendes Element wird als erstes das FORFLOW-Prozessmodell ausführlich dargestellt. Weiterhin wird das Vorgehensmodell Product Model Driven Development (PMDD) [ROELOFSEN et al. 2007b], das zur situationsspezifischen Planung von Entwicklungsprozessen herangezogen wird, vorgestellt. Einen weiteren wichtigen Anteil nehmen die Beschreibung der Entwicklungssituation und die Auswahl der für die Prozessplanung relevanten Parameter ein. Schließlich werden die für die Prozessplanung berücksichtigten Rollen und Ebenen dargestellt, bevor die einzelnen Elemente in Kapitel 5.8 zu einer Prozessplanungsmethodik zusammengeführt werden. Die Darstellung der Implementierung dieser Methodik im ProcessNavigator und ein Fazit bilden den Abschluss des Kapitels.

## **5.1 Einordnung der Arbeit in den Forschungsverbund FORFLOW**

Bevor im Folgenden der Ansatz zur situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen dargestellt wird, erfolgt eine Einordnung der Forschungstätigkeiten und -ergebnisse in den Kontext des Forschungsverbundes FORFLOW, der vom 01.10.2006 bis 30.09.2009 von der Bayerischen Forschungsförderung gefördert wurde und in dessen Verlauf die hier vorgestellten Ergebnisse entwickelt wurden.

Im Rahmen des Forschungsverbundes für Prozess- und Workflowunterstützung zur Planung und Steuerung der Abläufe in der Produktentwicklung wurden zwölf Projekte durchgeführt. Daran waren Forschungsinstitute aus dem Maschinenbau und der Informatik beteiligt, die zur Sicherstellung der Praxisrelevanz der Ergebnisse von 21 industriellen Partnern unterstützt wurden.

Die Projekte wurden in die Bereiche „Produkt und Prozess“, „Methoden und Werkzeuge“, „Suchen und Finden“ sowie „Der FORFLOW-ProcessNavigator“ unterteilt. Das Projekt „Situationsspezifische Prozessplanung und -konfiguration“, aus dem die Ergebnisse für diese Dissertation hervorgegangen sind, war in den Bereich „Produkt und Prozess“ eingeordnet. Eine Übersicht über die vier Bereiche, ihre Zusammenarbeit und die Einordnung des Projektes „Situationsspezifische Prozessplanung und -konfiguration“ ist Bild 5.2 zu entnehmen.

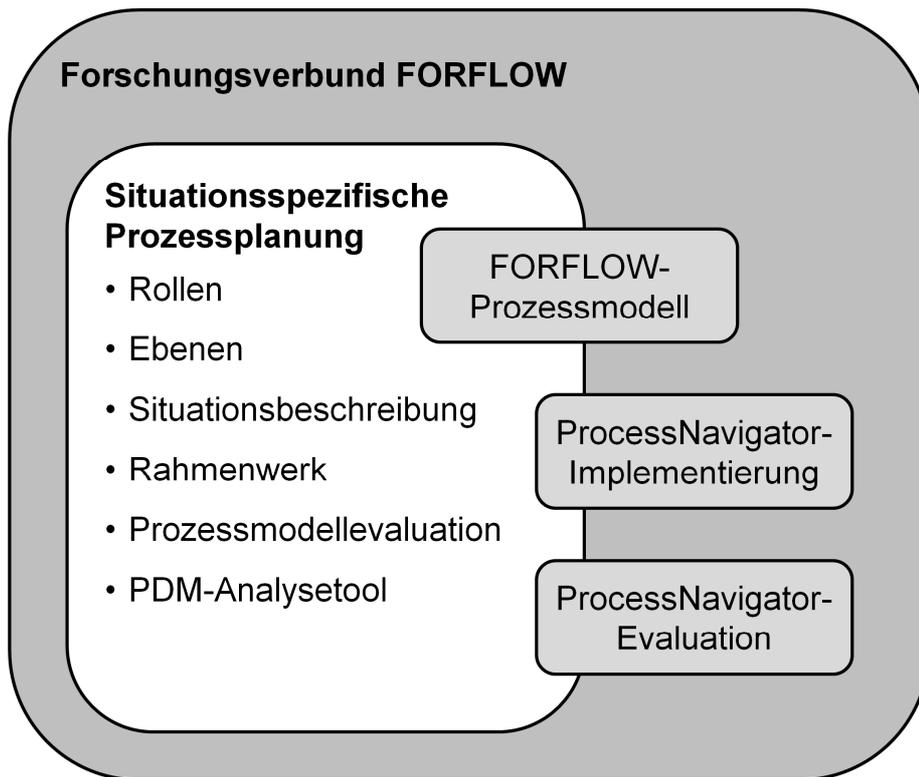


**Bild 5.2 Bereiche des Forschungsverbundes FORFLOW**

Das Ziel des Projektes wie auch das der vorliegenden Arbeit war es, eine flexible Entwicklungsprozessplanung zu schaffen, die es sowohl projektplanenden als auch operativ tätigen Entwicklern ermöglicht, schnell auf Änderungen der Randbedingungen in der Entwicklung zu reagieren. Durch den Verbundcharakter des Projektes wurden einige Arbeitspakete in Kooperation der Projekte erstellt. Da diese Teilergebnisse zur Darstellung des Rahmenwerkes zur situationspezifischen Prozessplanung notwendig sind, werden sie in den folgenden Teilkapiteln ebenfalls vorgestellt. Bild 5.3 gibt einen Überblick über die Ergebnisse des Projektes „Situationspezifische Prozessplanung und -konfiguration“. Weiterhin wird dargestellt, welche für die situationsgerechte Prozessplanung relevanten Teilergebnisse darüber hinaus in Kooperation mit dem restlichen Forschungsverbund entstanden sind.

Ein wesentliches in Kooperation erarbeitetes Ergebnis des Forschungsverbundes ist das FORFLOW-Prozessmodell. Zur Darstellung der Ergebnisse eines großen Teils der Projekte war ein geeignetes Prozessmodell notwendig. Aufgrund der Nachteile bestehender Prozessmodelle, die in Kapitel 4.2.2 dargestellt wurden, konnten diese nicht zur Ergebnisdarstellung im Verbund genutzt werden. Die Entwicklung eines neuen Prozessmodells wurde in der Folge besonders aus dem Projekt „Situationspezifische Prozessplanung und -konfiguration“ heraus vorangetrieben und durchgeführt, da ein flexibles Prozessmodell ein wesentlicher Grundstein für die Prozessplanung ist.

Darüber hinaus flossen teilweise die Ergebnisse des Projektes „Gezielte Integration von Produktmodellen in den Entwicklungsprozess“ in das Vorgehensmodell Product Model Driven Development ein. Wie in Kapitel 5.4 dargestellt wird, fokussiert das Vorgehensmodell auf Produktmodelle als wesentliche Ergebnisse des Produktentwicklungsprozesses. Da einerseits zur Prozessplanung das Wissen über vorliegende Produktmodelle eine wichtige Eingangsgröße für die Prozessplanung ist und andererseits der Prozess für eine Produktmodellintegration notwendig ist, wurden an dieser Stelle die Ergebnisse des anderen Projektes berücksichtigt.



**Bild 5.3 Entwicklung der situationsspezifischen Prozessplanung im Forschungsverbund FORFLOW**

Die Ergebnisse des Forschungsverbundes wurden im FORFLOW-ProcessNavigator zusammengetragen. Eines der Projekte war mit der Umsetzung der in den übrigen Projekten entwickelten Ergebnisse in die prototypische Software befasst. Ziel dieses Projektes war es, die Teilergebnisse zu integrieren sowie die praktische Anwendbarkeit und Umsetzbarkeit der entwickelten Methoden und Vorgehensweisen überprüfbar zu machen. Um diese Umsetzbarkeit für die in dieser Arbeit generierten Ergebnisse ebenfalls nachzuweisen, wird in Kapitel 5.9 die Umsetzung der situationsspezifischen Prozessplanung im ProcessNavigator beschrieben.

Schließlich wurde die prototypisch umgesetzte Software im Rahmen eines Projektes evaluiert. Der Teil dieser Evaluation, der sich auf die situationsgerechte Entwicklungsprozessplanung bezieht, wird in Kapitel 6.4 als ein Teil der Evaluation beschrieben. Sowohl die Darstellung eines Teils des ProcessNavigators als auch dessen Evaluation sind zur Bewertung der praktischen Einsetzbarkeit der situationsspezifischen Prozessplanung notwendig.

Neben diesen in Kooperation erstellten Ergebnissen wurde der größte Teil der in dieser Arbeit vorgestellten Ergebnisse im Rahmen des Projektes „Situationsspezifische Prozessplanung und -konfiguration“ erarbeitet. Diese umfassen einerseits die Definition der Rollen und Ebenen der Prozessplanung andererseits die Beschreibung der Entwicklungssituation. Ein weiteres wesentliches Ergebnis besteht in der Verknüpfung der Situationsbeschreibung mit der Planung des Entwicklungsprozesses. Dies ist der grundsätzlich notwendige Schritt, um eine situationsgerechte Planung des Entwicklungsprozesses überhaupt zu ermöglichen. Außerdem wurde die Integration der Einzelelemente (Prozessmodell, Vorgehensmodell, Situationsbeschreibung, Rollen, Ebenen) in das Rahmenwerk zur situationsspezifischen

Entwicklungsprozessplanung vorgenommen (siehe Kapitel 5.8). Die Ableitung der Vorgehensweisen der Prozessplanung für die unterschiedlichen Planungsrollen wurde dabei ebenso durchgeführt, wie die Beschreibung der Regeln zur Prozessauswahl und -anpassung. Eine große Herausforderung in der Integration der Teilaspekte in das Rahmenwerk zur situationsspezifischen Prozessplanung bestand darin, die Einzelelemente so aufeinander abzustimmen und anzupassen, dass ein Zusammenwirken der Elemente für eine erfolgreiche Prozessplanung ermöglicht wird. Schließlich wurde zur Evaluation des Rahmenwerkes einerseits die Überprüfung der praktischen Anwendbarkeit des FORFLOW-Prozessmodells durchgeführt, andererseits das Tool zur Analyse von PDM-Daten entwickelt. Dieses Tool kann künftig zur Evaluierung der Wirksamkeit des Einsatzes der situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung eingesetzt werden.

*Die hier bereits im Ansatz dargestellten Einzelelemente sowie das Rahmenwerk zur situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung werden im Anschluss an die Anforderungsklärung ausführlich vorgestellt.*

## **5.2 Anforderungen an die situationsspezifische Entwicklungsprozessplanung**

Die Anforderungen an eine situationsspezifische Entwicklungsprozessplanung leiten sich aus der Darstellung der Entwicklungssituationen von Entwicklungsingenieuren sowie der Herausforderungen der übergreifenden Projektebene in Kapitel 3 und den Vor- und Nachteilen bestehender Ansätze der Prozessunterstützung ab. Aus dem klassischen Prozessmanagement, Prozessstandards und Qualitätsnormen werden ebenfalls Anforderungen an die situationsgerechte Prozessplanung abgeleitet. Die Erfüllung der im Folgenden definierten Anforderungen an den Ansatz zur Unterstützung einer flexiblen Prozessplanung wird in Kapitel 6 evaluiert. Die aus der Literatur abgeleiteten Anforderungen wurden aufbereitet und mit Teilnehmern des Industrieworkshops (siehe Kapitel 3.5) diskutiert, um ihre Praxisrelevanz zu überprüfen. Dabei wurden einige der Anforderungen für den Ansatz als nicht relevant eingestuft, zusätzliche Anforderungen aufgenommen und die Anforderungen priorisiert.

Es gibt neben den für die einzelnen Elemente spezifischen Anforderungen auch solche, die für alle Elemente des Vorgehens gleichermaßen gelten. Dazu gehören die Anforderungen, die beispielsweise aus der DIN EN ISO 9000: 2005 an das Prozessmanagement im Unternehmen zur Zertifizierung gestellt werden. Diese sind in der Norm sehr allgemein gehalten: Das Unternehmen muss demnach seine Prozesse kennen und festlegen, sowie die Voraussetzungen für die Durchführung und das Management der Prozesse schaffen und diese gewährleisten. Weiterhin müssen Prozesse überwacht und ständig verbessert werden. Die Dokumentation der Prozesse wird vorgeschrieben, auf Art und Umfang der Dokumentation wird aber nicht eingegangen. Insgesamt wird festgehalten, dass jedes Unternehmen selbst die geeigneten Prozesse festlegen muss [ALLWEYER 2007, S. 284ff].

Die dargestellten Anforderungen an ein Prozessmanagement im Unternehmen muss ein Ansatz zur situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung erfüllen können. Die in der Norm beschriebene Verantwortung der Unternehmensleitung beispielsweise in Form der

Formulierung von Qualitätszielen kann ein derartiges Vorgehen dagegen nicht beeinflussen. Neben diesen allgemeinen Ansprüchen an das Vorgehen werden im Folgenden zur übersichtlichen Darstellung die Anforderungen für die einzelnen Elemente des Ansatzes dargestellt. Die Reihenfolge entspricht an dieser Stelle der Reihenfolge, in der später die einzelnen Bausteine der Prozessplanungsmethodik vorgestellt werden.

Eine Zusammenfassung aller im Folgenden geschilderten Anforderungen findet sich in Anhang 9.1 der Arbeit.

### **Anforderungen an das Prozessmodell**

Die wesentliche Anforderung, die an das Prozessmodell als Grundlage des Vorgehens zur situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen zu stellen ist, ist das Schaffen von Prozesstransparenz. Weiterhin muss das Prozessmodell einem Audit nach den gängigen Normen, beispielsweise der ISO 9000-Reihe [DIN EN ISO 9000: 2005ff], stand halten.

Unabhängig von der Art des Prozesses formulieren GAITANIDES et al. eine Reihe von Anforderungen an die Prozessdokumentation bzw. das Prozessmodell [GAITANIDES et al. 1994, S. 39ff]. Die wesentliche Aufgabe der Dokumentation ist es demnach, eine größere Prozessstrukturtransparenz zu schaffen, d. h. die Erfassung, Strukturierung und Darstellung von Arbeitsabläufen. Als besonders wichtig wird hierbei eine gute Visualisierung angesehen. Diese soll die Verständlichkeit des Modells auch für unerfahrene Nutzer unterstützen [REDENIUS 2006]. Modell und zugehörige Darstellung sind möglichst kurz und prägnant zu halten und es ist eine einheitliche, möglichst einfache Prozesssprache zu verwenden, damit auch umfangreiche Prozessmodelle schnell erfasst werden können. Weiterhin wird auf den Detaillierungsgrad eingegangen [GAITANIDES et al. 1994, S. 42]. Dieser soll sich am Prozessumfang orientieren. Allerdings wird der Detaillierungsgrad durch das Informationsbedürfnis der Prozessbeteiligten sowie des Managements bestimmt, was dazu führt, dass der Detaillierungsgrad für unterschiedliche Teilprozesse unterschiedlich ausfallen kann. Wichtig ist in diesem Zusammenhang die Vollständigkeit des Prozessmodells [REDENIUS 2006]. Dazu gehört die Festlegung von Verantwortlichkeiten für einzelne Prozessschritte. Ein Prozessmodell muss demnach die Anwender mit allgemeingültigem, prozessbezogenem Wissen ausstatten, andererseits einfach mit firmenspezifischem und produktbezogenem Wissen erweiterbar sein. Die Dokumentation von Entscheidungen in Bezug auf Produkt und Prozess sowie der Entscheidungswege kann das Verständnis deutlich verbessern [FREISLEBEN 2001].

BURGHARD fordert ebenfalls einige wesentliche Eigenschaften der Dokumentation von Prozessmodellen. Diese muss verständlich, richtig und aktuell sein. Weiterhin ist ein schneller Zugriff auf die Dokumentation zu ermöglichen, eine möglichst leichte Navigation vorzusehen, der Änderungsaufwand gering zu halten und die Bereitstellung der wesentlichen Informationen zum Prozessverständnis zu fokussieren [BURGHARD 2007, S. 36].

Bei der Modellierung von Prozessen ist zu beachten, dass eine zu starke Unterteilung der Prozesse die Gefahr birgt, dass neue Schnittstellen, Koordinationsinstanzen und Redundanzen entstehen. Hier besteht die Schwierigkeit, das Optimum aus ganzheitlicher Vorgangsbearbeitung und Arbeitsteilung zu finden [QUINT 2004, S. 37], d. h. einen adäquaten

Detailierungsgrad des Prozessmodells zu definieren und die Verantwortlichkeiten für die einzelnen Prozessschritte und Teilprozesse sinnvoll festzulegen.

In Bezug auf die Umsetzung des Modells ist es wichtig, dass es eine rechnerunterstützte Gestaltung und Optimierung der Prozesse erlaubt. Neben der Möglichkeit zur Optimierung der Prozesse sollten Strategien zur Parallelisierung von Aufgaben und Teilprozessen entwickelt werden [FREISLEBEN 2001]. Selbstverständlich muss bei der Entwicklung von Prozessmodellen immer darauf geachtet werden, dass die modellierten Prozesse unter den gegebenen Randbedingungen im Unternehmen überhaupt auszuführen sind.

Spezifisch für die Abbildung von Produktentwicklungsprozessen (PEP) sind ebenfalls einige Anforderungen zu erfüllen. Da PEPs meist nicht vorhersehbar sind und iterativ ablaufen, muss eine sinnvolle Unterstützung der Prozessplanung und Durchführung flexibel gestaltet sein. Starre und unflexible Prozessmodelle stoßen hier an ihre Grenzen [Paetzold 2004]. Vielmehr muss eine flexible und dynamische Anpassung der Prozesse entsprechend der aktuellen Aufgabe bzw. Produktausprägung genauso möglich sein, ebenso wie ein flexibles Reagieren auf Änderungen im laufenden Entwicklungsprozess [BEUTER 2003; FREISLEBEN 2001]. Der Anwender des Prozesses sollte folglich in die Lage versetzt werden, sich innerhalb eines gewissen Rahmens flexibel sein eigenes Vorgehen zu planen [FREISLEBEN 2001], was durch die Unterstützung unstrukturierter Teilprozesse innerhalb vorgegebener Prozessstrukturen erreicht werden kann [BEUTER 2003].

Zur Unterstützung der Prozesse in der Produktentwicklung, ist es notwendig, Prozesskonzepte für die Bereiche Produktplanung, Konstruktion und Produktionsvorbereitung zu erstellen [FREISLEBEN 2001]. Eine Abstimmung zwischen Prozess- und Projektplanung [BEUTER 2003] sowie eine Möglichkeit zum Monitoring des Prozessfortschrittes [REDENIUS 2006] sollten ebenfalls vorgesehen werden.

Weiterhin unterstützt das in diesem Ansatz verwendete Prozessmodell einige weitere, wesentliche Aspekte, die in bislang genutzten Entwicklungsprozessmodellen oft nur teilweise oder gar nicht umgesetzt werden [KREHMER et al. 2010]:

- Situationsspezifische Prozessplanung
- Integration mechatronischer Aspekte
- Integration von Iterationen und Lessons Learned
- Produktabstimmung auf mehreren Ebenen
- Integration von Simultaneous und Concurrent Engineering
- Dynamische Verknüpfung des FORFLOW-Prozessmodells mit Produktmodellen
- Design for X-Unterstützung
- Integration der CAx-Werkzeuge (Überbegriff für unterschiedliche Rechnerwerkzeuge in der Produktentwicklung)

Die Umsetzung der oben genannten Anforderungen im FORFLOW-Prozessmodell, insbesondere die Berücksichtigung der zuletzt genannten Aspekte, wird in Kapitel 5.3 ausführlich erläutert.

### **Anforderungen an das Vorgehensmodell**

Die Anforderungen, die an das Vorgehensmodell zur situationsspezifischen Planung werden als nächstes vorgestellt. Allgemein stellt ein Vorgehensmodell eine modellhafte, abstrahierende Beschreibung einer Vorgehensweise für einen definierten Problembereich dar, die in einer Vielzahl von Einzelfällen anwendbar ist [STAHLKNECHT et al. 2005, S. 215]. SCHMIDT fasst nicht nur Vorgehensweisen sondern auch Richtlinien, Empfehlungen und Prozesse unter diese Definition [SCHMIDT 2002, S. 79]. Um dies zu ermöglichen, muss ein Vorgehensmodell alle wesentlichen Schritte zur Zielerreichung abbilden und soweit nötig alle Beteiligten und Verantwortlichen aufzeigen. Darüber hinaus sollte es für alle, die das Vorgehensmodell anwenden, leicht verständlich und gut nachvollziehbar sein. Im Fall des Vorgehensmodells zur situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung sind außerdem die Abbildung der beiden Planungsebenen sowie deren Verknüpfung notwendig.

### **Anforderungen an die Beschreibung der Entwicklungssituation**

Die Anforderungen an die Beschreibung der Entwicklungssituation, die die Grundlage für die nachfolgende Prozessplanung liefert, lassen sich ebenfalls kurz zusammenfassen.

Die Situationsbeschreibung und -analyse muss für den Entwickler möglichst schnell, einfach und eindeutig durchzuführen sein. Das heißt, der Mehraufwand, der sich durch die Situationsanalyse ergibt, sollte so gering wie möglich sein, da ein hoher Aufwand an dieser Stelle zu schlechter Akzeptanz des Vorgehens führen wird. Um eine eindeutige und auswertbare Beschreibung der Situation zu erhalten, ist allerdings ein Minimum an Parametern notwendig. Es ist dementsprechend das Ziel, die Situationsbeschreibung so wenig umfangreich wie möglich zu gestalten und dabei die Situation an sich so genau wie möglich darzustellen.

Zur Erfassung der Parameter zur Situationsbeschreibung sollten Daten verwendet werden, die aus der vorhandenen Dokumentation bereits vorliegen, um auf diese Art und Weise den Mehraufwand zur Dateneingabe zu reduzieren. Der Ansatz zur Situationsbeschreibung sollte darüber hinaus universell, das heißt in möglichst vielen Unternehmen, einsetzbar sein. Da aber die Prozesse in Unternehmen sehr unterschiedlich und kaum zu vergleichen sind [GAITANIDES et al. 1994, S. 6], sollte die für diesen Ansatz gewählte Situationsbeschreibung eine einfache Möglichkeit zur unternehmensspezifischen Anpassung liefern. Sowohl die Parameterauswahl, deren mögliche Ausprägungen als auch die Interpretation der Parameterwerte für die folgende Prozessplanung sollten demnach angepasst werden können.

### **Anforderungen an Rollen und Ebenen der Prozessplanung**

Die Anforderungen an die Definition der Rollen und Ebenen der Prozessplanung werden im Folgenden zusammengefasst, da sie sehr eng zusammenhängen. Die definierten Rollen in der situationsspezifischen Prozessplanung müssen alle beteiligten Akteure unterstützen und ihnen in ihren jeweiligen Arbeitsumgebungen eine prozessbezogene Sicht auf Aufgaben und Inhalte bieten [HUPE 2009, S. 5]. In der Definition von Geschäftsprozessen, dies umfasst auch Entwicklungsprozesse (siehe Kapitel 2.2), gibt es drei Gruppen von Akteuren, die der vorgestellte Ansatz unterstützt: Prozessbeteiligte, die an der Durchführung der Prozesse

partizipieren, Prozessmodellierer, die die Prozessmodelle erstellen, und Administratoren, die laufende Prozesse freigeben und technisch betreuen [HUPE 2009, S. 5].

Wichtig ist für eine gute Unterstützung der unterschiedlichen Beteiligten, dass die Aufgaben und Verantwortlichkeiten eindeutig voneinander abgegrenzt sind. Dies gilt sowohl was die Zuweisung der Rollen in der Prozessplanung anbelangt, als auch was die Ebenen der Prozessplanung betrifft. Außerdem müssen sowohl Rollen als auch Ebenen leicht den einzelnen Personen zuzuweisen sein. Zuletzt muss berücksichtigt werden, dass die unterschiedlichen Rollen und Aufgaben auf den Ebenen der Prozessplanung spezifischer Vorgehensweisen bedürfen, die entsprechend für das Vorgehen in der Prozessplanung herangezogen werden sollten.

### **Anforderungen an das Rahmenwerk zur Prozessplanung**

Das Rahmenwerk zur situationsgerechten Entwicklungsprozessplanung hat zum Ziel, die Einzelelemente sinnvoll und übersichtlich miteinander in Einklang zu bringen und in der gemeinsamen Anwendung der einzelnen Ansätze Synergien zu schaffen. Die Herausforderung besteht darin, einen universell einsetzbaren Ansatz zu entwickeln, der auch in den spezifischen Anwendungsfällen in Unternehmen anwendbar ist. Dazu muss die Bandbreite der Entwicklungsprozesse in Unternehmen erkannt und berücksichtigt werden. Die sich daraus ergebenden Herausforderungen an Verschiedenartigkeit und Vielschichtigkeit müssen sich in der Vielfalt des strukturellen Systems wiederfinden [GAITANIDES 2007, S. 126]. Das heißt, es muss mithilfe des Rahmenwerks zur situationsgerechten Entwicklungsprozessplanung möglich sein, die jeweils spezifischen Entwicklungsprozesse zu identifizieren und zu implementieren. Dabei soll das System den Entwickler einerseits durch den Prozess führen, andererseits aber ausreichend Raum für die Kreativität des Entwicklers lassen [LAUER et al. 2008].

Weiterhin soll der Entwickler durch eine größere Prozesstransparenz einen verbesserten Überblick darüber bekommen, wer im Prozess welche Information wann und in welcher Form benötigt, sowie sich über seine eigenen Informationsbedarfe besser bewusst werden und diese leichter befriedigen können.

Eine Anforderung, die von Seiten der Industrie häufig genannt wurde, ist eine verbesserte Berücksichtigung von Lessons Learned für zukünftige Projekt bzw. das Vorsehen der Möglichkeit, Best Practices wieder verwenden zu können. Diese Anforderungen werden für den in dieser Arbeit entwickelten Ansatz niedrig priorisiert, da ihre Erfüllung aufgrund einer zu kleinen zur Verfügung stehenden Datenbasis abgeschlossener Projekte nicht überprüft werden kann.

Weiterhin wird die Akzeptanz des Systems bei den Anwendern als eine wesentliche Anforderung sowohl von Industrievertretern als auch in der Literatur genannt. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass der Nutzen des Einsatzes der situationsspezifischen Prozessplanung deutlich gemacht wird oder empirische Erkenntnisse aus dem Unternehmensumfeld aufgenommen werden [REDENIUS 2006]. Weiterhin kann die Akzeptanz durch eine einfache Wissensbewahrung und Dokumentation sowie spezifische Sichten und Strukturen für die unterschiedlichen Anwender verbessert werden. Eine gute

Anpassbarkeit des Ansatzes, das bedeutet die Möglichkeit schnell und flexibel auf neue Anforderungen reagieren zu können [NEGELE 2006], kann entsprechend einen Beitrag leisten.

NEGELE formuliert darüber hinaus noch einige Anforderungen, die eine Methodik zur Unterstützung der Planung von Entwicklungsprozessen in Bezug auf Informationen über das zu entwickelnde System erfüllen sollte: Die Methodik muss es den Ingenieuren ermöglichen, Informationen über eine gemeinsame Sprache bzw. Darstellung interdisziplinär auszutauschen und die Zusammenhänge und Abhängigkeiten von Systemelementen und/oder ihren Attributen transparent zu machen. Weiterhin wird eine durchgängige, möglichst redundanzfreie Abbildung aller für die betrachtete Fragestellung relevanten (quantitativen und qualitativen) Informationen über das zu untersuchende System benötigt. Insgesamt sollte der Systemansatz unterstützt werden, das heißt, das Gesamtsystem sollte zu erkennen und nachzuverfolgen sein. Auswirkungen von Änderungen an einer Komponente auf andere Komponenten sollten darstellbar sein sowie eine flexible Vernetzung der Elemente vorliegen.

Schlussendlich muss das Framework zur Unterstützung einer situationsgerechten Entwicklungsprozessplanung rechnerbasiert umsetzbar sein.

Neben diesen allgemeinen Anforderungen aus Literatur und Praxis gibt es für die Planungsunterstützung in diesem konkreten Fall weitere Anforderungen:

Die Zielgruppe für die Planungsunterstützung sind sowohl projektplanende als auch projektausführende Mitarbeiter. Es müssen dementsprechend die spezifischen Belange auf Projekt- und operativer Ebene berücksichtigt werden. Auf Projektebene bedeutet dies beispielsweise die Notwendigkeit eines Überblicks über die Gesamtsituation in Bezug auf das Multiprojektmanagement, auf operativer Ebene ist eine pragmatische, schnelle Handhabung der Methodik gewünscht. Da die mechatronische Produktentwicklung unterstützt wird, müssen die Bedürfnisse von Maschinenbauingenieuren genauso berücksichtigt werden wie die der anderen beteiligten Domänen. Zur effizienten Abwicklung von Entwicklungsprojekten sollten weiterhin die Schnittstellen zu anderen Unternehmensbereichen eindeutig beschrieben sein. Hierzu gehören in erster Linie die Schnittstellen zu Produktion, Marketing, Vertrieb, Einkauf und Controlling. Deren frühe Integration in den Entwicklungsprozess, zur Vermeidung später Änderungen, ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor. Das gesamte Rahmenwerk zur situationsspezifischen Prozessplanung kann besonders gut von Unternehmen eingesetzt werden, die bislang ihre Entwicklungsprozesse eher rudimentär abgebildet und gesteuert haben, die aber Wert darauf legen, im Bereich der Produktentwicklung eine Effizienzsteigerung zu erreichen. Dies sind vor allem kleine und mittlere Unternehmen. Die einzelnen Teilmethoden des Frameworks können durchaus auch in großen Unternehmen zur Anwendung kommen, bzw. kann im Rahmen eines Process Reengineering [DAVENPORT 1993] die vorgestellte Methodik die Grundlage zur Prozessüberarbeitung liefern.

### **Anforderungen an die Software zur Implementierung des Vorgehens**

Die Anforderungen an die Implementierung des Rahmenwerks zur situationsspezifischen Prozessplanung in eine Software lassen sich in verschiedene Bereiche aufteilen. Einerseits gibt es Anforderungen daran, in welcher Form sich die neue Software in bestehende Softwarestrukturen einordnet, andererseits gibt es Anforderungen der Nutzer an einen

ergonomischen Aufbau der Software. Diese betreffen vor allem die Funktionalität und die Visualisierungsmöglichkeiten des Systems.

Es sollte möglich sein, die Software in bestehende Prozessmanagementtools zu integrieren [REDENIUS 2006], oder bestehende Systeme zu ersetzen. Ein weiteres nicht kompatibles System in bestehende Strukturen aufzunehmen wirkt sich negativ auf dessen Akzeptanz in der Praxis aus. Die Software sollte es im Idealfall ermöglichen, vorhandene Systeme entlang des Prozesses zu integrieren [BEUTER 2003].

An Funktionalität und Aufbau eines Werkzeugs zur Unterstützung wissensintensiver Prozesse formuliert LÜTKE ENTRUP folgende Anforderungen: Das Werkzeug sollte prozessübergreifend einsetzbar sein. Verbreitet und angewendet wird Wissen in unterschiedlichen Phasen des Produktlebenszyklus, in unterschiedlichen Funktionen und mit unterschiedlichen Zielen. Daher sollte ein generischer Ansatz eine solche Nutzung unterstützen. Dynamische Prozesse müssen genauso berücksichtigt werden. Entscheidungen, die auf Basis von Wissen in Prozessen getroffen werden, können auf unterschiedliche Art zustande kommen. Die Unterstützung sollte demnach unabhängig von a priori vorgegebenen Abläufen sein. Weiterhin sollte das Werkzeug in vorliegende PDM oder ERP-Systeme integrierbar sein. Datenbasis für die Nutzung des Wissens sind verbreitet PLM/PDM bzw. ERP-Systeme, die als Integrationsplattform eine konsistente Sicht auf betriebswirtschaftliche wie technische Produkt- und Prozessdaten ermöglichen. Daher müssen Werkzeuge auf diesen Datenbestand zugreifen können, um Redundanzen und Inkonsistenzen zu vermeiden. [LÜTKE ENTRUP 2009, S. 47f]

Bevor die geforderten Funktionalitäten der Software dargestellt werden, sei auf die Gefahr eines zu umfangreichen Tools hingewiesen. Es ist wichtig, den richtigen Funktionsumfang für ein Tool im Vorhinein festzulegen, da Modellierungstools „overengineerd“ sein können [SEIDLMEIER 2010, S. 7]. Der große Funktionsumfang gerade von Prozessstools wird häufig nicht benötigt. Vielmehr werden meist nur einfache Funktionen zur Visualisierung und Modifikation von Prozessen benötigt. Eine übertriebene Genauigkeit und das Nutzen möglichst vieler Funktionen treiben den Projektaufwand oft unnötig nach oben und täuschen eine nicht vorhandene genaue „Realitätswiedergabe“ vor. Komplexe soziale Systeme wie Organisationen lassen sich nicht als streng mechanistisches Modell abbilden trotz der enormen Leistungsfähigkeit moderner Tools. [SEIDLMEIER 2010, S. 7]

Das zu entwickelnde Softwaretool sollte die verteilte Entwicklung unterstützen [BEUTER 2003] und die Dokumentation von Prozessen ermöglichen. Weiterhin muss es möglich sein Pläne dynamisch anzupassen und diese Änderungen einfach zu dokumentieren. Das heißt, das Tool muss mit unstrukturierten Aktivitäten umgehen können. Unstrukturiert sind teilautomatisierbare Aktivitäten wenn zu deren Durchführung im Voraus keine präzise Verfahrensrichtlinie erstellt werden kann [QUINT 2004, S. 113].

Die aus der Prozessplanung abzuleitenden Projektpläne sollten automatisch erstellt werden können [BEUTER 2003], die Zuweisung von Ressourcen sowie ein einfacher Überblick über den aktuellen Projektstand ermöglicht werden. Das Tool sollte den Rückgriff auf Best Practices ermöglichen und die Nutzer von Routineaufgaben im Prozessablauf entlasten [REDENIUS 2006]. Dazu gehört, dass die Dokumentation der Prozessergebnisse sowie das Auffinden vorhandener Produktdaten einfach möglich sein soll.

Zur Anwendung und für eine gute Akzeptanz des Tools ist eine ergonomische Umsetzung ausschlaggebend. Das Tool sollte folglich intuitiv und aufwandsarm zu bedienen sowie einfach einsetzbar sein.

Wesentlich ist an dieser Stelle, dass alle für den jeweiligen Nutzer wichtigen Informationen visualisiert werden und so verhindert wird, dass wichtige Informationen übersehen werden [SCHULZ 2003]. Die Visualisierung der Informationen muss sich darum an den Wünschen und Wissensständen der Nutzer orientieren. Um nutzerspezifische Informationen über einen Geschäftsprozess bereitzustellen, ist es notwendig, unterschiedliche Prozesssichten für die verschiedenen Verwendungszwecke zu generieren, die unterschiedliche Benutzer mit einem Prozessmodell verbinden [WERTH 2007, S. 129].

SEIDLMEIER beschreibt die Anforderungen an eine Prozessunterstützung aus Sicht der unterschiedlichen Nutzer wie folgt: Die Informationssystementwickler legen besonderen Wert auf die Wiederverwendbarkeit der Modelle, eine Qualitätssicherung im Projektverlauf, die nachvollziehbare Dokumentation der Projektschritte und -ergebnisse sowie das Management der technischen und organisatorischen Schnittstellen. Die Endnutzer des Unterstützungstools erwarten eine Standardisierung von Systemen und Prozessen und transparente Dokumentation von Ergebnissen. Das Management schließlich erwartet Unterstützung in der Projektplanung, der Vorbereitung von Investitionsentscheidungen, eine genaue Dokumentation der betrieblichen Prozesse sowie Aufzeigen organisatorischer Gestaltungsspielräume. [SEIDLMEIER 2010, S. 47]

Auf welche Art und Weise die Anforderungen an ein Rechnerwerkzeug zur Unterstützung der Entwicklungsprozessplanung umgesetzt werden, wird in Kapitel 5.9 gezeigt.

*Nachdem die Anforderungen an die Einzelelemente und das Rahmenwerk zur situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung geklärt wurden, wird in der Folge die Umsetzung ebendieser Elemente im Detail beschrieben. Aufbauend auf der Beschreibung der Einzelelemente erfolgt die Darstellung des situationsgerechten Vorgehens zur Entwicklungsprozessplanung im Rahmenwerk sowie dessen Implementierung im ProcessNavigator.*

### **5.3 Das FORFLOW-Prozessmodell**

Das FORFLOW-Prozessmodell ist dem in dieser Arbeit vorgestellten Vorgehen zur situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen hinterlegt. Es entstand im Rahmen des Forschungsverbundes FORFLOW mit der Zielsetzung, die Schwachstellen bestehender Prozessmodelle (siehe 4.2) zu reduzieren und die im Verlaufe der Forschungstätigkeiten entwickelten Ansätze abbilden und evaluieren zu können. Weiterhin wird ein detailliertes, aber variables und allgemein einsetzbares Modell des Produktentwicklungsprozesses geschaffen. Dieses Modell begegnet typischen Herausforderungen in aktuellen Produktentwicklungsaufgaben [KREHMER et al. 2009]. Der Hauptfokus in der Entwicklung des Prozessmodells lag auf der Anforderung, durch das Modell eine sinnvolle Unterstützung für den Entwickler im Verlaufe der Entwicklung bereit zu stellen. Das FORFLOW-Prozessmodell wurde bereits in KREHMER et al. 2009 und KREHMER et al. 2010 vorgestellt, wird aber aufgrund seiner wichtigen Rolle für das Vorgehen

zur situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen an dieser Stelle ebenfalls ausführlich dargestellt.

Das FORFLOW-Prozessmodell bietet dem Entwickler neben der situationsspezifischen Planung seines Vorgehens in der Entwicklung vielfältige Unterstützung zur Bewältigung der multidisziplinären Produktentwicklung [MEERKAMM et al. 2009]. Durch ständig wachsende Kundenanforderungen und damit verbundene zunehmende Funktionsintegration steigt der Anteil an elektrischen, elektronischen und softwarebasierten Lösungen in der Produktentwicklung. Eine Unterstützung der Produktentwicklungsprozesse muss daher die Integration mechatronischer Aspekte in der Produktentwicklung berücksichtigen. Diese Anforderung wird im FORFLOW-Prozessmodell umgesetzt. Weiterhin wird die unter anderem durch die verstärkte Integration der Produkte bedingte zeitgleiche und interdisziplinäre, über Abteilungen und Firmen hinweg verteilte Entwicklung unterstützt. Das Prozessmodell setzt hierzu die Ansätze des Concurrent und Simultaneous Engineering um. Eine Unterstützung des Entwicklers in Fragen des „Design for X“ sowie beim Einsatz rechnergestützter Werkzeuge wird durch das FORFLOW-Prozessmodell ebenfalls ermöglicht. Besonderer Fokus wird außerdem auf eine ganzheitliche Absicherung des Produktes gelegt, die für Bauteile, Teil- und Gesamtsystem vorgesehen ist. Schließlich ermöglicht das Prozessmodell die Integration von Lessons Learned und einen effizienten Umgang mit Iterationen im Entwicklungsprozess. Auf welche Art und Weise das FORFLOW-Prozessmodell diesen Herausforderungen begegnet wird in Kapitel 5.3.2 dargelegt.

Neben den bereits angesprochenen Ansatzpunkten der Unterstützung des Entwicklers durch das FORFLOW-Prozessmodell bietet dieses die Grundlage für eine verbesserte Informationsversorgung der Entwickler während des Prozesses sowie zur dynamischen Verknüpfung des Prozesses mit Produktmodellen [LAUER 2010].

Das so entstandene Prozessmodell ist generisch auf verschiedene Entwicklungsaufgaben anpassbar. Dies wird durch eine aufgabenspezifische Anpassung des Prozesses sowie den rekursiven Einsatz des Modells für Bauteile, Teil- und Gesamtsysteme umgesetzt. Die Anwendbarkeit des derart beschriebenen Modells wurde durch einen Abgleich mit bestehenden Prozessen der FORFLOW-Industriepartner sowie durch Anwendung des Modells auf verschiedene Entwicklungsaufgaben nachgewiesen [ROELOFSEN et al. 2010b]. Eine ausführliche Darstellung der Evaluation des FORFLOW-Prozessmodells findet in Kapitel 6 statt.

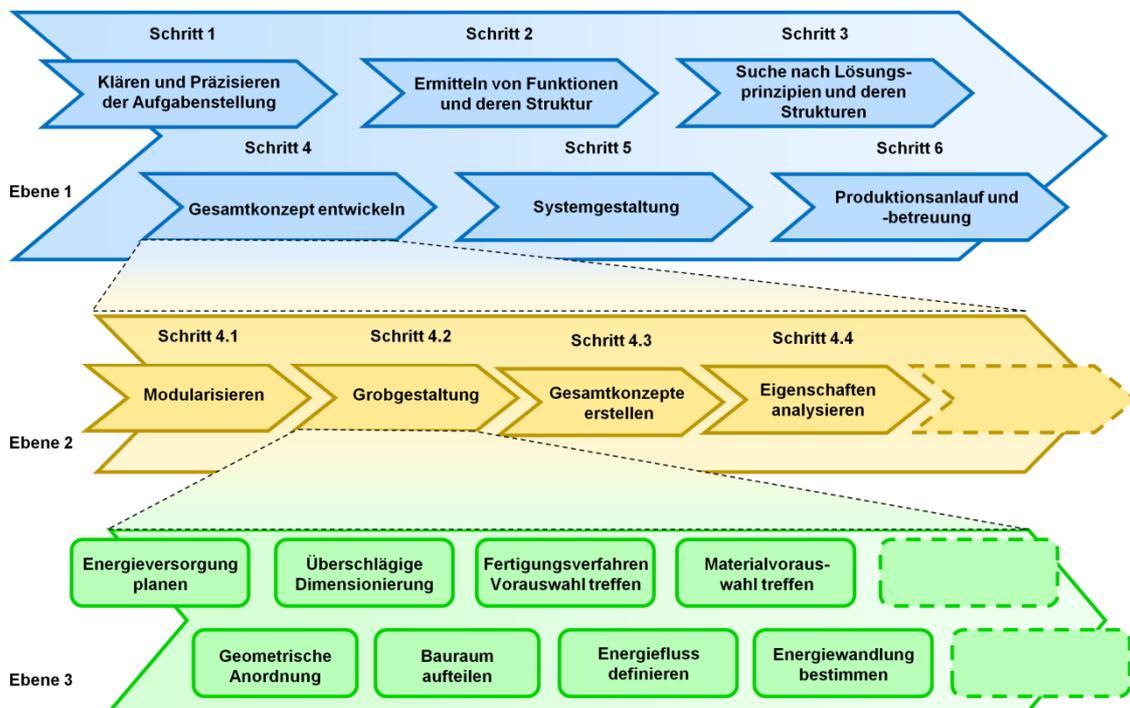
Im Folgenden werden die wesentlichen Aspekte des FORFLOW-Prozessmodells detailliert beschrieben. Zunächst wird der Aufbau des Modells in Kapitel 5.3.1 dargestellt, bevor in Kapitel 5.3.2 die Umsetzung der oben beschriebenen Aspekte der Prozessmodellierung erläutert wird. Abschließend erfolgt ein Vergleich mit den in Kapitel 4.2 beschriebenen Prozessmodellen sowie eine Diskussion der sich ergebenden Vor- und Nachteile des FORFLOW-Prozessmodells (Kapitel 5.3.3). Die Integration des Prozessmodells mit den anderen Elementen des Vorgehens zur situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen erfolgt in Kapitel 5.9. Eine vollständige Abbildung des Prozessmodells sowie eine Beschreibung der einzelnen Prozessschritte finden sich in Anhang 9.2 der Arbeit.

### 5.3.1 Aufbau des Prozessmodells

Das FORFLOW-Prozessmodell ist in drei Detaillierungsebenen gegliedert. Eine schematische Darstellung des Aufbaus in drei Ebenen findet sich in Bild 5.4. Die unterschiedliche Darstellung der Prozessschritte auf den Detaillierungsebenen resultiert daraus, dass auf den ersten beiden Ebenen eine empfohlene Reihenfolge der Prozessschritte angegeben ist, auf der dritten Detailebene eine Anordnung der Schritte je nach Entwicklungsaufgabe auf Basis einer Situationsanalyse vorgenommen wird.

Die erste Ebene enthält sechs Hauptschritte, die die gesamte Entwicklung vom Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung (analog der VDI 2221) bis zum Produktionsanlauf und -betreuung abdecken. Auf der zweiten Ebene werden diese Schritte in weitere detailliertere Schritte aufgegliedert; in der dritten Detailstufe werden insgesamt 92 Prozessschritte abgebildet, die den Produktentwickler durch den gesamten Produktentwicklungsprozess führen und in dessen Ausführung unterstützen. Die Detaillierung in den drei Ebenen wird in Bild 5.4 beispielhaft für den Schritt Gesamtkonzept entwickeln dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung der Prozessschritte kann Anhang 9.2.2 dieser Arbeit entnommen werden. Die hohe Zahl an Prozessschritten sowie die Möglichkeit diese flexibel auszuwählen und anzuordnen, ermöglicht eine gut angepasste Unterstützung des Entwicklers in der Planung des Entwicklungsablaufs.

Eine wichtige Anforderung bei der Entwicklung des Prozessmodells ist es, den Entwickler in seiner Kreativität nicht einzuschränken sondern zu fördern. Dies ist der Grund dafür, dass die Prozessschrittreihenfolge auf Ebene 3 nicht vorgeschrieben wird. An dieser Stelle besteht eine einfache Möglichkeit die Schritte simultan abzarbeiten.



**Bild 5.4** Aufbau des FORFLOW-Prozessmodells (schematische Darstellung)

Den einzelnen Schritten des Prozessmodells wurden relevante Produktmodelle zugeordnet, sowie eine Methode zur dynamischen Verknüpfung von Produktmodellen zum Prozess entwickelt [vgl. dazu LAUER 2010], die die zur Ausführung des Prozessmodells notwendigen Informationen bereitstellen (siehe Bild 5.12) [KREHMER et al. 2009].

Das Prozessmodell wurde aufgrund der weiten Verbreitung in der Industrie sowie der übersichtlichen Darstellung der Zusammenhänge zwischen den Prozessschritten in der Modellierungssprache Aris verfasst [SCHEER 1992]. Eine Beschreibung der verwendeten Notation zur Abbildung des Prozessmodells kann Anhang 9.2.1 entnommen werden. Zur Implementierung des Modells im ProcessNavigator (siehe Kapitel 5.9) wurde es aufgrund von Einschränkungen in der verfügbaren Modellierungsumgebung anschließend in die Prozessmodellierungssprache AOPM (Aspektororientierte Prozessmodellierung) [JABLONSKI et al. 1996] übersetzt.

Die Modellierung des Prozessmodells in Aris ermöglicht in vielen Unternehmen eine einfache Anpassung und Ergänzung des Modells, um unternehmensspezifische Anforderungen an das Prozessmodell erfüllen zu können. Diese spezifische Adaption besonders auf den detaillierteren Ebenen ermöglicht eine verbesserte Unterstützung der flexiblen Entwicklungsprozessplanung [KREHMER et al. 2010].

In einer Prozessdatenbank sind alle Prozessschritte samt ihrer Ebenenzuordnung und Hierarchie abgebildet und können innerhalb der jeweiligen Detaillierungsebene frei wählbar angeordnet werden [KREHMER et al. 2009].

### 5.3.2 Betrachtete Aspekte der Prozessmodellierung

Die betrachteten Aspekte der Prozessmodellierung des FORFLOW-Prozessmodells wurden in Kapitel 5.3 bereits beschrieben. Hier erfolgt eine genauere Darstellung dieser Herausforderungen. Zunächst wird auf den für diese Arbeit wesentlichen Aspekt der situationsspezifischen Prozessplanung eingegangen, bevor in der Folge die weiteren Aspekte beschrieben werden. Die für die situationsspezifische Prozessplanung relevanten Elemente werden in den folgenden Teilkapiteln aufgegriffen und ausführlich beschrieben. Für weitere Informationen zu den Herausforderungen und ihrer Umsetzung sei auf KREHMER et al. 2010 und MEERKAMM et al. 2009 verwiesen.

#### **Situationsspezifische Prozessplanung**

Ein wesentliches Ziel bei der Entwicklung des FORFLOW-Prozessmodells ist es, eine situationsspezifische Planung von Entwicklungsprozessen zu ermöglichen. Zu Beginn eines Projektes wird mit Hilfe des Modells der Prozess geplant, der im Projektverlauf leicht an eine veränderte Entwicklungssituation angepasst werden kann.

Dies wird durch eine Anpassung des generischen Prozessmodells auf den Detaillierungsebenen zwei und drei umgesetzt. In Vorbereitung eines Entwicklungsprojektes werden vom Projektplaner dazu zunächst entsprechend der Entwicklungsaufgabe und Situationseinschätzung regelbasiert die relevanten Prozessschritte vorgeschlagen und in eine sinnvolle Reihenfolge gebracht.

Die 92 Prozessschritte des FORFLOW-Prozessmodells sind in drei Kategorien von Schritten eingeteilt. Die erste Kategorie umfasst Prozessschritte, die zur Entwicklung eines Produktes zwingend erforderlich sind, wie beispielsweise die Detailkonstruktion der Bauteile. In die zweite Kategorie sind diejenigen Schritte eingeordnet, die zwar nicht zwingend notwendig sind, deren Ausführung aber empfohlen wird, wie z. B. das Erstellen eines Funktionsmodells. Die Schritte in dieser Kategorie sind zur Bearbeitung einer Anpassung einfacher Baugruppen nicht notwendig, werden aber relevanter je komplexer die Entwicklungsaufgabe wird. In der dritten Kategorie finden sich schließlich die Prozessschritte, die für Standardaufgaben weniger relevant sind, aber beispielsweise in der Entwicklung neuer Produkte eine wichtige Rolle einnehmen. Zu diesen Schritten gehört unter anderem das Abstrahieren der Aufgabenstellung. Die Schritte der Kategorie 1 werden in jedem Fall vorgeschlagen und nur in ihrer Reihenfolge für die erste Planung angepasst. Die Schritte der Kategorie 2 werden abhängig von der Einschätzung der Komplexität der Aufgabe in der Situationsanalyse (siehe Kapitel 5.5) vorgeschlagen und die der Kategorie 3 entsprechend der Angabe zum Neuheitsgrad der Entwicklung.

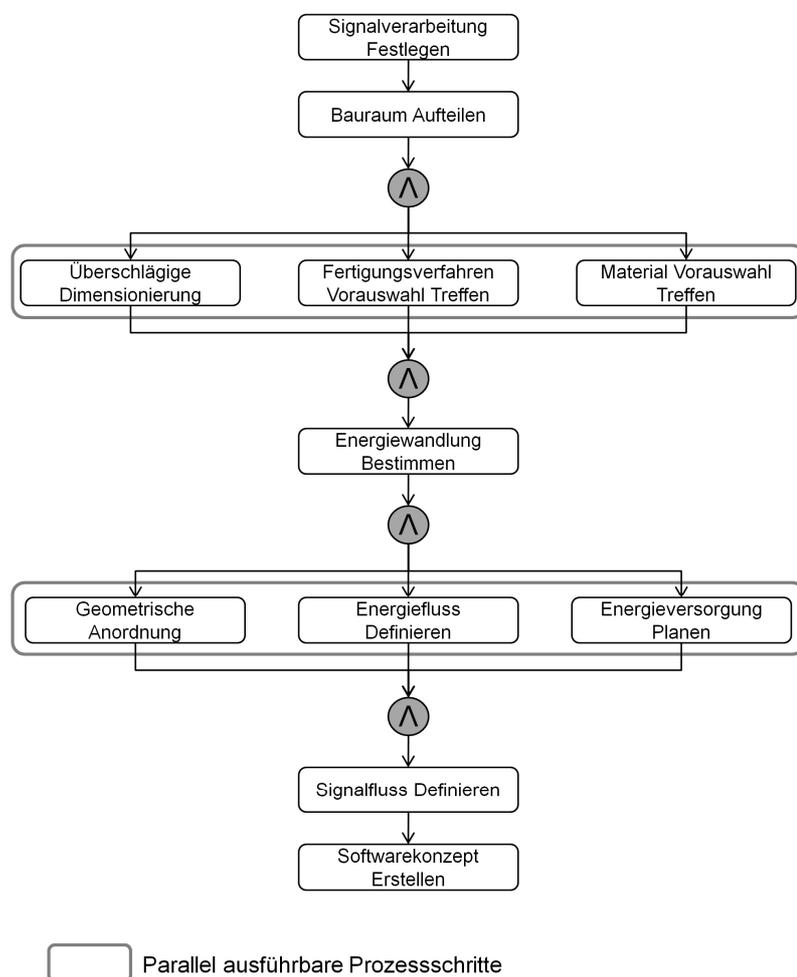
Die endgültige Auswahl der vorgeschlagenen Prozessschritte und -reihenfolge bleibt schlussendlich dem Projektplaner überlassen. Auf diese Art und Weise wird der Entwicklungsprozess auf den ersten beiden Detaillierungsebenen des Prozessmodells geplant. In der dritten Ebene des Prozessmodells, beispielsweise im Schritt Grobgestaltung, sind zwar die Schritte definiert, die Reihenfolge ist aber nicht vorgegeben. Diese wird entsprechend der Situationsanalyse (siehe Kapitel 5.5) angepasst. Dazu wird die Entwicklungssituation durch verschiedene Parameter beschrieben, die zu Beginn des Projektes vom Projektleiter festgelegt werden bzw. im Verlaufe des Projektes von den Entwicklern während der Ausführung des Prozesses angepasst werden können. Die Durchführung der Situationsanalyse sowie Definition der Beschreibungsparameter erfolgt in Kapitel 5.5.

Eine Änderung der empfohlenen Prozessreihenfolge aufgrund von Änderungen in der Entwicklungssituation wird dem Entwickler durch die Darstellung des auszuführenden Prozesses mitgeteilt, so dass er schnell und adäquat auf die neuen Gegebenheiten reagieren kann. Auf diese Art und Weise entsteht eine situationsgerechte Anpassung an veränderte Projektrahmenbedingungen.

Die vorgeschlagene Prozessabfolge auf der dritten Detailebene wird aus der Design Structure Matrix (DSM) [BROWNING 2001] der Prozessschritte abgeleitet, die den Einfluss der Prozessschritte untereinander darstellt [ROELOFSEN et al. 2008b]. Eine Analyse der DSM führt zur vorgeschlagenen Prozessreihenfolge. Prozessschritte, die z. B. in einem Cluster eng miteinander verknüpft sind werden parallel ausgeführt, die anderen Schritte sequentiell. Eine detaillierte Beschreibung der Matrixanalyse und der zugehörigen Ableitung der Prozessreihenfolge befindet sich in Kapitel 5.8.

Die Anordnung der Prozessschritte entsprechend der Matrix führt zu einem dem Prozessablauf entsprechenden Informationsfluss. Die simultane Ausführung der Schritte verbessert die Kommunikation der Beteiligten und ermöglicht einen schnellen Austausch von relevanten Zwischenergebnissen. Kleine Iterationen zur Annäherung der Entwicklung an ein optimales Ergebnis werden durch die parallele Abarbeitung der Arbeitspakete, deren Ergebnisse voneinander abhängen, unterstützt. Auf diese Weise wird ein geradliniger

Prozessablauf gewährleistet und große, ungewünschte Iterationen im Entwicklungsprozess können vermieden werden [GREBICI et al. 2008]. Eine beispielhafte Anordnung der Prozessschritte der Grobgestaltung ist in Bild 5.5 dargestellt.



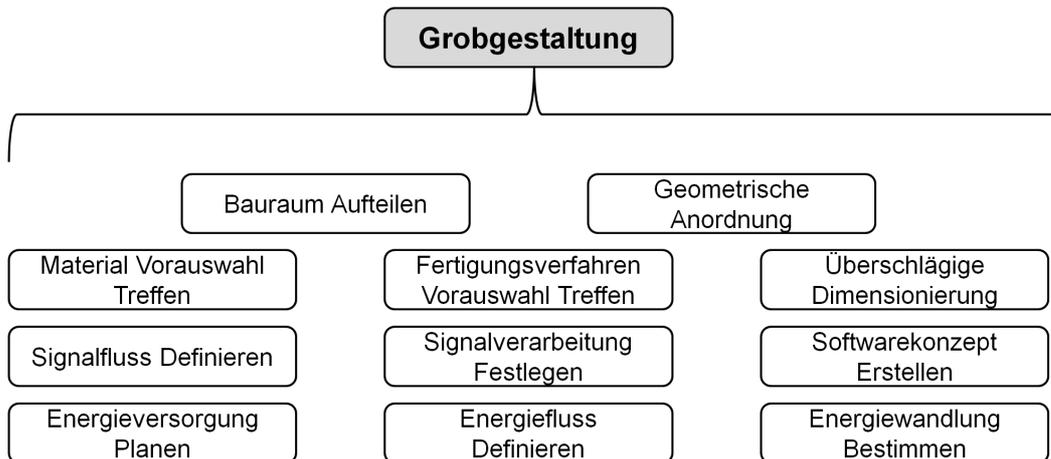
**Bild 5.5 Beispielhafte Anordnung der Prozessschritte in der Grobgestaltung**

Ein Beispiel für unterschiedliche Anordnungen der Prozessschritte je nach Analyse der Entwicklungssituation wird von LAUER et al. beschrieben: Angenommen, ein Ingenieur plant den Prozess für die Entwicklung eines mit hohem Entwicklungsrisiko versehenen, neuen, mechanischen Produktes. In einem solchen Fall unterscheidet sich die vorgeschlagene Prozessreihenfolge deutlich von der für z. B. eine wenig riskante, mechatronische Variantenkonstruktion. Im ersten Fall wird empfohlen mit der Grobauslegung der Teile zu beginnen in letzterem wird dagegen die Verteilung des Bauraums an den Beginn der Grobgestaltung gesetzt. [LAUER et al. 2008]

### Integration mechatronischer Aspekte

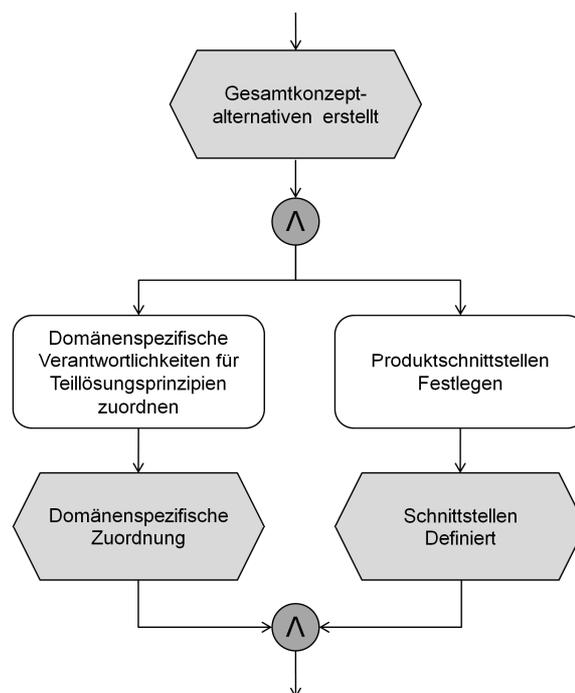
Ein Modell wie das FORFLOW-Prozessmodell muss den Herausforderungen der Entwicklung mechatronischer Produkte gerecht werden. Dies bedeutet, dass die steigenden Anforderungen an die Präzision, Robustheit und Anpassungsfähigkeit, die mit der Durchdringung technischer Systeme mit elektrischen, elektronischen und softwarebasierten

Elementen einher gehen, sich auch im Prozessmodell niederschlagen müssen. Im Rahmen einer solchen multidisziplinären Entwicklung ist es wesentlich, frühzeitig die beteiligten Domänen in den Prozess einzubinden, um so eine Integration der Lösungen der Disziplinen in einem Produkt zu ermöglichen. Wie das FORFLOW-Prozessmodell dieser Herausforderung begegnet wird im Folgenden anhand von Beispielen dargestellt.



**Bild 5.6 Integration mechatronischer Aspekte am Beispiel des Schrittes Grobgestaltung**

Im Schritt Grobgestaltung sind neben den mechanisch geprägten Teilschritten (z. B. Fertigungsverfahren Vorauswahl treffen, Überschlägige Dimensionierung) die elektrischen und informationstechnischen Teilschritte (z. B. Softwarekonzept erstellen, Energiewandlung bestimmen, Signalfluss definieren) vorgesehen. Diese Schritte ermöglichen es schon in frühen Entwicklungsphasen den Entwicklern ausführliche Hilfestellung zu mechatronisch geprägten Fragestellungen bereit zu stellen (vgl. Bild 5.6).



**Bild 5.7 Definition der domänenspezifischen Verantwortlichkeiten und Festlegung der Schnittstellen**

Im Schritt Modularisieren ist durch das Prozessmodell die Festlegung aller Schnittstellen innerhalb des Produktes sowie die Zuordnung der für die Lösung der einzelnen Funktionen verantwortlichen Domänen vorgesehen (siehe Bild 5.7).

Dieser Schritt wurde vorgesehen, um wichtige Schnittstellen und Verantwortlichkeiten so früh wie möglich festzulegen, um späte Iterationen zu vermeiden. Bei der Entwicklung des Radträgers eines Kraftfahrzeugs beispielsweise sind unterschiedliche Arten von Schnittstellen festzulegen. Einerseits gibt es mechanische Schnittstellen zu angrenzenden Bauteilen, andererseits bestehen elektrische Anbindungen an Sensoren zum Beispiel des Antiblockiersystems oder der Antischlupfregelung. Darüber hinaus bestehen hydraulische Schnittstellen, um das Bremssystem zu versorgen.

Schließlich fordert das Prozessmodell den Entwickler zur Absicherung des Produktes auf, Wechselwirkungen zwischen Stoff, Signal und Energie zu berücksichtigen und die Integration der mechatronischen Komponenten zu überprüfen.

Die dargestellten Beispiele zeigen, wie das FORFLOW-Prozessmodell die Integration mechatronischer Komponenten durchgängig im Entwicklungsprozess verankert und Ansatzpunkte liefert, dem Entwickler im Verlauf des Prozesses detaillierte Hilfestellung bezüglich domänenübergreifender Fragestellungen zur Verfügung zu stellen.

### **Umgang mit Iterationen und Lessons Learned**

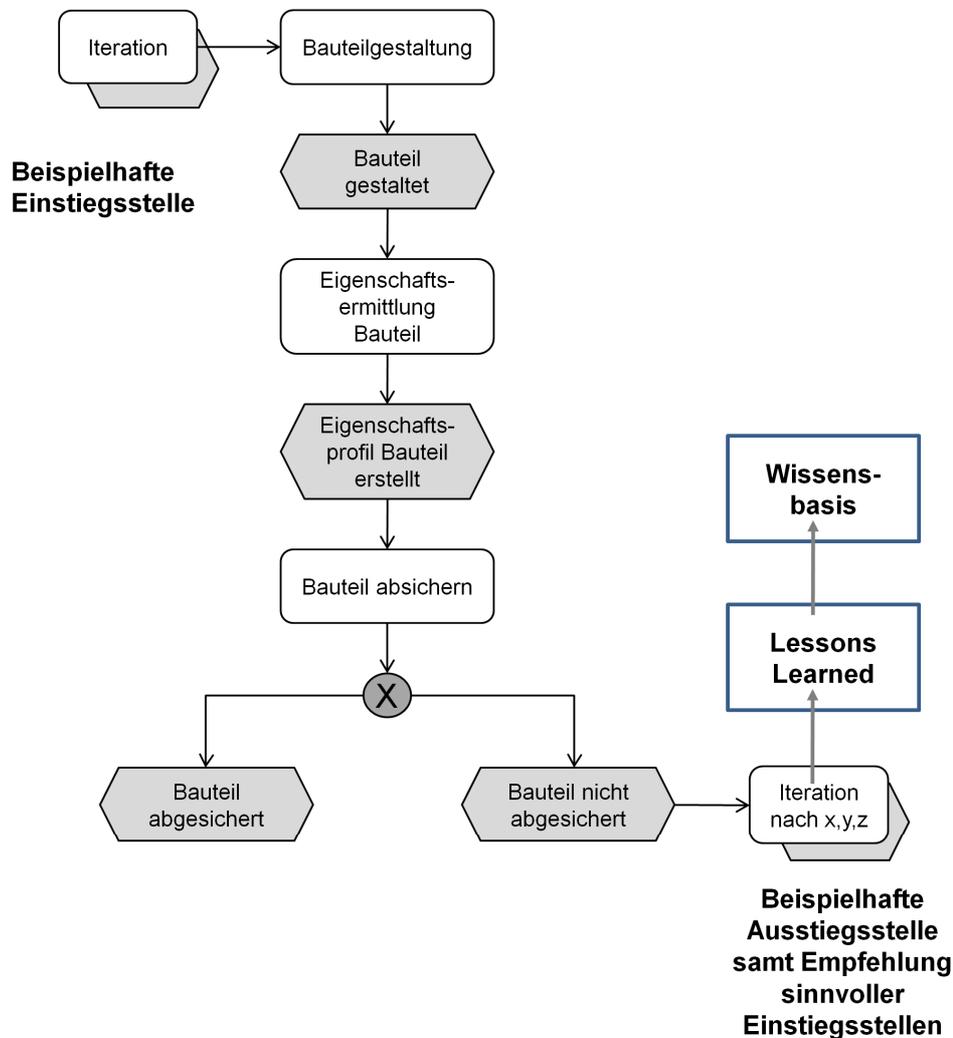
Eine besondere Herausforderung im Umgang mit Entwicklungsprozessen im Vergleich zu anderen Geschäftsprozessen ist ihre Eigenschaft iterativ und somit im Detail schwer planbar zu sein. Die für die Entwicklung typischen Iterationen sind nicht vorhersehbar und situationsabhängig, was eine vollständige Planung des optimalen Prozessablaufs erschwert [ULLMANN 2010, ULRICH et al. 2008, ECKERT et al. 2003].

Iterationen entstehen durch die hohe Komplexität und hohe Arbeitsteiligkeit in einer oft verteilten und heutzutage multidisziplinären Produktentwicklung. Sie werden durch mangelnde Kommunikation sowie durch erst spät im Entwicklungsprozess erkennbare und geäußerte Änderungen verursacht. So gehören zu den Auslösern von Iterationen unter anderem funktionale Verbesserungen des Produktes, die Beseitigung von Fehlern, die im Laufe der Entwicklung gemacht wurden, sowie die Reaktion auf veränderte Kundenanforderungen oder Marktbedürfnisse [GREBICI et al. 2008, KREHMER et al. 2008].

Veränderte Randbedingungen, die sich im Verlauf des Prozesses ergeben, und fehlerhafte Entscheidungen infolge unsicherer oder unklarer Informationen können ebenfalls zu Rücksprüngen in der Entwicklung führen. Die fehlende Unterstützung im Umgang mit solchen unerwünschten Iterationen verlängert die Entwicklung und erschwert die Nachverfolgung von Entwicklungsprozessen deutlich. Im Gegensatz zu solchen ungewollten Iterationen, die keinen Beitrag zum Produktreifegrad leisten, sind beispielsweise kleine Iterationen zur Abstimmung und Optimierung des Produktes erwünscht und sollen unterstützt werden.

Der notwendige Umgang mit den unerwünschten Iterationen wurde in der Entwicklung des Prozessmodells berücksichtigt und der Umgang mit Iterationen im Modell verankert, um dem Entwickler eine flexible und anpassungsfähige Unterstützung zu bieten.

Das FORFLOW-Prozessmodell ermöglicht es bei Bedarf an vielen Ausstiegstellen den empfohlenen Prozessverlauf zu verlassen. Je nach Situation, Auslöser und Umfang der Iteration werden sinnvolle Wiedereinstiegsstellen in den Prozess empfohlen. Die Prävention von Iterationen wird durch die situationspezifische Prozessplanung adressiert, der Umgang mit notwendigen Iterationen wird auf diese Weise unterstützt.



**Bild 5.8 Unterstützung von Iterationen und Einbindung von Lessons Learned**

Ein wesentlicher Punkt zur Unterstützung des Lernens aus Iterationen und für einen größtmöglichen Nutzen einer Iteration ist die Erfassung und Speicherung der Gründe für Iterationen (soweit sie identifizierbar sind) sowie des in der Bearbeitung der Iteration generierten Wissens. Dazu enthalten jede Einstiegsstelle und jeder Hauptschritt einen Schritt Erkenntnisgewinn dokumentieren, um die Nachvollziehbarkeit des Prozesses sowie die Dokumentation des generierten Wissens zu fördern (siehe Bild 5.8).

Die Dokumentation von Erkenntnisgewinn und Prozessverlauf bildet die Grundlage zur Integration von Lessons Learned in die Entwicklung. Durch die Dokumentation von gewählten Prozessreihenfolgen, geplanten sowie ungeplanten Iterationen wird es möglich Best Practices in der Entwicklung zu identifizieren, die künftig kürzere Entwicklungszeiten oder auch niedrigere Entwicklungskosten ermöglichen.

Auf Basis der Dokumentation können so zukünftig lange und problembehaftete Prozessabfolgen vermieden und erfolgversprechende Prozessabläufe empfohlen werden. Weiterhin kann durch die Analyse der Gründe für Iterationen auf lange Sicht ein Vorwarnsystem für Iterationen erarbeitet werden. Bestimmte Muster, die auf Iterationen hinweisen, können dadurch identifiziert und ihnen somit rechtzeitig gegengesteuert werden.

Die Unterstützung des Entwicklers im Umgang mit Iterationen und Lessons Learned soll dazu dienen, zukünftig die Entwicklungszeit zu verkürzen und die Nachvollziehbarkeit von Produktentwicklungsprojekten zu verbessern.

### **Absicherung auf mehreren Ebenen**

Aufgrund der steigenden Komplexität heutiger Produkte ist eine ganzheitliche Betrachtung des Produktes in der Entwicklung unumgänglich. Dies wurde in der Erarbeitung des FORFLOW-Prozessmodells berücksichtigt. Zur Abbildung des Produktes im Prozess wurde daher ein hierarchischer Mehrebenenansatz gewählt, der das Gesamtsystem, Unterbaugruppen und einzelne Bauteile sowie ihre gegenseitige Beeinflussung darstellt. Auf allen drei Ebenen ist eine ausführliche Absicherung der Produkteigenschaften vorgesehen. Zunächst wird auf Bauteilebene unter anderem die Funktionalität und Fertigbarkeit jedes einzelnen Teiles überprüft, bevor auf Ebene des Subsystems ermittelt wird, ob die Einzelteile auch im Zusammenspiel die geforderten Eigenschaften aufweisen und ob die einzelnen Elemente montierbar sind. Das gleiche Vorgehen wird auf Gesamtsystemebene wiederholt. Derart wird das Gesamtsystem auf die kleinste Einheit heruntergebrochen und so eine umfassende Absicherung des Produktes sichergestellt.

Aufgrund der in modernen Produkten immer stärker integrierten Elektrik und Elektronik wird es immer wichtiger auch elektronisch und softwareseitig das Produkt abzusichern. Dies wird im FORFLOW-Prozessmodell durch den Mehrebenen- und Mehrdomänenansatz für die Produktabsicherung umgesetzt, der auf die ganzheitliche Betrachtung von Anforderungen und Spezifikationen zielt.

Im Modell sind Absicherung hinsichtlich Funktionserfüllung, Gebrauchsfähigkeit, elektrischer Wechselwirkungen, Softwarekompatibilität, Fertigungsmöglichkeit, Zuliefererressourcen und Kostenbewertung vorgesehen. Auf die Dokumentation der Eigenschaftsabsicherung, z. B. Simulationsergebnisse, wird besonderer Wert gelegt.

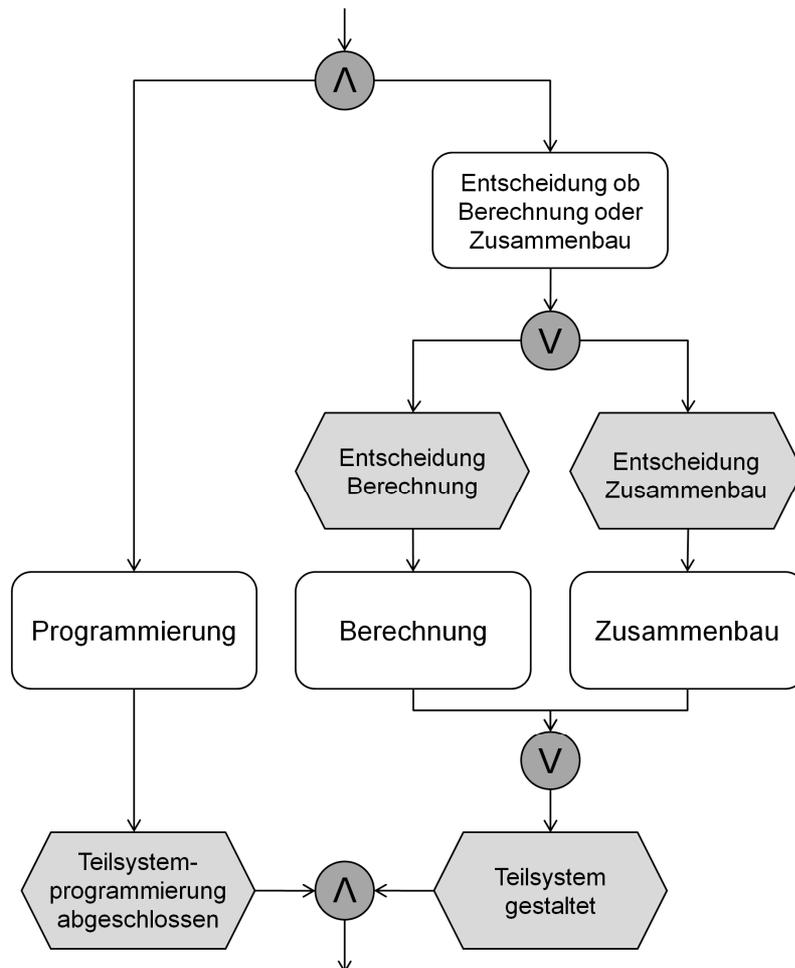
Jedes Teil wird sowohl individuell als auch im Zusammenspiel mit dem (Sub-)System bewertet. Nach der Evaluation des Gesamtproduktes können die generierten Dokumente zur Qualitätssicherung eingesetzt werden [PAETZOLD 2006].

### **Integration von Simultaneous und Concurrent Engineering**

Es ist immer häufiger notwendig, die Entwicklungszeiten zu verkürzen und so einen frühen Markteintritt zu ermöglichen, um als entwickelndes Unternehmen wettbewerbsfähig zu bleiben. Weiterhin sind schnelle Produkterstellung, Kosteneffizienz und eine Verbesserung der Produktqualität wichtige Ziele der Unternehmen.

Ansätze, die dies ermöglichen können, sind Simultaneous und Concurrent Engineering die unter anderem die Methoden Quality Function Deployment, Failure Mode and Effects Analysis und Target Costing vorschlagen [SEIBERT 1998].

In diesem Zusammenhang sind Concurrent und Simultaneous Engineering wie folgt definiert: Concurrent Engineering bedeutet das Parallelisieren und zeitgleiche Abarbeiten von Prozessschritten, wohingegen unter Simultaneous Engineering die zeitgleiche Ausdetaillierung von Produkt und zugehörigem Fertigungsprozess verstanden wird [PFEIFER-SILBERBACH 2005].



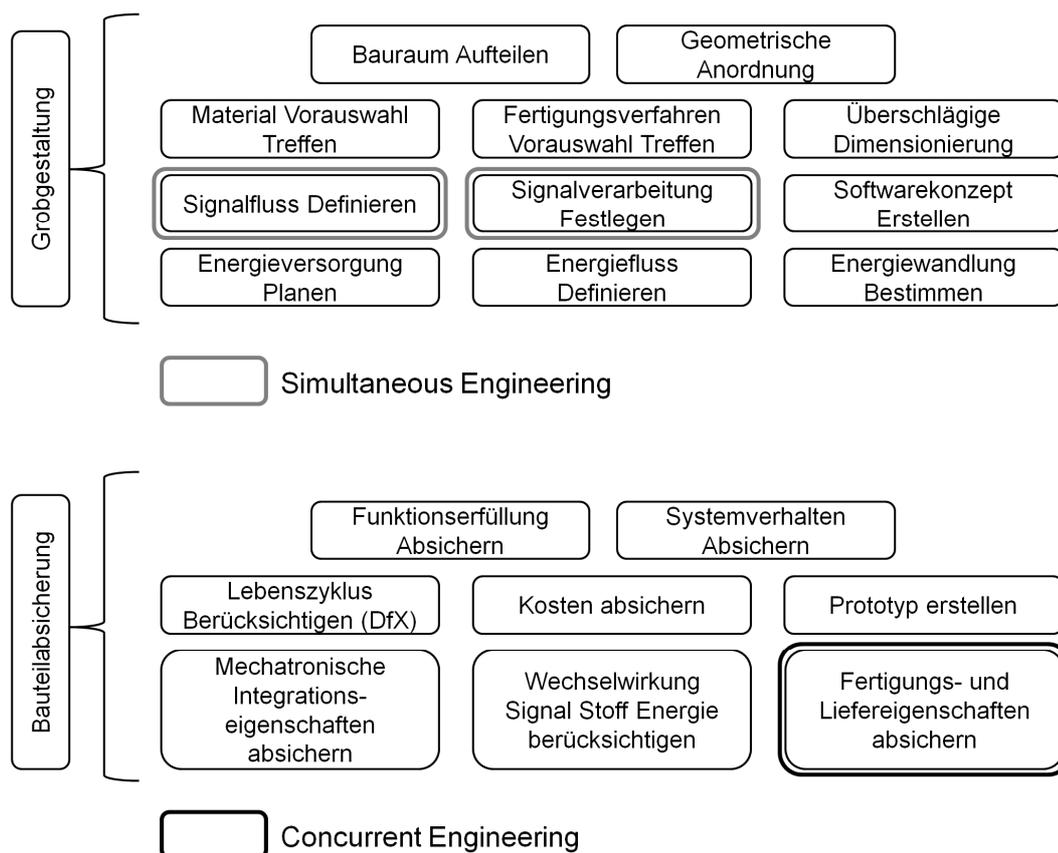
**Bild 5.9 Parallelisierung von Prozessschritten in der Definition eines Teilsystems**

Im FORFLOW-Prozessmodell werden beide Ansätze berücksichtigt. Das Concurrent Engineering zeigt sich im Prozessmodell in der teilweise parallelen Abarbeitung einzelner Prozessschritte sowie in den Schritten zur Detaillierung von Bauteilen und Teilsystemen. An dieser Stelle ist ebenfalls eine parallele Prozessbearbeitung vorgesehen.

Für ein mechatronisches Produkt werden beispielsweise im Schritt Modularisieren (siehe Bild 5.6) die Schnittstellen der Komponenten und die Verantwortlichkeiten für die Erfüllung der Produktfunktionen parallel festgelegt. Einzelne Produktkomponenten werden anschließend in Einzelteil- und Teilsystementwicklung gleichzeitig erarbeitet und zusammengestellt.

Im Schritt der Systemgestaltung ist es ebenfalls vorgesehen, dass die Prozesspfade Programmierung, Berechnung und Zusammenbau parallel ausgeführt werden (siehe Bild 5.9)

Bei der parallelen Abarbeitung von Prozessschritten ist besonders zu beachten, dass zwischen den Schritten ein ausreichender Informationsaustausch stattfindet. Um diesen Austausch zu gewährleisten wurde der von KREHMER et al. entwickelte Ansatz zur Beherrschung von Iterationen in der multidisziplinären Entwicklung technischer Systeme in das FORFLOW-Prozessmodell integriert [KREHMER et al. 2008].



**Bild 5.10 Simultaneous und Concurrent Engineering in Gestaltung und Absicherung der Bauteile**

Weiterhin ist die Berücksichtigung der Fertigung möglichst früh im Produktentwicklungsprozess wird im FORFLOW-Prozessmodell vorgesehen. Dies entspricht dem Simultaneous Engineering Ansatz. Wie in Bild 5.10 ersichtlich wird, erfolgt die Fertigungseinbindung in der Auslegung und Absicherung der Bauteile und des Systems. Beispielhaft sei an dieser Stelle der Prozessschritt Fertigungsverfahren Vorauswahl treffen in der Grobgestaltung des Produktes genannt. Weiterhin erfolgt in der Produktabsicherung in den Schritten Fertigungs- und Liefereigenschaften absichern sowie Kosten absichern neben der Absicherung der Produktfunktionen und des Systemverhaltens die Überprüfung der Fertigbarkeit des Produktes.

## **Dynamische Verknüpfung des FORFLOW-Prozessmodells mit Produktmodellen**

Die Bereitstellung relevanter Produktmodelle für anstehende Entwicklungsprozessschritte ist ein weiterer Fokus des FORFLOW-Prozessmodells. In bestehenden Prozessmodellen wird bisher meist eine statische Zuordnung der Produktmodelle zum Prozess vorgesehen. Eine rein statische Zuordnung der Prozessmodelle wird dabei den Anforderungen der dynamischen Entwicklungsprozesse nicht gerecht. In diesen flexiblen Prozessen können die Verknüpfungen von Prozessschritt und Produktmodellen nicht immer vollständig im Vorfeld des Prozesses modelliert werden. Es bedarf vielmehr einer dynamischen Bereitstellung der entsprechenden Dokumente im Prozessverlauf, die nur durch Anpassung der Verknüpfungen der Produktmodelle mit den jeweiligen Prozessschritten möglich ist [KREHMER et al. 2010]. Eine derartige Anpassung während der Prozesslaufzeit ist bisher weder in PDM- noch in Workflowmanagementsystemen umgesetzt. PDM-Systeme verwenden in der Regel die Produktstruktur zur Zuordnung der Produktmodelle und stellen keine Prozessverknüpfung her [FELDHUSEN et al. 2008]. Eine Erweiterung auf statische Verknüpfungen wird aktuell durch Einbindung von Workflowmanagementkomponenten vorgesehen [GAUSEMEIER et al. 2006], die den fehlenden Prozessbezug durch vorausgehende Prozess- und Datenmodellierung herstellen. Folglich ist beim Auftreten von Iterationen, Rücksprüngen oder neuen Prozessschritten keine Bereitstellung aktueller Informationen für die Bearbeitung des Prozessschrittes möglich. Daher wurde im Rahmen des Forschungsverbundes FORFLOW eine parameterbasierte Beschreibungsmethode für Produktmodelle und Prozessschritte entwickelt, die diese Informationslücke schließt [LAUER 2010].

Diese Beschreibungsmethode nutzt einen Satz Parameter, mit dessen Hilfe sowohl Produktmodelle als auch Prozessschritte in denselben Vektorraum eingeordnet werden. Mittels der euklidischen Distanz werden dann Ähnlichkeiten und Relevanzen der Modelle für die respektiven Prozessschritte bestimmt [LAUER et al. 2009].

Unabhängig vom Prozessverlauf kann so eine automatische Verknüpfung von Prozessschritten und Produktmodellen hergestellt und somit die Bereitstellung von relevanten Produktmodellen ermöglicht werden. Durch die Einordnung in den Vektorraum können neu beschriebene Produktmodelle und Prozessschritte sowie Änderungen bestehender Modelle und Schritte leicht beschrieben und für die Informationsbereitstellung berücksichtigt werden. Dies erfolgt über eine Berechnung der neuen Verknüpfungen. Durch diese Methode wird somit die Anpassung der Informationsbereitstellung an flexible, iterative Produktentwicklungsprozesse ermöglicht [KREHMER et al. 2010].

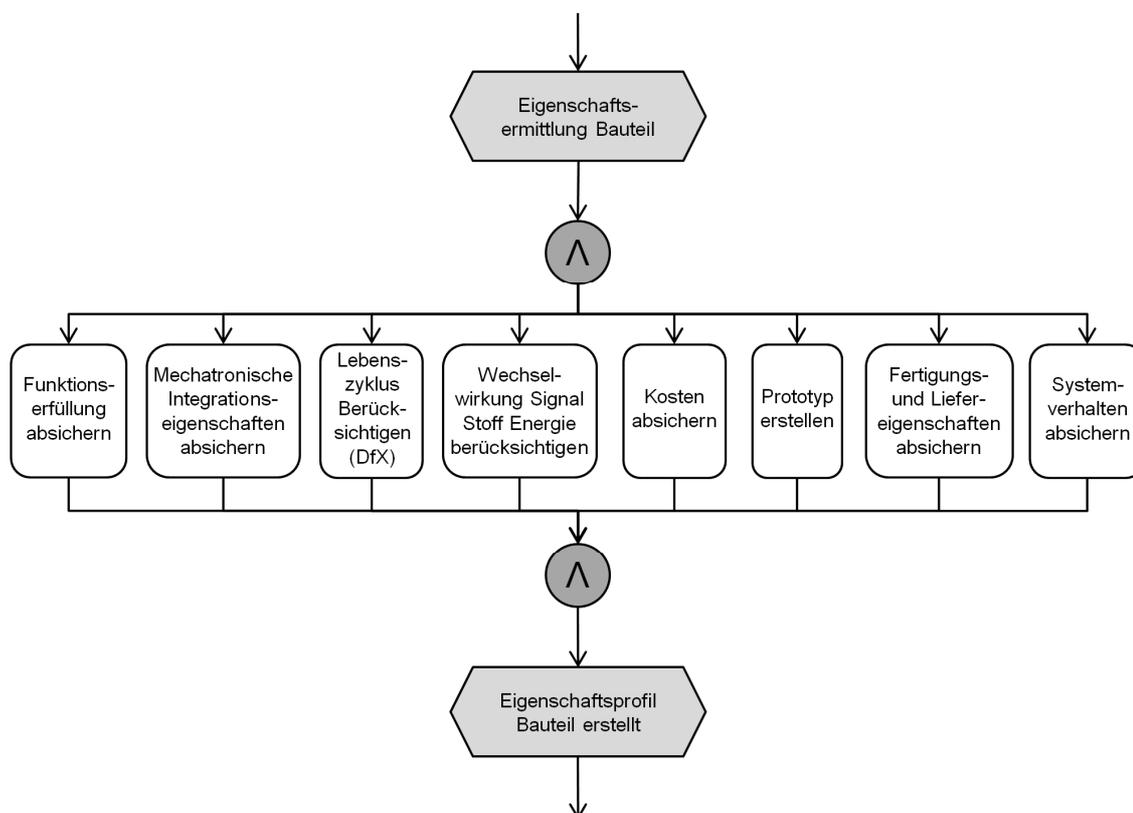
## **Design For X-Unterstützung**

Die Unterstützung des Design for X im FORFLOW-Prozessmodell bietet konkrete Hilfestellung in der Ausführung der Schritte auf der dritten Detailebene des Prozessmodells. In der Entwicklung technisch hochwertiger und innovativer Produkte ist es notwendig, Einflussfaktoren aus Partnersystemen („X“) wie beispielsweise Fertigung, Montage und Recycling frühzeitig zu beachten [WEBER 2005]. Der „Design for X“-Ansatz wurde dementsprechend in frühen Phasen des FORFLOW Entwicklungsprozesses sowie für die Ausgestaltung des Produktes aufgenommen.

Unter „Design for X“ (DfX) werden in diesem Zusammenhang alle Methoden, Strategien und Werkzeuge zusammengefasst, die es ermöglichen, verschiedene Aspekte und Einflüsse, die in den verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklus von Bedeutung sind, frühzeitig in der Entwicklung zu berücksichtigen [BAUER 2003]. Alternativ kann DfX als Wissenssystem interpretiert werden, in dem Erkenntnisse über das Erreichen einzelner Systemeigenschaften gesammelt und geordnet werden können [HUBKA 1996].

Im Folgenden wird beschrieben, in welcher Form der DfX-Ansatz in das FORFLOW-Prozessmodell eingeflossen ist und somit schon ab frühen Entwicklungsphasen Unterstützung für den Entwickler zur Verfügung stellt. Der DfX-Ansatz ist in allen Phasen des FORFLOW-Prozessmodells verankert, wie beispielhaft in Bild 5.11 dargestellt ist.

Die Einbettung des DfX-Ansatzes in späteren Entwicklungsphasen zeigt sich z. B. in der Systemgestaltung. Diese ist in die Unterschritte Bauteil-, Teilsystem- und Gesamtsystemgestaltung unterteilt, die stark miteinander verknüpft sind. In jedem dieser drei Unterschritte erfolgt nach der Gestaltung, Berechnung oder Programmierung der Systemelemente eine Eigenschaftsermittlung und -absicherung (siehe Bild 5.11). Diese umfasst eine Überprüfung der Funktionserfüllung, der mechatronischen Integrationseigenschaften (z. B. elektromagnetische Verträglichkeit) sowie die DfX-Aspekte der Fertigungs- und Liefereigenschaften, Kosten, Ergonomie und weitere Aspekte, die den Produktlebenszyklus betreffen.



**Bild 5.11 DfX-Unterstützung im FORFLOW-Prozessmodell am Beispiel der Bauteilabsicherung**

In diesen späten Entwicklungsphasen findet die Unterstützung des Entwicklers unter anderem durch Elementaranweisungen bei der Ausarbeitung spezifischer Bauteile statt. Beispielsweise

im Schritt Eigenschaftsermittlung / -absicherung dienen diese Elementaranweisungen als Kontrollhilfsmittel, ob alle wesentlichen Aspekte bei der Entwicklung berücksichtigt wurden.

Es wird den Entwicklern entsprechend spezifisches Wissen zur Bauteilgestaltung bereit gestellt. Im Falle der Entwicklung eines Keramikbauteils gehören folgende Elementaranweisungen zur bereitgestellten Hilfe: „Spannungsspitzen vermeiden“, „großflächig Kräfte einleiten“, „möglichst gleichmäßige Wanddicken vorsehen“. Zur Umsetzung der DfX-Aspekte wird den Entwicklern darüber hinaus je nach Tätigkeit Methodenunterstützung z. B. hinsichtlich Bewertungs- und Analysemethoden angeboten [FAERBER et al. 2008].

### **Integration der CAx-Werkzeuge**

Die für eine Produktentwicklung relevanten und priorisierten DfX-Aspekte beeinflussen die Wahl der benötigten und geeigneten Software und Vorgehensweisen in der Entwicklung. Dies bedeutet, dass die CAx-Prozesse so gestaltet werden müssen, dass die jeweiligen DfX-Kriterien bestmöglich umgesetzt werden. CAx steht in diesem Zusammenhang als übergeordneter Begriff der Softwareunterstützung für Ingenieurstätigkeiten. Das x wird dabei als Stellvertreter für andere Endungen eingesetzt, z. B. CAD (Computer Aided Design), CAM (Computer Aided Manufacturing) oder CAE (Computer Aided Engineering).

Grundlegender Bestandteil der im Zusammenspiel mit dem FORFLOW-Prozessmodell entwickelten Unterstützung dieser Gestaltung der CAx-Prozesse ist die ICROS-Methode (Intelligent CROss-linked Simulation), durch die notwendige computergestützte Werkzeuge mit den passenden Methoden verknüpft werden [ALBER et al. 2006]. Diese Vorgehensweise basiert auf den ermittelten Wechselwirkungen von Fertigungssimulation und softwaregestützter Festigkeitsberechnung bei z. B. faserverstärkten Kunststoffen in der Kombination aus Spritzgussimulation und Finite-Elemente-Analyse [ALBER-LAUkant 2008].

Die Möglichkeiten moderner CAx-Werkzeuge sowie die Komplexität aktueller Entwicklungsaufgaben machen es notwendig, dem Entwickler Simulationsstrategien und Benutzungsrichtlinien für einen effizienten Einsatz der vorliegenden Programme zur Verfügung zu stellen. Weiterhin ist es sinnvoll, den Entwicklern die gegenseitigen Abhängigkeiten von Analyseergebnissen der Softwarewerkzeuge und den DfX-bezogenen Elementaranweisungen zu verdeutlichen.

Während der Synthesephasen in der Ausgestaltung des Produktes werden dem Entwickler einerseits passende DfX-Elementaranweisungen, wie z. B. Gestaltungsrichtlinien, andererseits Anleitungen zur korrekten Programmbedienung zur Verfügung gestellt.

Um den Anwender für den richtigen Umgang mit den Ausgabedaten einer Simulation zu sensibilisieren, ist darüber hinaus eine situationsspezifische Bereitstellung von Hilfsdokumenten vorgesehen. Diese unterstützt das Ableiten der richtigen Rückschlüsse aus Simulationen im Sinne der Identifikation der funktional und wirtschaftlich besten Produktlösung.

Die so vorgesehene Unterstützung auf der dritten Ebene des Prozessmodells verlangt eine Anpassung des Konzeptes auf firmenspezifische Gegebenheiten. Dies umfasst die Hard- und

Softwareausstattung sowie personelle und maschinelle Kapazitäten. Diese Anpassung wiederum fördert die Verwendung firmeneigenen Wissens und Potentials und kann somit zur Effizienzsteigerung im Einsatz der vorhandenen Rechnerwerkzeuge beitragen.

### **Verbesserte Informationsversorgung**

Bei der Neuentwicklung oder auch Änderung eines Produktes entsteht eine Menge von Dokumenten und Produktdaten mit denen sich der Produktentwickler konfrontiert sieht. Diese Informationsflut führt dazu, dass oft Informationen neu erstellt werden, die im Unternehmen bereits existieren, da nicht bekannt ist, dass diese bereits vorliegen oder wo sie gefunden werden können.

Es fehlen an dieser Stelle spezialisierte Suchmechanismen, die verschiedene Arten von Artefakten (dies sind verschiedene Arten von Suchergebnissen, z. B. Dokumente, Produktdaten, Projektinformationen) berücksichtigen. Stattdessen finden sich häufig Insellösungen, die sich auf einen speziellen Artefakttyp konzentrieren und keine Informationen über den Prozess zur Erzeugung besserer Suchresultate berücksichtigen.

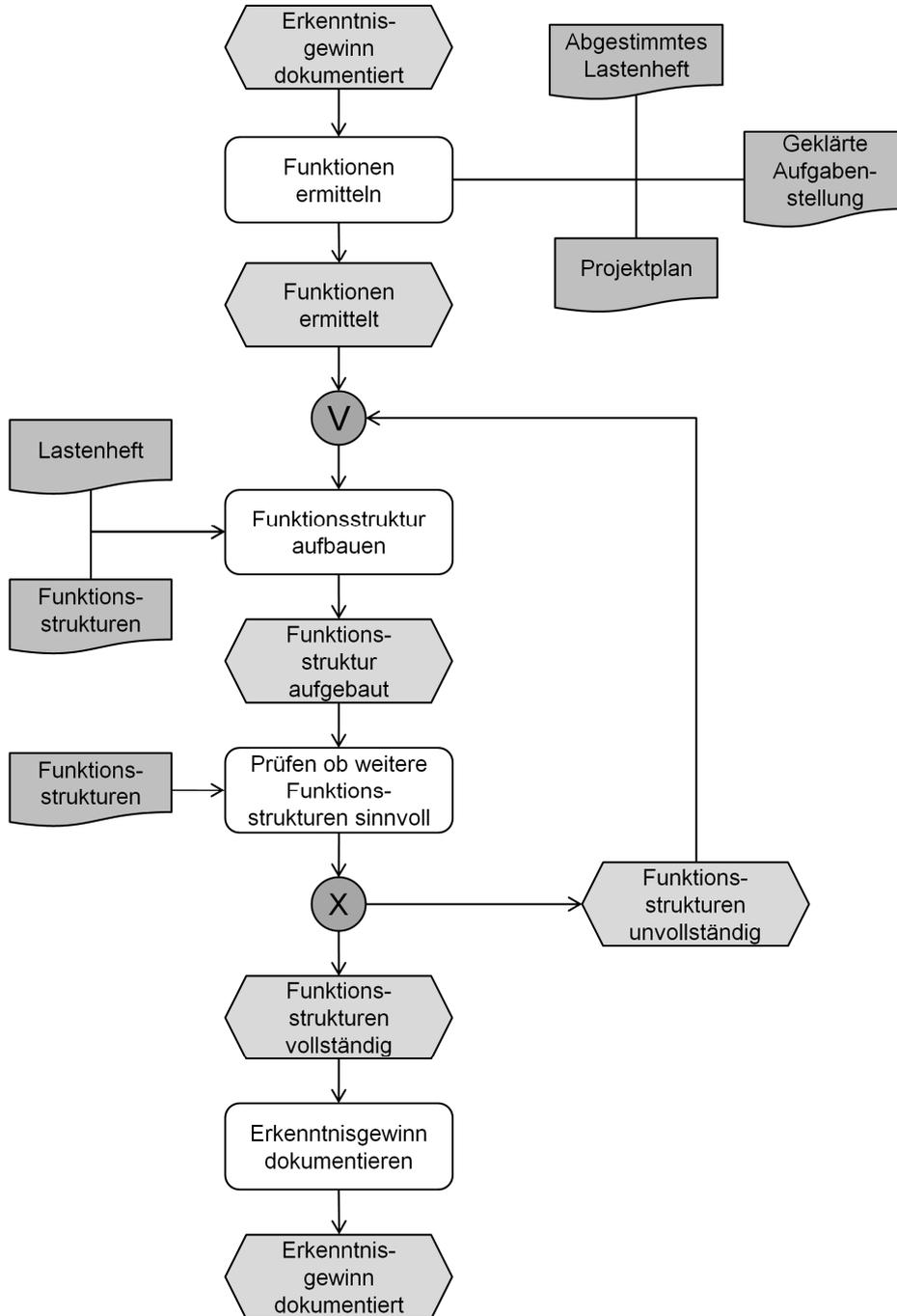
Die verschiedenen Artefakttypen, die in der Produktentwicklung von Interesse sind, führen zu einem komplexen Informationsbedürfnis der Entwickler. Dies wird an beispielhaften Suchsituationen gezeigt. In bestimmten Suchsituationen werden spezielle Dokumente wie beispielsweise existierende CAD-Modelle benötigt, in anderen Fällen bestimmte Produktdaten wie der Lieferant eines Produktes. Außerdem treten Situationen auf, in denen der Entwickler nicht genau weiß wonach er im Detail sucht und daher Unterstützung zum Auffinden von relevanten und nützlichen Informationen für seine weitere Arbeit benötigt.

Dazu ist es notwendig ein zielgerichtetes und exploratives Suchvorgehen zu ermöglichen, das auch Kontextinformationen und Inhalte der Artefakte adressiert [ECKSTEIN et al. 2009]. Das FORFLOW-Prozessmodell hat zum Ziel, einen wesentlichen Beitrag zur Qualitätsverbesserung der Suche bzw. der Suchergebnisse zu leisten. In welchen Aspekten des Prozessmodell sich dies widerspiegelt wird im Folgenden dargestellt.

Eine zu Beginn eines Projektes vorgenommene Zuordnung von Produktmodellen zu den einzelnen Prozessschritten des Modells (beispielhaft dargestellt in Bild 5.12) bietet zwei Möglichkeiten zur Verbesserung der Suchqualität. Einerseits trägt sie dazu bei, die Informationsbedürfnisse der Entwickler in bestimmten Entwicklungssituationen zu identifizieren und zu beschreiben. Andererseits liefert die Zuordnung detailliertere Informationen zu den Produktmodellen selbst, unter anderem in welchem Prozessschritt ein Dokument erstellt und in welchen es verändert wird sowie für welche Schritte es eine nützliche Informationsquelle darstellt. Eine Berücksichtigung dieser beiden Aspekte ermöglicht die domänenspezifische Unterstützung der Suche und somit die Qualitätsverbesserung einer Suchmaschine zum Auffinden von produktentwicklungsspezifischen Artefakten.

Zusätzlich zu ihrem Inhalt werden die Artefakte durch Kontextinformationen, wie beispielsweise Prozessinformationen, beschrieben. Die kontextrelevanten Daten werden dazu automatisch über ein flexibles Workflowmanagementsystem erfasst [JABLONSKI et al. 2008]. Dieses System stellt die notwendigen Kontextinformationen über den Nutzer bereit, die die

aktuelle Arbeitssituation des Produktentwicklers beschreiben [WEBER et al. 2009]. Welche Kontextinformationen für eine entsprechende Unterstützung der Entwickler notwendig ist, wird von ECKSTEIN et al. ausführlich diskutiert.



**Bild 5.12 Beispielhafte Zuordnung von Produktmodellen zu Prozessschritten**

Die beschriebene dynamische Verknüpfung von Produktmodellen mit dem Entwicklungsprozess stellt weitere Kontextinformationen zur Verfügung, die bei Suchanfragen Berücksichtigung finden. Somit wird auch das Auffinden von Produktmodellen erlaubt, die nicht in der statischen Verknüpfung erfasst sind [LAUER et al. 2009, LAUER et al. 2007].

Derart bereitgestellte Kontextinformationen können bei einem Suchvorgang unterschiedlich verwendet, und so zur Präzisierung einer Suchanfrage genutzt werden. Wie dies gestaltet ist, wird anhand eines Szenarios beschrieben.

Angenommen der Produktentwickler befindet sich Schritt der Bauteilgestaltung und soll ein 3D-CAD-Modell für ein bestimmtes Bauteil im neuen Produkt erstellen. Wenn der Entwickler ein bestehendes Bauteil benötigt, wäre die einfachste Möglichkeit nach dem Namen des Bauteils zu suchen. Eine rein textuelle Suche nach Schlüsselwörtern führt aber in vielen Fällen zu einer sehr großen Ergebnismenge. Diese umfasst beispielsweise alle Dokumente, die den Namen des Bauteils enthalten. Viele von diesen, wie etwa Montageanleitungen oder Stücklisten, sind für den speziellen Suchkontext nicht relevant. Die Suchmaschine reichert in diesem Fall die Suchanfrage unter Berücksichtigung des Nutzer- und Artefaktkontextes an, d. h. sie liefert in diesem Fall nur Artefakte zurück, die 3D-CAD-Modelle darstellen.

Alternativ besteht die Möglichkeit, dass die Suchmaschine spezielle Suchvorlagen anbietet, die auf das Bedürfnis des Entwicklers in einer bestimmten Situation im Produktentwicklungsprozess angepasst sind. Diese Vorlagen bestehen aus einer vordefinierten Menge an parametrisierbaren Suchkriterien. Der Nutzer gibt in diesem Fall die für sein aktuelles Problem notwendigen Parameter an. Das flexible Workflowmanagementsystem bietet dem Nutzer die Suchvorlagen kontextabhängig an, wenn er einen bestimmten Prozessschritt zur Bearbeitung auswählt.

Die Suchmaschine kann erfasste Daten mit Kontextinformationen anreichern, um eine spätere Auffindbarkeit der Daten zu gewährleisten. Mit Hilfe des flexiblen Workflowmanagementsystems kann die Suchmaschine in späteren Projekten Ähnlichkeiten von bereits erfassten zur aktuellen Arbeitssituation bestimmen und dadurch passende Lessons Learned oder Prozessinformationen bereit stellen. Dadurch soll verhindert werden, dass sich schon einmal aufgetretene Fehler wiederholen. Diese Form der Informationsbereitstellung wird ausgelöst, wenn die Suchmaschine ähnliche Projekte basierend auf ähnlichen Anforderungen oder Aufgaben erkennt [ECKSTEIN et al. 2009].

Wie oben dargestellt, ermöglicht das FORFLOW-Prozessmodell die Einbindung fortschrittlicher Suchtechniken, indem Kontext- und Inhaltsinformationen dazu verwendet werden domänenspezifische Dokumente wiederzufinden. Der Grad der Wiederverwendung bereits im Unternehmen vorliegenden Wissens, bestehender Bauteile und Komponenten aus vergangenen Projekten kann somit erhöht werden, um die Entwicklung effizienter zu gestalten.

### 5.3.3 Vergleich mit bestehenden Prozessmodellen

In Kapitel 4.2 wurden die gängigsten Modelle zur Beschreibung von Produktentwicklungsprozessen beschrieben. An dieser Stelle wird das FORFLOW-Prozessmodell mit den bestehenden Prozessmodellen verglichen.

Wesentliche Nachteile der VDI 2221 [VDI 1993] und seiner Ergänzungen in den Richtlinien 2222 und 2223 [VDI 1997, VDI 2004b] sind die fehlende Berücksichtigung der Produktabstimmung sowie die Konzentration auf eine rein mechanische Produktentwicklung.

Diesen beiden Schwachstellen wird im FORFLOW-Prozessmodell dadurch begegnet, dass eine ausführliche Produktabsicherung (auf Bauteil-, Subsystem- und Gesamtsystemebene) vorgesehen ist. Weiterhin wird die mechatronische Produktentwicklung insofern berücksichtigt, als die Schnittstellen zu Informatik und Elektrik/Elektronik durch Funktionen des Prozessmodells abgebildet werden. Für Unternehmen, die sehr stark integrierte Produkte (d. h. mit hohem elektronischen und Softwareanteil) entwickeln, besteht darüber hinaus die Möglichkeit, das Prozessmodell um weitere Funktionen der Elektronik- und Softwareentwicklung zu erweitern.

Im Vergleich zum V-Modell XT [HÖHN et al. 2008] wurden im FORFLOW-Prozessmodell ebenfalls Vorteile geschaffen. Als wesentlicher Nachteil des V-Modells XT wurde in Kapitel 4.2.2 der starke Fokus auf Softwareentwicklungsprojekte genannt. Dies ist im FORFLOW-Prozessmodell nicht der Fall. Hier liegt der Fokus auf der Entwicklung mechatronischer Produkte. Was die Flexibilität der Modelle angeht, sind sie beide als ebenbürtig einzuschätzen. Im Vergleich zum V-Modell wird der Vorteil erst durch das Rahmenwerk (Kapitel 5.8) geschaffen, in dem dargestellt wird, wie konkrete Entscheidungshilfen für Prozessschritte und deren Anordnung bereitgestellt werden.

Im Vergleich zur VDI-Richtlinie 2206 [VDI 2004a] ist das FORFLOW-Prozessmodell deutlich detaillierter in der Beschreibung der Prozessschritte. Weiterhin wurde festgestellt, dass der domänenspezifische Entwurf in der Darstellung der Richtlinie parallel aber weitgehend unabhängig voneinander stattfindet. Durch die Berücksichtigung und Integration aller drei Domänen über den gesamten Prozess hinweg, beispielsweise in der Festlegung der Verantwortlichkeiten für Teilsysteme und in der Grobgestaltung des Produktes, wird durch das FORFLOW-Prozessmodell eine stärkere Zusammenarbeit der Domänen gefördert.

Der Vergleich mit den Prozessbausteinen nach BICHLMAIER schließlich zeigt, dass im FORFLOW-Prozessmodell eine deutlich größere Anzahl Prozessschritte beschrieben wird, die darüber hinaus nicht den starken Fokus auf die Montage aufweisen. Die flexible Verknüpfung und Darstellung unterschiedlicher Detaillierungsgrade ist beiden Ansätzen gemein. Dadurch dass die Prozessmodellerstellung bei BICHLMAIER ebenfalls sehr flexibel durchgeführt wird, ist es möglich, für das weitere Vorgehen der situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung alternativ ein derartiges Prozessmodell als Basis zu verwenden. Dies gilt beispielsweise für Unternehmen, die ihre Prozesse bereits mit Hilfe der Bausteine abgebildet haben und für die die Anpassung des FORFLOW-Prozessmodells einen erheblichen Aufwand bedeuten würde.

## 5.4 Das Vorgehensmodell PMDD

Das Vorgehensmodell Product Model Driven Development (PMDD, siehe Bild 5.13) [ROELOFSEN et al. 2007b] ist eines der zentralen Elemente des Frameworks zur situationsgerechten Entwicklungsprozessplanung. In diesem Vorgehensmodell wird der Fokus auf Produktmodelle als zentrale Ergebnisse von Produktentwicklungsprozessen gelegt. Produktmodelle sind in diesem Zusammenhang definiert als alle Artefakte, die Informationen über das zu entwickelnde Produkt enthalten [LAUER 2010]. Zur Dokumentation der Ergebnisse und Ausführung von Entwicklungsprozessen sind Produktmodelle essentiell wichtig. Daher ist eine Charakterisierung der Prozesse über Produktmodelle sinnvoll und

hilfreich, um den Entwicklungsworkflow zu verbessern, da die Prozesstransparenz gesteigert wird [MEERKAMM et al. 2009]. Das Ziel des Einsatzes von PMDD als Vorgehensmodell ist dementsprechend die Schaffung eines besseren Entwicklungsworkflows durch Analyse von Entwicklungsprozess, Prozessmodellen und Entwicklungssituation sowie deren Verknüpfung [ROELOFSEN et al. 2007b].

In Kapitel 5.2 wurde beschrieben, dass es sich bei einem Vorgehensmodell allgemein um eine modellhafte, abstrahierende Beschreibung einer Vorgehensweise für einen definierten Problembereich handelt, die in einer Vielzahl von Einzelfällen anwendbar ist [STAHLKNECHT et al. 2005, S. 215]. Der hier betrachtete Problembereich ist die Produktentwicklung und die Einzelfälle sind die spezifischen Entwicklungsaufgaben, denen sich Unternehmen stellen müssen. Die modellhafte Beschreibung der Vorgehensweise und ihre Visualisierung werden im Folgenden vorgestellt.

Das PMDD unterscheidet zwischen zwei Ebenen der Prozessplanung und sieht zwei Rollen der Prozessplanung vor. Diese beiden Aspekte werden in Kapitel 5.6 und Kapitel 5.7 genau beschrieben. Die Entwicklung eines Produktes wird im Verständnis von PMDD immer durch die Anfrage eines internen oder externen Kunden gestartet. Diese Kundenanfrage fließt als erstes Produktmodell in die Produktmodell-Datenbasis ein. In dieser Datenbasis werden alle im Verlauf der Entwicklung erstellten Produktmodelle abgelegt. Auf Basis der Anfrage wird anschließend die strategische Entscheidung gefällt, ob ein Projekt durchgeführt wird oder nicht. Dazu wird auf Projektebene eine erste Situationsanalyse und Einschätzung der Entwicklungsumfänge vorgenommen, um festzustellen, ob die Voraussetzungen für ein Projekt vorliegen oder die Aufgabe in Form eines definierten Änderungsworkflows oder ähnlichem durchgeführt werden kann. Die Entscheidung ein Projekt durchzuführen hat zur Folge, dass die eigentliche Projektarbeit anschließend auf operativer Ebene stattfindet. Weiterhin kann eine Entscheidung gegen die Durchführung eines Entwicklungsprojektes gefällt werden oder bei sehr geringen Umfängen die Abarbeitung in einem Workflow vorgesehen werden.

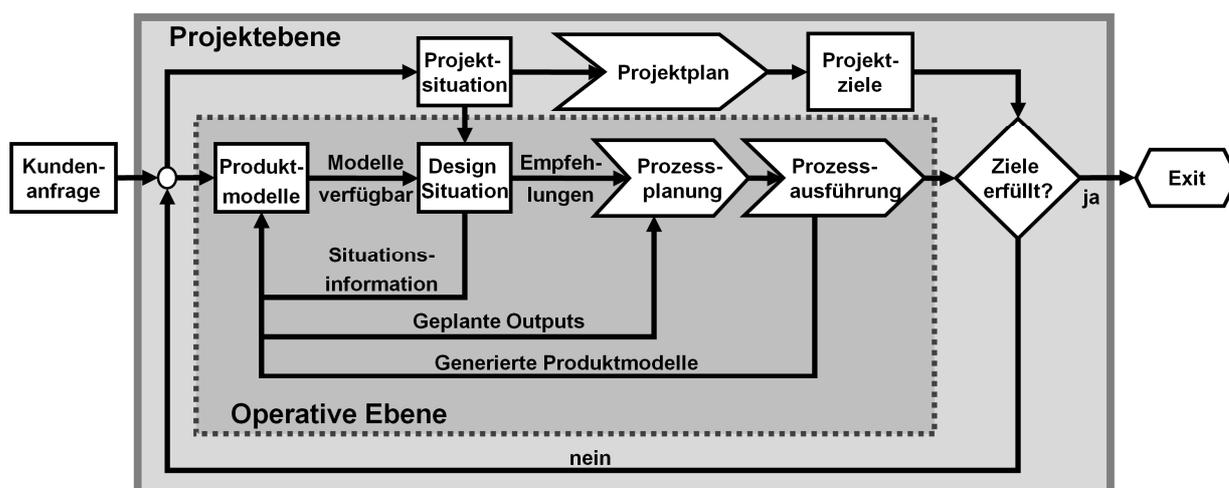


Bild 5.13 Product Model Driven Development

Die einzelnen Schritte des PMDD sind in Bild 5.13 schematisch dargestellt. Die rechteckigen Elemente des Modells werden als Eingangsgrößen zur Prozessplanung herangezogen. In den durch Prozesspfeile gekennzeichneten Elementen findet die eigentliche Prozessplanung und -durchführung statt. Die Raute stellt den Entscheidungspunkt dar, ob die Projektziele erfüllt sind und das sechseckige Element kennzeichnet den Projektabschluss.

Bevor das Projekt startet müssen auf Projektebene diverse Planungsaufgaben erfüllt werden. Zunächst wird die Projektsituation analysiert, um die relevanten Schritte des FORFLOW-Prozessmodells für die vorliegende Aufgabe vorzuschlagen. Darauf aufbauend findet die Anpassung des Prozessmodells an die vorliegende Aufgabe für die ersten beiden Ebenen des Prozessmodells statt. Das Ergebnis dieses Planungsschrittes ist der Projektprozessplan, der während des Projektes als Referenzgröße dient [ROELOFSEN et al. 2010a]. Dieser Plan wird nur bei bedeutenden Änderungen der Rahmenbedingungen des Projektes angepasst (z. B. umfangreichen Änderungswünschen des Kunden), ansonsten wird er beispielsweise zum Soll-Ist-Abgleich der Terminplanung genutzt. Aus dem Projektprozessplan werden Projektziele abgeleitet und definiert, die in Form von anzustrebenden Produktmodellen zu dokumentieren sind. Diese betreffen beispielsweise Umfänge von Baugruppen und Meilensteintermine. Einige Ziele fließen in die Anforderungsliste ein. Der Projektplan, die abgeleiteten Projektziele, die Kundenanfrage sowie die Anforderungsliste werden in der Folge zum Abgleich der Zielerreichung im Projekt genutzt. Die frühe und transparente Zieldefinition dient dazu, den operativ arbeitenden Entwicklern eine zielorientierte Planung ihrer Aktivitäten zu vereinfachen.

Der erste Schritt auf der operativen Planungsebene ist die Analyse welche Produktmodelle bereits vorliegen. Anfangs sind dies die Kundenanfrage bzw. vom Kunden bereitgestellte Dokumente (beispielsweise ein Lastenheft), Meetingprotokolle oder auch die dokumentierten Projektziele. In späteren Phasen werden die Modelle dann z. B. um CAD-Zeichnungen, Skizzen, Prototypen oder Berechnungen ergänzt. Die verfügbaren Produktmodelle sind eine wesentliche Eingangsgröße für die Situationsanalyse auf operativer Ebene. Die weiteren für die Situationsanalyse auf operativer Ebene berücksichtigten Parameter werden in Kapitel 5.5 (Entwicklungssituation) detailliert beschrieben.

Auf Basis der Situationsanalyse auf operativer Ebene werden dem Entwickler Empfehlungen für die Planung des weiteren Entwicklungsprozesses ausgesprochen. Zu Beginn des Projektes sind dies oft die Planung und Analyse der Projektziele oder das Generieren des Projektplanes. In späteren Phasen folgen z. B. die Durchführung von Simulationen oder das Erstellen von Prototypen.

Der Entwickler wählt die nächsten Prozessschritte aus dem Prozessmodell und plant so seine Teilprozesse. Diese werden anschließend durchgeführt und neue Produktmodelle in den Einzelschritten erstellt. Nach Abschluss jedes Teilprozesses werden die generierten Ergebnisse mit den Projektzielen abgeglichen. Ein Projekt ist beendet, wenn die im letzten Prozessschritt oder Teilprozess erarbeiteten Produktmodelle den als Projektziel definierten Modellen entsprechen. Solange dies nicht der Fall ist, wird wieder zur Analyse der vorliegenden Produktmodelle zurückgesprungen, der Zyklus der Planung auf operativer Ebene wieder durchlaufen und dadurch neue operative Prozesse gestartet. Auf diese Art und Weise ist es möglich, durch die regelmäßige Planüberprüfung und Möglichkeit der

Plananpassung schnell auf Änderungen in der Entwicklungssituation zu reagieren. Sollte sich die Situation nicht ändern entsteht dem Entwickler kein Mehraufwand, da ihm der nächste bereits eingeplante Schritt zur Bearbeitung vorgeschlagen wird.

Neben dem Hauptzyklus sind auf operativer Ebene einige weitere Kreisschlüsse in den Informationsflüssen vorgesehen:

- Einer der Kreisschlüsse besteht zwischen Entwicklungssituation und Produktmodellen.  
Die verfügbaren Modelle sind einerseits ein wichtiger Input für die Situationsanalyse, andererseits werden Informationen über die Situation an die Produktmodellbasis zurückgespielt. Dies ist notwendig, um die situationsorientierte Beschreibung der Produktmodelle, wie sie LAUER für die Verknüpfung von Produktmodellen und Prozess verwendet, zu ermöglichen. Die Beschreibung befasst sich mit der Prozessphase, dem aktuellen Prozessschritt und den aktuell verwendeten Methoden. Sie wird in der Prozessausführung benötigt, um dem Entwickler die für den aktuellen Schritt relevanten Produktmodelle zur Verfügung zu stellen. Weiterhin sind die Informationen über die Entwicklungssituation wichtig, um zu antizipieren, welche Modelle als nächstes zu erstellen sind bzw. welche zur Erfüllung der Projektziele noch fehlen.
- Ein weiterer Rückfluss von Informationen findet zwischen der Prozessplanung und der Produktmodellsammlung statt.  
Zu den Aufgaben im Schritt Prozessplanung gehören die Auswahl der nächsten Prozessschritte und die Zuweisung von Zeiten und Ressourcen zu den geplanten Schritten. Unter Berücksichtigung der vorliegenden Produktmodelle und der Situationsinformation schlägt die Produktmodellbasis die zu erstellenden Produktmodelle und zugehörige Tools zu deren Erstellung für den jeweiligen Prozessschritt vor. Weiterhin werden Informationen zu einem für die Prozessphase sinnvollen Detaillierungsgrad der Modelle übermittelt. Diese Empfehlungen werden anschließend zur Planung des Outputs für die Teilprozesse genutzt. Welche Modelle endgültig für die Prozessschritte geplant werden, wird schließlich in der Produktmodellbasis hinterlegt, um einen späteren Soll-Ist-Abgleich der Produktmodelle zu ermöglichen.
- Die dritte Verknüpfung besteht zwischen Prozessausführung und Produktmodellsammlung.  
Im Ausführungsschritt werden die geplanten Produktmodelle erstellt. Die tatsächlich erstellen Modelle werden zum Abgleich mit den Projektzielen herangezogen, um so festzustellen, ob das Projekt beendet wird oder weitere Schritte notwendig sind. Weiterhin werden die generierten Produktmodelle der Produktmodellsammlung hinzugefügt, so dass sie als neuer Input für die weitere Planung bereitstehen. Außerdem wird durch diese Ergänzung der Produktmodellbasis dafür gesorgt, dass im Projekt immer eine konsistente Datenhaltung sichergestellt ist.

In den Anforderungen an das Vorgehensmodell (Kapitel 5.2) wurde gefordert, dass die beiden Planungsebenen miteinander verknüpft sein sollen. An welchen Stellen diese Verknüpfung der Ebenen stattfindet, wird im Folgenden geklärt.

Die direkte Abstimmung zwischen den Ebenen findet an zwei Stellen statt. In die Situationsanalyse auf der operativen Ebene fließt die aktuelle Projektsituation mit ein. Weiterhin findet nach der Durchführung jedes Prozessschrittes bzw. Teilprozesses ein Abgleich der Ergebnisse mit den Projektzielen statt. Dies wird in Bild 5.13 durch die Entscheidungsfrage, ob alle Projektziele erreicht sind, repräsentiert. Durch diesen ständigen Abgleich von Projekt- und operativer Situation sowie der Arbeitsergebnisse wird ein regelmäßiger Austausch zwischen den Ebenen umgesetzt. Dies hilft dabei, sowohl das übergeordnete Projektziel als auch die spezifischen Ressourcen für die nächsten Schritte zu überblicken und führt damit zu einer besseren Prozesstransparenz. Der Projektplaner erhält somit einen regelmäßigen Überblick über den aktuellen Projektstand und der Projektausführende bekommt fortlaufend das gesamte Projektziel aufgezeigt und wird über Änderungen auf Projektebene schnell informiert. Die Projektplanung dient als Grundlage der Detailplanung im Projektverlauf.

Auf PMDD-Basis geplante und ausgeführte Prozesse liefern einen besseren Entwicklungsworkflow und unterstützen besonders das operative Level. Unter Entwicklungsworkflow wird an dieser Stelle nicht die fixe Abarbeitung vorgeplanter Aktivitäten verstanden (wie in Kapitel 2.5 beschrieben), sondern das Ermöglichen eines effizienten und effektiven Entwicklungsablaufes. Dadurch, dass den Beteiligten die notwendigen situationsspezifischen Informationen und Tools zur Prozessplanung und -ausführung schnell und übersichtlich bereitgestellt werden, wird eine bessere Prozesstransparenz geschaffen und die Dokumentation der Prozessergebnisse sowie das Starten nachfolgender Schritte einfach gestaltet. Dies gilt für alle im Prozess generierten Modelle. Die Verbindung von Produktinformation und Prozess, die das PMDD ausmacht, wird mittels einer prozessorientierten Beschreibung der Produktmodelle (wie in Kapitel 2.7 dargestellt) und einer produktorientierten Beschreibung der Entwicklungssituation umgesetzt.

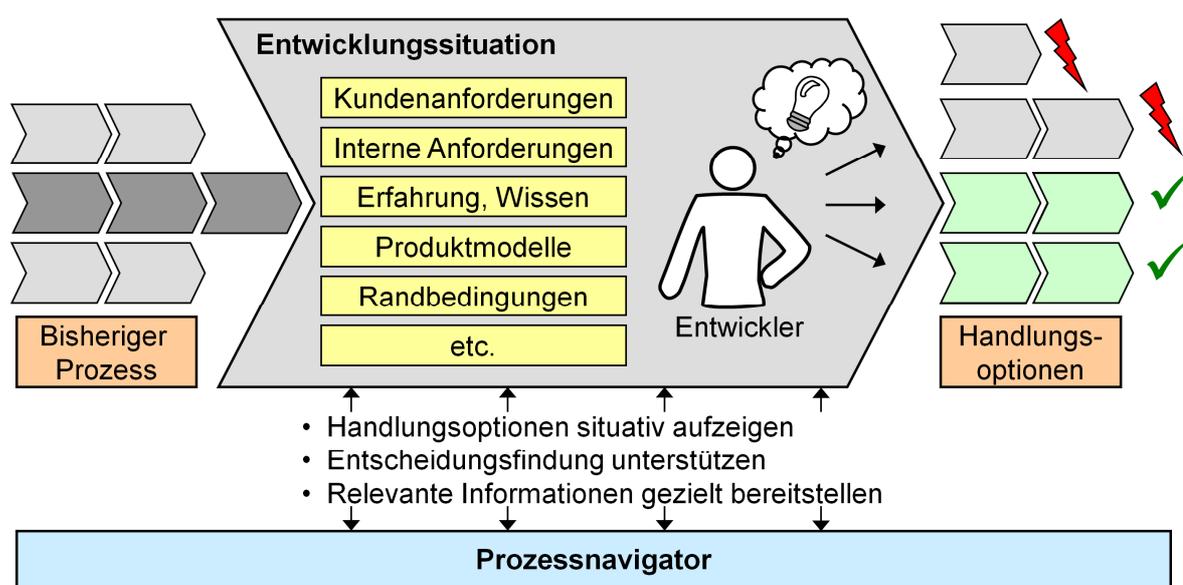
Eine weitere zentrale Eigenschaft des PMDD, auf dem das Vorgehen zur situationsspezifischen Prozessplanung beruht [ROELOFSEN et al. 2008b], ist die Möglichkeit, dieses innerhalb eines Projektes rekursiv anzuwenden. Das Vorgehensmodell kann sowohl zur Planung des übergeordneten Projektes angewendet werden, als auch für die Planung der Abläufe in der Entwicklung von Teilsystemen und Bauteilen [ROELOFSEN et al. 2010b]. Auf diese Weise wird die in der Praxis häufig vorliegende hierarchische Aufspaltung der Projektziele auf Baugruppen und Bauteile abgebildet. Weiterhin können große Entwicklungsprojekte in Teilprojekte untergliedert und diesen jeweils eigene Verantwortliche und Teilprojektziele zugewiesen werden. Innerhalb dieser Teilprojekte kann dann analog der Darstellung in diesem Kapitel das Vorgehen zur Detailplanung angewendet werden.

Das Vorgehensmodell PMDD bildet die Grundlage für die Implementierung des Rahmenwerkes zur situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung [LAUER et al. 2008]. Die im Rahmen des Forschungsverbundes FORFLOW umgesetzte prototypische Software wurde ProcessNavigator genannt. Die allgemeinen Grundlagen des ProcessNavigators sowie die Umsetzung des Rahmenwerks in der Software werden in Kapitel 5.9 dargestellt. Das Zusammenwirken des Vorgehensmodells mit dem FORFLOW-Prozessmodell, der Situationsanalyse und den Ebenen und Rollen der Prozessplanung im Rahmenwerk zur situationsspezifischen Prozessplanung erfolgt in Kapitel 5.8.

## 5.5 Entwicklungssituation

In Kapitel 4.4 wurden Ansätze zur Beschreibung von Entwicklungssituationen vorgestellt. Diese nutzen eine große Anzahl unterschiedlicher Parameter zur Situationsbeschreibung und sind zum Teil sehr aufwändig. Wie aufgezeigt, können sie damit nicht die in dieser Arbeit gestellten Anforderungen an eine Situationsbeschreibung erfüllen (vgl. Kapitel 5.2). Die Vielschichtigkeit der Situation, in der der Entwickler die Planung des Prozesses vornimmt, wird in Bild 5.14 deutlich. Die Analyse dieser Planungssituation in Hinblick auf die Unterstützung des Entwicklers in der Auswahl der Prozessschritte wird im Folgenden beschrieben.

Da es weder möglich noch sinnvoll erscheint, Entwicklungssituationen in ihrer Gesamtheit explizit und objektiv anhand von Kriterien darzustellen [PONN 2007, S. 47], wird für diesen Ansatz eine möglichst einfache Beschreibung der Entwicklungssituation entwickelt, die die situationsspezifische Unterstützung der Prozessplanung ermöglicht. Ziel der Situationsanalyse ist es, den Produktentwickler in die Lage zu versetzen, sich die Auswirkungen der Entwicklungsbedingungen als Grundlage zur Entscheidungsfindung zu vergegenwärtigen und somit in die Entscheidung über das weitere Vorgehen einfließen zu lassen. Dadurch werden Iterationen, Kosten und Mehraufwand in der Entwicklung vermieden.



**Bild 5.14** Planungssituation des Entwicklers

Es ist in diesem Zusammenhang nicht das Ziel, eine vollständige, umfassende Beschreibung der Situation zu schaffen, sondern die wichtigsten Parameter zu identifizieren und zu berücksichtigen, die für die situationsspezifische Prozessplanung notwendig sind. Vielmehr soll die Beschreibung umfangreich genug sein, um Unterschiede für die einzelnen Prozesse aufzuzeigen, andererseits darf sie nicht zu ausführlich sein, um Komplexität und Umfang der Analyse möglichst gering zu halten. Der Aufwand für die Situationsanalyse muss möglichst gering bleiben und ein möglichst großer Nutzen für die Prozessplanung aus der Analyse gezogen werden.

Zur Identifizierung der wesentlichen Parameter, wurden neben der Literaturrecherche (vgl. Kapitel 4) die Entwicklungsprozesse eines Industrieunternehmens aus der Automobilbranche betrachtet. Im Rahmen der Konzeptentwicklung zur Verwendung eines Prozessbaukastens in der Produktentwicklung wurden die Auswirkungen unterschiedlicher Situationsparameter auf die Auswahl und Anpassung der Prozessschritte analysiert [ALI 2008]. Diese Beobachtungen sind wesentlicher Input für die Auswahl der Parameter zur Situationsanalyse. Weiterhin wurde den industriellen Partnern des Forschungsverbundes FORFLOW ein Vorschlag der Parameter zur Situationsbeschreibung unterbreitet und dieser in Diskussion auf die industriellen Bedürfnisse angepasst. Das Ergebnis dieses Vorgehens ist der im Folgenden beschriebene Ansatz zur Beschreibung der Entwicklungssituation.

Die Situationsanalyse findet auf zwei Abstraktionsebenen statt, die entsprechend zu zwei Ebenen der Planung führen (siehe Kapitel 5.7): Die Projektebene und die operative Ebene [ROELOFSEN 2009]. Dabei wird hoher Wert auf die Interaktion zwischen den beiden Ebenen gelegt, um einen hohen Informationsgehalt und Transparenz des Prozessplanes zu erreichen. Die Notwendigkeit des Austausches zwischen den prozessplanenden Rollen (siehe Kapitel 5.6) wird durch die Ebenendefinition und deren Interaktion betont. Wichtig für die Beschreibungsparameter auf beiden Ebenen ist, dass sie schon zu Projektbeginn und über den gesamten Verlauf hinweg einschätzbar sein sollten. Es werden so wenige Parameter wie möglich analysiert, die in Kombination eine Aussage über die Situation zulassen, um ein möglichst gutes Aufwand-Nutzen-Verhältnis der Situationsanalyse für die Prozessplanung zu erzielen [ROELOFSEN 2009].

Vor diesem Hintergrund werden die situationsbeschreibenden Parameter für die beiden Ebenen der Analyse definiert. Einige der Parameter sind an dieser Stelle nur für eine Ebene relevant, andere werden auf beiden Ebenen betrachtet, beziehen sich aber auf unterschiedliche Aspekte. Schließlich gibt es einige Parameter die generell analysiert werden, ohne Fokus auf eine spezielle Ebene. Auf der Projektebene werden hauptsächlich unternehmensexterne Bedingungen abgefragt, wohingegen sich die Analyse auf operativer Ebene auf die internen Bedingungen und Voraussetzungen konzentriert.

Die Parameter zur Situationsbeschreibung beziehen sich auf die Entwicklungsaufgabe und allgemeine Randbedingungen. Das heißt sie beziehen sich nicht auf organisatorische oder individuelle Aspekte sondern auf Anforderungen, notwendige Kompetenzen, Zwischenergebnisse etc. Die zur Situationsbeschreibung herangezogenen Parameter werden in Bild 5.15 zusammenfassend dargestellt. Im Bild wird deutlich, welche Parameter auf Projektebene und operativer Ebene verwendet werden sowie welche Parameter auf beiden Ebenen zum Einsatz kommen.

### **Beschreibungsparameter der Entwicklungssituation auf beiden Ebenen**

Zu den Parametern, die auf beiden Ebenen betrachtet werden, zählen [ROELOFSEN et al. 2010b]:

- die Entwicklungsaufgabe und zugehörige Anforderungen,
- die Prozessergebnisse (d. h. die notwendigen Outputs des Prozesses),
- der Neuheitsgrad des Produktes sowie
- die Komplexität der Aufgabe.

Die Entwicklungsaufgabe und Anforderungen werden betrachtet, um die Schwerpunkte der vorliegenden Entwicklung zu bestimmen. Dies bedeutet einerseits die relevanten DfX-Kriterien festzulegen sowie die kritischen Fragestellungen für die Produktabsicherung zu identifizieren, um diese in der Prozessplanung besonders berücksichtigen zu können. Entwicklungsaufgabe und Anforderungen werden auf beiden Ebenen betrachtet, damit das Entwicklungsziel stets präsent ist und somit eine zielorientierte Produktentwicklung sichergestellt werden kann.

Die Prozessergebnisse werden ebenfalls zur Prozessplanung herangezogen. Einerseits werden auf Projektebene die übergreifenden Prozessziele als Outputs definiert deren Erreichen sichergestellt werden muss. Auf operativer Ebene werden andererseits über die notwendigen Outputs der einzelnen Prozessschritte die Teilziele der Subprozesse definiert, die dem operativ arbeitenden Entwickler entsprechend aufzeigen, welche Modelle als nächstes zu generieren sind. Durch die enge Abstimmung zwischen Projekt- und operativer Ebene wird es weiterhin ermöglicht, die Teilziele der einzelnen Subprozesse in Zusammenhang mit den Projektzielen zu stellen und dadurch die Relevanz jeder Aufgabe für die gemeinsame Zielerreichung zu visualisieren.

Der Neuheitsgrad der Entwicklung bestimmt in erster Linie den Umfang des Entwicklungsprozesses. Viele Ansätze nutzen dazu die Unterscheidung in Neuentwicklung, Anpassungsentwicklung und Variantenentwicklung nach PAHL et al. 2007. Eine Einteilung in diese drei Typen ist an dieser Stelle nicht eindeutig anwendbar, da eine klare Differenzierung der Entwicklungsarten fehlt. Daher wird die Einteilung des Neuheitsgrades in Prozent der Bauteile vorgenommen. Diese Prozentzahl gibt an, welcher Anteil der Bauteile neu entwickelt, angepasst oder wiederverwendet werden soll. Auf Projektebene wird dazu eine Einschätzung des Gesamtsystems vorgenommen, auf operativer Ebene wird das jeweilige Teilsystem betrachtet.

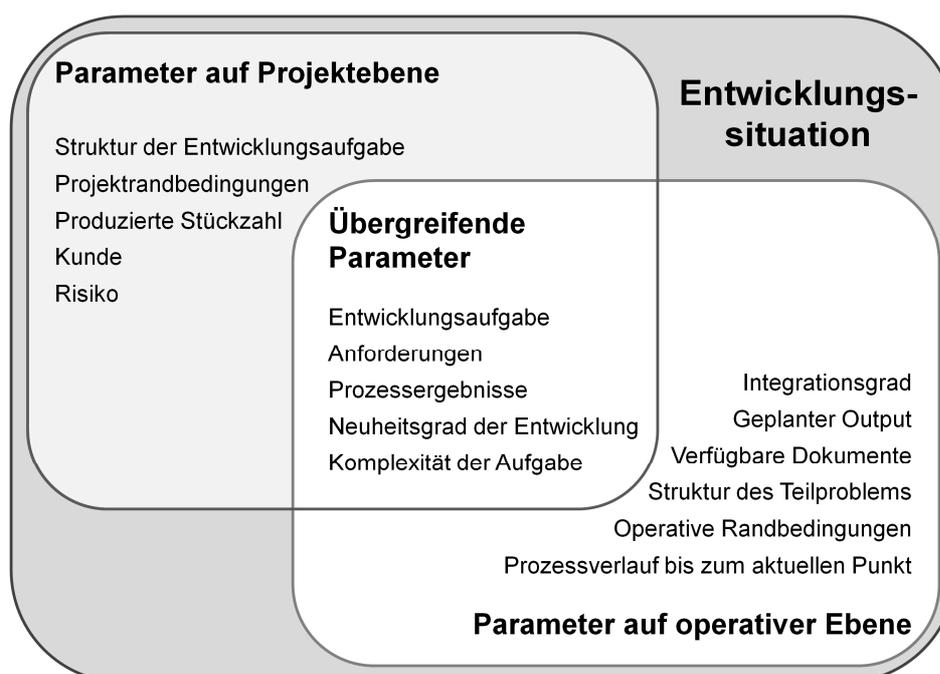


Bild 5.15 Parameter zur Beschreibung der Entwicklungssituation auf den unterschiedlichen Ebenen

Die Komplexität der Aufgabe wird ebenfalls in vielen Ansätzen zur Klassifikation der Entwicklungssituation herangezogen [z. B. MEIßNER et al. 2006, HALES et al. 2004, BADKE-SCHAUB et al. 2004]. Für die angewendete Situationsanalyse wird auf Projekt- und operativer Ebene eine Unterscheidung in hohes, mittleres und niedriges Komplexitätslevel vorgeschlagen. Diese Unterscheidung wird, wie beim Neuheitsgrad, auf Projektebene für das Gesamtprodukt und auf operativer Ebene für das Teilprodukt bzw. Bauteil vorgenommen. Was genau unter hoher, mittlerer und niedriger Komplexität verstanden wird, ist stark unternehmens- und produktabhängig und muss deshalb für jedes Unternehmen entsprechend definiert werden. Bei der Betrachtung der Komplexität auf Gesamtproduktebene können dazu beispielsweise die Anzahl der im Produkt enthaltenen Teile oder auch die Anzahl mechatronischer Teilsysteme herangezogen werden. Auf der operativen Ebene hingegen ist die Anzahl der bearbeiteten Teile eher gering, weshalb an dieser Stelle zur Einschätzung der Komplexität der Teilaufgabe unter anderem durch die Anzahl der benachbarten Teile, die Anzahl der Schnittstellen oder den Grad der Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen beschrieben wird.

### **Beschreibungsparameter der Entwicklungssituation auf Projektebene**

Auf der Projektebene werden zur Situationsbeschreibung folgende Parameter betrachtet [ROELOFSEN et al. 2010a]:

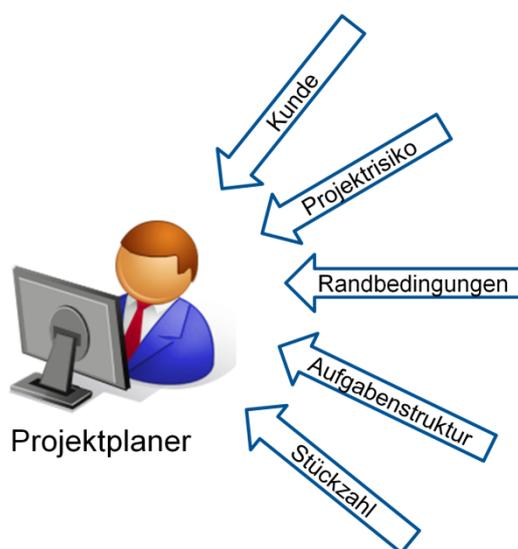
- Kunde
- Risiko des Entwicklungsprojektes
- Projektrandbedingungen
- Struktur der Entwicklungsaufgabe
- Produzierte Stückzahl

Die Berücksichtigung des Kunden in der Prozessplanung ist erforderlich, da seine Einbindung in den Prozess sehr unterschiedlich ablaufen kann und somit Einfluss auf den Prozess hat. Bei Unternehmen, die speziell für bestimmte Kunden entwickeln, müssen diese oft direkt in den Prozess eingebunden werden. Weiterhin gibt es in den Unternehmen meist Erfahrungen mit welchen Kunden die Zusammenarbeit einfach ist, und welche tendenziell häufig Iterationen im Prozess hervorrufen. Diese absehbaren Iterationen können entsprechend von vornherein in der Prozessplanung berücksichtigt werden. Erfahrungen damit, wie viele Änderungen auftreten, welche Prozesseinbindung des Kunden notwendig ist oder wie die Abstimmung mit den einzelnen Kunden funktioniert, fließen daher in diese Klassifikation mit ein. Werden hingegen Produkte für den Massenmarkt produziert, das heißt es handelt sich um anonyme Kunden, müssen andere Methoden der Kundeneinbindung vorgesehen werden. Dies beinhaltet beispielsweise eine andere Anforderungsklä rung (anstatt in direkter Diskussion mit dem Kunden über Marktanalyse und Marketingabteilung des Unternehmens). Die Kundenklassifikation beim Hersteller eines Konsumproduktes (z. B. Einteilung nach Marktregionen) läuft folglich anders ab als bei einem Automobilzulieferer (beispielsweise Einteilung nach OEM). Wie erwähnt, beeinflusst die Kundenintegration zu einem gewissen Grad die Variabilität der Anforderungen. Wenn die Anforderungen erfahrungsgemäß konstant bleiben, können standardisierte Vorgehensweisen angewendet werden, ansonsten muss

anhand spezifischer Anforderungen geplant werden und es ist mit einer höheren Anzahl Iterationen im Prozess zu rechnen.

Das Risiko eines Entwicklungsprojektes ist schwierig zu messen, hat jedoch einen entscheidenden Einfluss auf den Entwicklungsprozess. Je nach Risikoeinschätzung ist es notwendig, dass beispielsweise eine größere Anzahl Qualitätssicherungsschritte vorgesehen wird, oder dass wiederholte Benchmarks notwendig sind. Das Risiko wird in fünf Stufen von geringem bis hohem Risiko eingeteilt. Da in den meisten Unternehmen bereits ein Risikomanagement mit entsprechenden Methoden eingeführt ist, wird in der Anwendung dieses Vorgehens darauf zurückgegriffen und analog zur bestehenden Bewertung werden die fünf Ausprägungen bestimmt.

Die betrachteten Projekttrandbedingungen umfassen die Ressourcen und die Entwicklungszeit. Die Ressourcen, z. B. Anzahl der Mitarbeiter, verfügbare Finanzen und Infrastruktur des Projektes werden berücksichtigt, um einen Überblick beispielsweise über die Anzahl notwendiger Softwarelizenzen oder auch die Verfügbarkeit von Experten im Projekt zu erhalten. Die verfügbare Entwicklungszeit hat einen Einfluss auf die Anordnung und den Grad der Parallelisierung der Prozessschritte. Im Projektverlauf kann anhand des Vergleiches von geplanten (d. h. zu Projektbeginn verfügbare Ressourcen) und tatsächlich eingesetzten Ressourcen ein Projektcontrolling stattfinden.



**Bild 5.16 Parameter der Situationsanalyse auf Projektebene**

Die Struktur der Entwicklungsaufgabe gibt die Struktur des Prozesses vor. Wenn die Ziele und Anforderungen an den Prozess oder mögliche Lösungen der Entwicklungsaufgabe nicht verfügbar, unbekannt oder intransparent sind, führt dies im Prozess mit hoher Wahrscheinlichkeit zu vielen Iterationen und Rücksprüngen. Der Prozess für ein gut strukturiertes Problem mit klaren Anforderungen und sich deutlich abzeichnenden Lösungen hat dagegen tendenziell einen linearen Verlauf. Daher wird die Struktur der Aufgabe als wichtiger Einflussparameter in die Situationsanalyse mit einbezogen. Für diesen Parameter wird ebenfalls die Unterteilung in gering, mittel und hoch vorgenommen, damit bereits in frühen Prozessphasen eine erste Einschätzung möglich ist.

Die geplante Stückzahl des zu entwickelnden Produktes hat großen Einfluss auf den Ablauf und die Ergebnisse des Entwicklungsprozesses. Einerseits werden je nach Stückzahl unterschiedliche Arten der Produktabsicherung vorgeschlagen (Umfang der Prototypen bzw. Simulation), andererseits hat sie sehr großen Einfluss beispielsweise auf die Auswahl der Fertigungsverfahren und der Materialien. Diese Auswirkungen werden daher bereits in der übergreifenden Prozessplanung berücksichtigt.

Die Beschreibung der Entwicklungssituation auf Projektebene (siehe Bild 5.16) wird eingesetzt, um der Rolle „Prozessplanung“ (siehe Kapitel 5.6) entsprechende Prozessschritte vorzuschlagen. Als Konsequenz werden beispielsweise bei einem Projekt, für das die Risikoeinschätzung auf „hoch“ gesetzt wird, andere Schritte vorgeschlagen als für ein Projekt mit geringem Risiko. Zu diesen Schritten, die für riskante Projekte vorgeschlagen werden, gehört unter anderem die Erstellung eines Funktionsmodells. Der Einfluss der Stückzahl zeigt sich in der Prozessplanung darin, dass, wenn beispielsweise ein Einzelstück produziert werden soll, der Einsatz von Prototypen des Gesamtsystems nicht empfohlen wird. Dagegen wird ein solcher Prototyp für Produkte in Massenproduktion immer vorgeschlagen.

### **Beschreibungsparameter der Entwicklungssituation auf operativer Ebene**

Die Situationsbeschreibung auf operativer Ebene ist deutlich konkreter als auf Projektebene und umfasst folgende Parameter [ROELOFSEN et al. 2010b]:

- Verfügbare Dokumente bzw. Prozessverlauf bis zum aktuellen Punkt
- Geplanter Output
- Struktur des Teilproblems
- Operative Randbedingungen
- Schnittstellen zu anderen Prozessteilnehmern (Integrationsgrad)

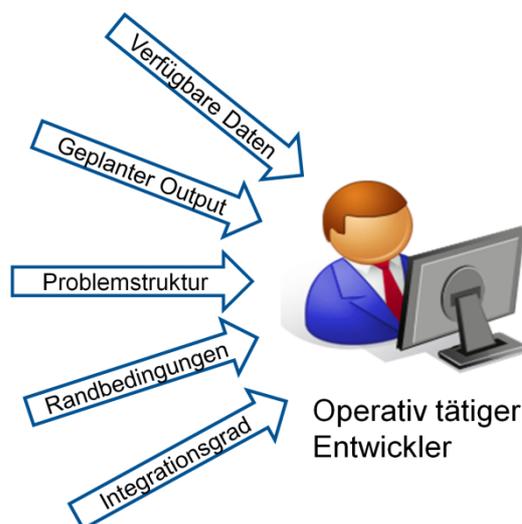
Neben der Aufgabenkomplexität und dem Neuheitsgrad sind der verfügbare Input und der geplante Output für den operativ arbeitenden Entwickler von hoher Relevanz. Um dies in den richtigen Kontext setzen zu können, wird darüber hinaus das zu bearbeitende Teilproblem und dessen Struktur berücksichtigt.

Um die Entwicklungssituation auf operativer Ebene eindeutig definieren zu können muss bekannt sein, welche Produktmodelle zum betrachteten Zeitpunkt vorliegen. Eine wichtige in diesem Zusammenhang zu klärende Frage ist, ob alle notwendigen Daten zur Ausführung des nächsten Prozessschrittes vorliegen. Liegen diese Daten noch nicht vor, müssen sie zunächst erstellt werden, was eine Änderung des geplanten Prozessablaufs nach sich zieht. Neben der Unterstützung auf operativer Ebene hat die Übersicht über die bereits vorliegenden Produktmodelle und abgearbeiteten Prozessschritte für die projektplanende Ebene den Vorteil, dass eine Nachverfolgung des aktuellen Standes der Produktreife ermöglicht wird.

Der Überblick über den geplanten Output eines Prozessschrittes sowie die Darstellung der nächsten geplanten Prozessschritte bzw. parallel bearbeiteter Schritte, dient der Zielorientierung in der Prozessausübung sowie einer verbesserten Prozesstransparenz.

Zu den Rahmenbedingungen, die für die Planung auf operativer Ebene herangezogen werden, gehören die Zeit bis zum nächsten Meilenstein oder Quality Gate, die Anzahl der am Teilproblem arbeitenden Personen sowie die Anzahl Projekte, die vom verantwortlichen

Entwickler bearbeitet werden. Diese Bedingungen bestimmen in erster Linie die Notwendigkeit von Koordinations- und Integrationsprozessen zwischen den Mitarbeitern im Team, zwischen Projekten und in der Priorisierung von Tätigkeiten.



**Bild 5.17 Parameter der Situationsanalyse auf operativer Ebene**

Die Anzahl der Schnittstellen zu anderen Prozessteilnehmern bezieht sich einerseits auf die Anzahl angrenzender Bauteile und der dadurch notwendigen Abstimmung mit den verantwortlichen Entwicklern. Andererseits bezieht sie sich auf die Anzahl der am Teilproblem arbeitenden Disziplinen, wenn es sich um ein mechatronisches Produkt handelt (Integrationsgrad). Dies beeinflusst die Prozessplanung insofern, als zum Beispiel regelmäßige Treffen oder Reviews notwendig werden, die terminiert und eingeplant werden müssen und die sich je nach Anzahl der beteiligten Personen unterscheiden. Die Relevanz dieses Parameters für die Entwicklung steigt mit der Anzahl mechatronischer Teilsysteme [ROELOFSEN et al. 2007a]. Einen Überblick über die Beschreibungsparameter der Entwicklungssituation auf operativer Ebene gibt Bild 5.17.

Den oben dargestellten Parametern werden für die Situationsanalyse Ausprägungen zugeordnet. Diese Zuordnung wird zur Bestimmung der Vorschläge für die Planung des Prozessverlaufes verwendet. Auf diese Art und Weise wird die Verknüpfung von Situation und Prozessschrittauswahl geschaffen. Plant beispielsweise ein Entwickler den PEP für ein hoch riskantes, neues, mechatronisches Produkt, unterscheidet sich der vorgeschlagene Prozess vom Prozess für eine wenig riskante, mechanische Variantenentwicklung. Im ersten Fall wird vorgeschlagen, mit der Erarbeitung des Konzeptes durch grobe Dimensionierung zu starten, im zweiten Fall wird empfohlen, mit der Bauraumaufteilung zu starten (die Beschreibungen der Prozessschritte können Anhang 9.2.2 entnommen werden) [LAUER et al. 2008].

Die in diesem Teilkapitel dargestellte Situationsanalyse bildet ein wesentliches Element des in Kapitel 5.8 dargestellten Vorgehens zur Prozessplanung. Wie im soeben dargestellten Beispiel bereits angedeutet, wird der Prozess abhängig von der Entwicklungssituation und den Produktanforderungen gestaltet bzw. angepasst.

## 5.6 Rollen in der Prozessplanung

Zur Sicherstellung einer effizienten Unterstützung der Entwicklungsprozessplanung müssen verschiedene Rollen während der Planung berücksichtigt werden. Diese sind notwendig, um den unterschiedlichen Planungssituationen der Beteiligten gerecht zu werden. Die Planungssituationen sind, wie in Kapitel 5.5 beschrieben, vom bisherigen Vorgehen und den dabei gemachten Erfahrungen, den erzielten Zwischenergebnissen sowie weiteren Prozessrandbedingungen abhängig. Die Prozessauswahl und -planung wird durch eine anforderungsbezogene Teilprozessauswahl unterstützt. Dabei wird dem Nutzer die Entscheidung über das weitere Vorgehen nicht abgenommen sondern ihm werden Handlungsoptionen vorgeschlagen, die die Entscheidungsfindung unterstützen. Diese Handlungsoptionen werden zum Beispiel aus dokumentierten Best-Practice-Prozessen oder einer generisch aufgebauten Wissensbasis abgeleitet. In der Wissensbasis werden die bisher durchgeführten Entwicklungsprozesse und Teilprozesse samt der dazugehörigen Situationsbeschreibung und einer Bewertung des Prozessablaufes nach Projektabschluss abgelegt. So können für ähnliche Situationen auch ähnliche Prozesse vorgeschlagen werden. Der Aufbau dieser Wissensbasis wird von JOCHAUD [JOCHAUD 2009] detailliert beschrieben.

Analog zu den vorgestellten Elementen der situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung werden zwei wesentliche Rollen zur Ausführung der Planungsaufgaben definiert: die projektplanende Rolle, die die Projektplanung auf Projektebene durchführt, und die projektausführende Rolle, die die Detailplanung auf operativer Ebene vornimmt. Die für die jeweiligen Planungsaufgaben der Rollen notwendigen Informationen werden im ProcessNavigator (siehe Kapitel 5.9) entsprechend visualisiert.

Die Rollen sind nicht direkt mit Personen und weiterhin nicht mit der Projektorganisation verknüpft. Sie können also von einer oder mehrerer Personen aus unterschiedlichen Hierarchieebenen der Projektorganisation ausgefüllt werden. Für die Durchführung der vorgestellten Prozessplanung ist die Unterscheidung in projektplanende und operativ planende Rolle ausreichend [ROELOFSEN et al. 2007a].

Diese Art der Rollenverteilung macht die Planungsmethodik für eine Vielzahl von Situationen anwendbar. Dabei ist es nicht relevant ob es einen Projektmanager gibt, der die Planung durchführt, oder ob der Projektplan in Zusammenarbeit einer interdisziplinären Projektgruppe entsteht. Gleiches gilt für die operative Ebene. In diesem Zusammenhang kann beispielsweise eine Arbeitsgruppe die von ihr verantworteten Aufgaben (z. B. die Entwicklung einer Baugruppe) planen, oder ein einzelner Entwickler kann die Abläufe der Entwicklung seines Bauteils ausgestalten. Außerdem ist es bei dieser Art der Rollenaufteilung möglich, dass beide Rollen von derselben Person ausgeführt werden. Dies kann in kleinen Projekten notwendig sein, wenn einer der Projektbearbeiter gleichzeitig der Projektmanager ist. In diesem Fall ist es zunächst notwendig, dass ein grober Projektplan erstellt wird bevor in späteren Projektphasen die Detaillierung dieses Planes in der Ausführung der Prozesse geschieht [ROELOFSEN et al. 2010b].

Die projektplanende Rolle hat im Rahmen der vorgestellten Prozessplanungsmethodik folgende Aufgaben: Zunächst muss ein Projekt angelegt werden. Dazu ist es notwendig eine Projektbeschreibung zu hinterlegen und das zugrundeliegende Prozessmodell auszuwählen.

Im Rahmen dieser Arbeit ist dies das FORFLOW-Prozessmodell. Allerdings ermöglicht der ProcessNavigator alternativ andere Prozessmodelle zu nutzen. Auf Basis der Analyse der Projektsituation werden dem Nutzer Vorschläge unterbreitet, welche Prozessschritte der ersten und zweiten Ebene des FORFLOW-Prozessmodells zur effizienten Abarbeitung der vorliegenden Entwicklungsaufgabe empfehlenswert sind. Der Projektplaner wählt im nächsten Schritt die entsprechenden Teilprozesse der ersten beiden Ebenen aus, erstellt daraus einen groben Projektplan und weist den ausgewählten (Teil-)Prozessen Verantwortliche zu. Während des Projektverlaufs bekommt der Projektplaner dann den aktuellen Stand der Bearbeitung der Teilprozesse übersichtlich dargestellt (eine detaillierte Beschreibung des ProcessNavigators folgt in Kapitel 5.9).

Die Aufgaben der projektausführenden Rolle sind anders geartet. Der Projektausführende kann die von ihm verantworteten Prozessumfänge planen. Ihm wird angezeigt welche Prozessschritte auszuführen sind, welche Inputdaten für die einzelnen Prozessschritte jeweils notwendig sind und welche bereits vorliegen. Weiterhin werden ihm auf Basis der Situationsanalyse auf operativer Ebene ebenfalls Vorschläge für die Reihenfolge der Abarbeitung der Prozessschritte unterbreitet. Er wählt einen bestimmten Prozessschritt zur Bearbeitung aus, kann die zu entwickelnden Ergebnisdokumente hinterlegen und schließlich den Schritt als erledigt markieren. Innerhalb der ihm zugewiesenen Prozessschritte kann er abweichend von der vorgeschlagenen Reihenfolge der Prozessschritte beliebig hin und her springen, um beispielsweise fehlende Eingangsdokumente für einen bestimmten Schritt zu erzeugen oder die Ergebnisse eines Schrittes zu überarbeiten. Lediglich nach der Freigabe eines Bauteils kann nicht mehr frei in vorgelagerte Prozessschritte zurückgesprungen werden.

Eine dritte Rolle, die für die Implementierung der Prozessplanungsmethodik vorgesehen werden muss aber keinen Beitrag zum eigentlichen Ablauf der Prozessplanung liefert, ist der Administrator. Diese Rolle wird daher nur sehr kurz beschrieben. Er ist dafür verantwortlich, den ProcessNavigator zu warten, die notwendigen Prozessmodelle einzupflegen und steht den Nutzern des Systems bei Fragen zur Verfügung. Um eventuelle Fehler im Programm beheben zu können sollte er mit dem Programmaufbau sehr gut vertraut sein.

## 5.7 Ebenen der Prozessplanung

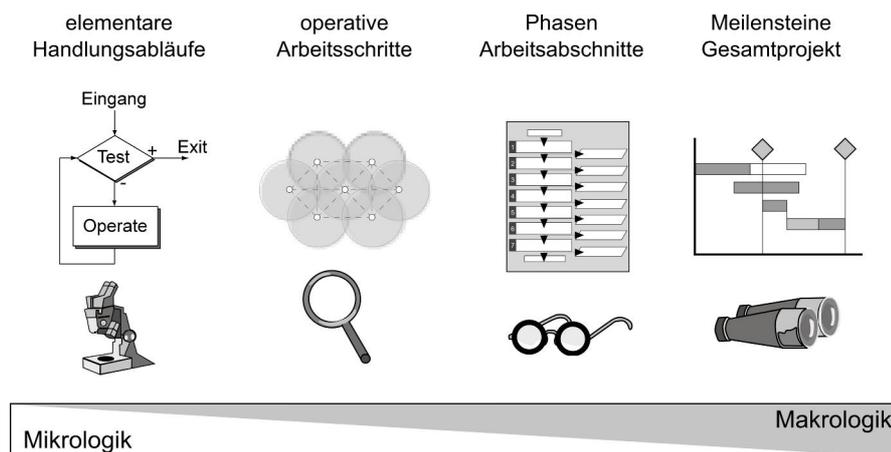
Zum sinnvollen Einsatz des Vorgehensmodells und der Beschreibung der Entwicklungssituation und um die Rollen der Prozessplanung effektiv zu unterstützen, sind unterschiedliche Ebenen, das heißt Detaillierungsgrade, der Prozessplanung notwendig.

Der geeignete Detaillierungsgrad zur Prozessplanung ist nicht allgemein definierbar, sondern abhängig vom Modellierungs- und Planungsziel. Ist es das Ziel die kognitiven Aspekte der Entwicklung zu erforschen, ist eine sehr detaillierte Modellierung notwendig, für das Multiprojektmanagement ist ein abstrakteres Level ausreichend [ROELOFSEN et al. 2007a]. Nach LINDEMANN gibt es vier Hauptebenen der Dekomposition von Prozessen, die in Bild 5.18 dargestellt sind [LINDEMANN 2009, S. 38]:

- Die strategische Ebene, auf der generische Prozesse oder das Gesamtprojekt samt Meilensteinen abgebildet werden
- Das Projektlevel, in dem grobe Prozessphasen definiert werden, aber weiterhin eine klare Vision über das Gesamtergebnis besteht
- Die operative Ebene, in der zusammenhängende Aktivitäten dargestellt sind, aber nur noch ein ungefährer Überblick über das Gesamtergebnis herrscht
- Das Aktivitätenlevel, hier werden die Elementaren Handlungsabläufe detailliert dargestellt.

Zur konkreten Planung von Produktentwicklungsprozessen ist weder die strategische noch die Aktivitätenebene geeignet. Das strategische Level erlaubt keine aufgabenspezifische Planung und die Detaillierung bis hin zu den Elementarprozessen führt zu einer zu großen Prozesskomplexität [SCHMITT 2001]. Die anderen beiden Ebenen sind deutlich objektorientierter und ermöglichen so die Berücksichtigung der Struktur des Entwicklungsproblems sowie der Produkt- und Organisationsstruktur [ROPOHL 2009; BENEKE 2003].

Die in diesem Ansatz verwendeten Ebenen der Prozessplanung sind die in den vorhergehenden Kapiteln erwähnten: Die Projektebene und die operative Ebene. Die Ebenen der Prozessplanung müssen in diesem Zusammenhang mit der Prozessstruktur korrelieren. Unter Prozessstruktur ist die hierarchische Darstellung aller im Prozess vorkommenden Aktivitäten zu verstehen. Jede Prozessebene besitzt ihren eigenen spezifischen Detaillierungsgrad [GAITANIDES et al. 1994, S. 39]. Dementsprechend befasst sich die Planung auf der Projektebene vor allem mit den Schritten auf den ersten beiden Ebenen des FORFLOW-Prozessmodells, die operative Planung mit den Schritten der dritten Ebene. Eine detaillierte Darstellung der Art und Weise der Prozessanpassung auf den beiden Ebenen wird in Kapitel 5.8 anhand von Beispielen erörtert.



**Bild 5.18 Prozessmodelle auf unterschiedlichen Detaillierungsebenen [nach LINDEMANN 2009, S. 38]**

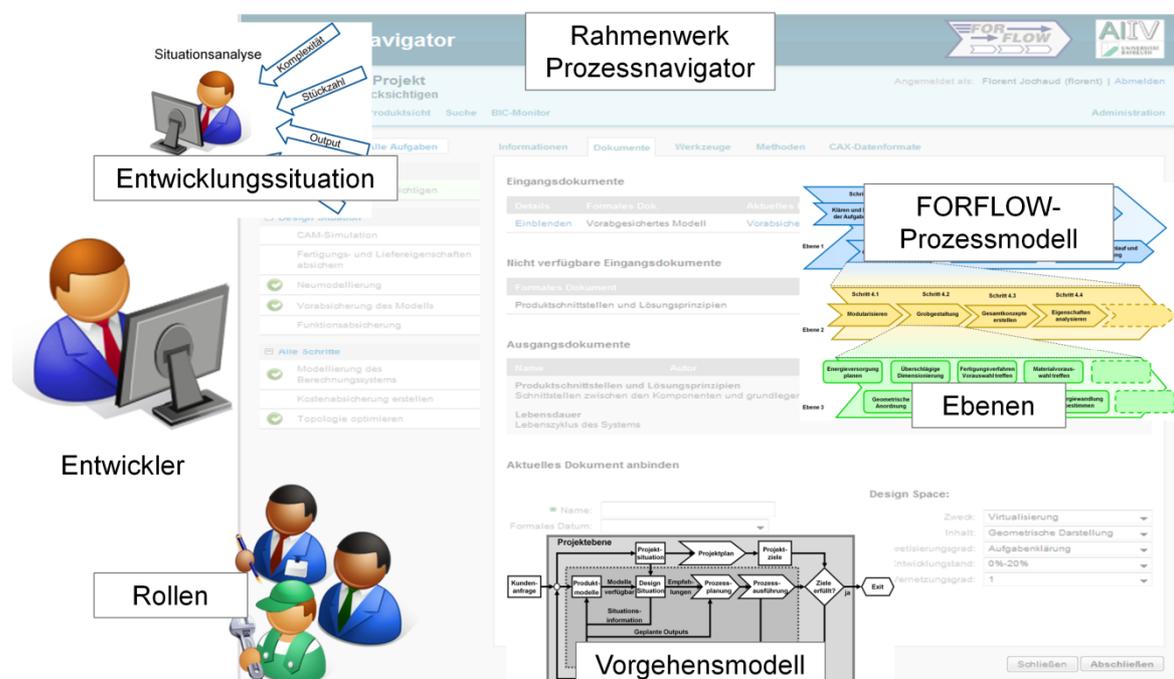
Das Projektlevel ist geeignet, um die übergeordneten Projektziele (Projektrandbedingungen, Output, geplante Aktivitäten) im Blick zu halten. Auf der operativen Ebene werden die nächsten Schritte ausgewählt und spezifische Ressourcen, Hilfsmittel und Methoden zugeordnet. Hierzu ist es wichtig die Planungsergebnisse der beiden Ebenen aufeinander abzustimmen, um eine zielorientierte Prozessnavigation zu ermöglichen. Dies ist notwendig,

um Inkonsistenzen und Missverständnisse zu vermeiden, insbesondere, wenn während der Entwicklung Probleme auftreten, auf die schnell reagiert werden muss. An diesen kritischen Punkten laufen Entwicklungsprozesse stets unterschiedlich ab und eine flexible und dynamische Prozessplanung wird notwendig. Die Abstimmung der beiden Ebenen aufeinander ist bereits im Vorgehensmodell vorgesehen (siehe Kapitel 5.4) und wird in der folgenden Beschreibung des Zusammenwirkens der einzelnen Elemente des Rahmenwerks genauer erläutert.

## 5.8 Rahmenwerk zur situationsspezifischen Prozessplanung

Nach der Vorstellung der einzelnen Elemente des Vorgehens zur situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen wird nun deren Zusammenwirken innerhalb des Rahmenwerkes dargestellt. Einen Überblick über das Zusammenspiel der Elemente gibt Bild 5.19.

Der Begriff Framework, oder ins Deutsche übersetzt Rahmenwerk, Rahmenkonzept oder Gerüst, findet in der wissenschaftlichen Literatur, besonders in der Informatik, häufig Verwendung [SCHMITZER 2001, S. 8ff]. Frameworks liefern ein wiederverwendbares Design, bestehend aus vorgefertigten Komponenten und Regeln für ihre Interaktion. Ein Framework beinhaltet eine Sammlung individueller Komponenten mit definiertem Kooperationsverhalten und fügt sie zu einem bestimmten Anwendungsfall zusammen. Es legt somit die Rollen und Beziehungen der Komponenten untereinander fest und verfügt dadurch über das Wissen ihrer Zusammensetzung und ihres Zusammenspiels [HOFER 2007, S. 40f].



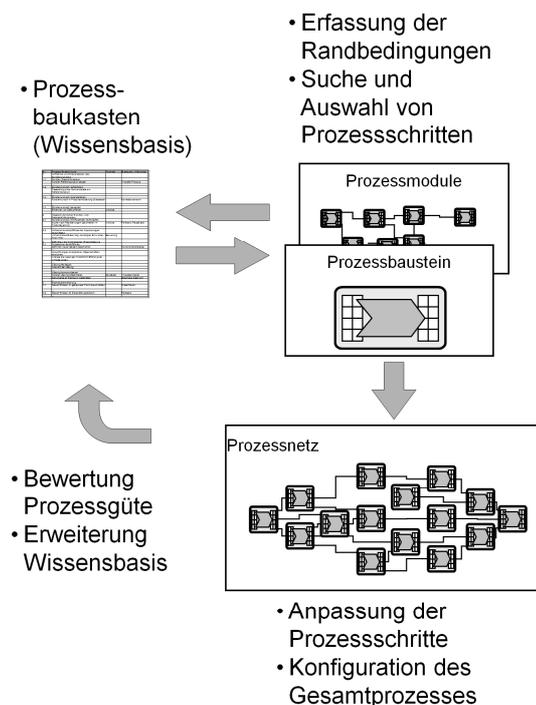
**Bild 5.19** Verknüpfung der Elemente des Ansatzes zur situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung

Überträgt man die Begriffsdefinition auf den in dieser Arbeit entwickelten Ansatz, wird deutlich, dass es sich ebenfalls um ein Rahmenwerk handelt. In Bezug auf das Zusammenwirken der Einzelemente wird nochmals betont, dass die bisher vorgestellten einzelnen Ansätze auch unabhängig voneinander anwendbar sind. Die Anwendung der kombinierten Ansätze verspricht die Umsetzung größerer Optimierungspotentiale.

Der entwickelte Ansatz zur situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen gibt Hinweise auf eine sinnvolle Anpassung von Entwicklungsprozessen an die aktuell vorliegende Entwicklungssituation. Das vorgestellte Framework umfasst folgende Elemente (siehe Bild 5.19):

- Das FORFLOW-Prozessmodell
- Das Vorgehensmodell PMDD
- Die Entwicklungssituation
- Die Rollen der Prozessplanung
- Die Ebenen der Prozessplanung
- Den Entwickler
- Das Zusammenwirken der Elemente im ProcessNavigator

In Industrieunternehmen kommen häufig generische Prozessmodelle zum Einsatz oder es werden definierte Meilensteine und Quality Gates eingesetzt, um die herum der Prozess aufgebaut wird. Dies wird von MEIBNER et al. [MEIBNER et al. 2006] als der unternehmensspezifische Rahmen bezeichnet. Basierend auf dem FORFLOW-Prozessmodell, alternativ auch bereits im Unternehmen vorliegenden oder aus der Literatur bekannten Prozessmodellen [z. B. von BICHLMAIER 2000], findet die situationsspezifische Anpassung statt, wie sie in Bild 5.20 schematisch dargestellt ist.



**Bild 5.20 Situationsspezifische Prozessmodellierung [in Anlehnung an BICHLMAIER 2000]**

Zu Beginn eines Entwicklungsprojektes werden die Situationsparameter auf Projektebene analysiert und entsprechend der Situationsanalyse die Prozessschritte vorgeschlagen. Daraufhin findet die Ausgestaltung der Prozessschritte (d. h. Ressourcenvergabe und Zeitplanung) statt und es wird der Entwicklungsprozess geplant. Dieser Prozessplan wird in Kombination mit der Situationsanalyse in einer Datenbank abgespeichert (siehe dazu Kapitel 5.9). Nach Abschluss eines Projektes wird eine Evaluation des Prozesses vorgenommen, um abschätzen zu können, ob in Zukunft bei einer ähnlich gearteten Situation der gleiche Prozessablauf vorgeschlagen werden sollte. Über die Zeit kann somit auf einen größeren Erfahrungsschatz in der Prozesswissensbasis zurückgegriffen und so die Zeit für die Prozessplanung verkürzt und die Ergebnisse verbessert werden.

Als erster Schritt in der Vorbereitung eines Entwicklungsprojektes wird demnach die Situationsanalyse auf Projektebene durchgeführt und, wie im Vorgehensmodell PMDD beschrieben (siehe Kapitel 5.4), der grobe Projektplan und die Projektziele abgeleitet. Die Projektprozesse geben dazu meist nur einen groben Überblick über die Ingenieurstätigkeiten, beinhalten aber Informationen über die Entwicklungsaufgabe, Projektmeilensteine und die beteiligten Personen. Der eigentliche Problemlöseprozess zwischen den definierten Meilensteinen und innerhalb der definierten Prozessschritte auf Projektebene sowie die Strukturierung des Problemlöseprozesses sind Aufgabe des operativ arbeitenden Ingenieurs.

Zur projektspezifischen Anpassung gehören die Auswahl der auszuführenden Prozessschritte auf den ersten beiden Ebenen des FORFLOW-Prozessmodells, die Festlegung der Reihenfolge der Prozessschritte und die Definition einer geeigneten Projektorganisation, d. h. Festlegung der Rollen der Mitarbeiter in der Prozessplanung.

Nachdem die erste Planung auf Projektebene abgeschlossen ist, findet auf Basis der Situationsanalyse auf operativer Ebene die Planung der detaillierteren operativen Prozessschritte statt. Hier werden dem Entwickler ebenfalls Vorschläge unterbreitet welches der geeignete Schritt bzw. welches eine sinnvolle Prozesskette zur Ausübung der nächsten Aufgabe ist. Die Ableitung der Vorschläge auf den unterschiedlichen Ebenen wird später in diesem Kapitel erläutert.

Die Prozessschritte auf der operativen Ebene müssen detaillierter beschrieben sein als auf Projektebene. Diese detaillierteren Schritte müssen unternehmensspezifisch definiert werden. Zur Definition dieser Schritte sollten Ingenieure der Entwicklungsabteilungen eingesetzt werden, die sich mit den Abläufen im Unternehmen sehr gut auskennen. Für die weitere Betrachtung dieses Ansatzes wird die Planung der dritten Ebene des FORFLOW-Prozessmodells als Betrachtungsgegenstand herangezogen.

Das Detaillevel der Prozessschritte sowie die Beschreibungsparameter der Situationsanalyse sind zwar unterschiedlich, trotzdem ist es wichtig ein Wechseln zwischen den beiden Planungsebenen zu ermöglichen. Dies trägt zu einer verbesserten Prozesstransparenz und Zielorientierung im Prozess bei (siehe Kapitel 5.2).

Zur Implementierung des beschriebenen Vorgehens wurde das Tool ProcessNavigator entwickelt (siehe Kapitel 5.9), das die Entwickler auf Projekt- und operativer Ebene in der Prozessplanung und -dokumentation unterstützt. Dieses Tool zur Unterstützung der Prozessplanung dokumentiert die durchgeführten Tätigkeiten während des Prozesses sowie

die Planänderungen im Prozessverlauf, um Best-Practice-Prozesse zu identifizieren und für Folgeprojekte in ähnlichen Situationen wiederverwenden zu können. Es ermöglicht durch die Dokumentation außerdem die Evaluierung der Prozesse nach Projektabschluss in Hinblick auf die Zielorientierung der Prozesse sowie eine Einschätzung, ob ein derartiger Prozess im nächsten ähnlichen Fall vorgeschlagen werden soll [ROELOFSEN et al. 2007a]. Dieses Vorgehen verlangt im Unternehmen die Einführung oder das Vorhandensein eines Projektabschlusses, der eine Reflexion über das Projektvorgehen und eine Bewertung der Ergebnisse beinhaltet.

Zur Erläuterung der eigentlichen Planung des Prozessablaufes auf Projektebene ist zunächst ein kurzer Rückblick auf die verschiedenen Kategorien von Prozessschritten im FORFLOW-Prozessmodell notwendig.

Die Prozessschritte des FORFLOW-Prozessmodells sind in drei Kategorien eingeteilt. Zu Kategorie 1 gehören alle Prozessschritte, die zur Entwicklung eines Produktes zwingend notwendig sind. Zur Kategorie 2 zählen die Schritte, die zwar nicht zwingend notwendig sind, deren Ausführung aber in vielen Fällen empfohlen wird oder solche die stark unternehmensabhängig sind. Kategorie 3 umfasst schließlich die Schritte, die für Standardaufgaben weniger relevant sind aber etwa in der Neuentwicklung von Produkten eine wichtige Rolle einnehmen, wie die Erstellung eines Funktionsmodells.

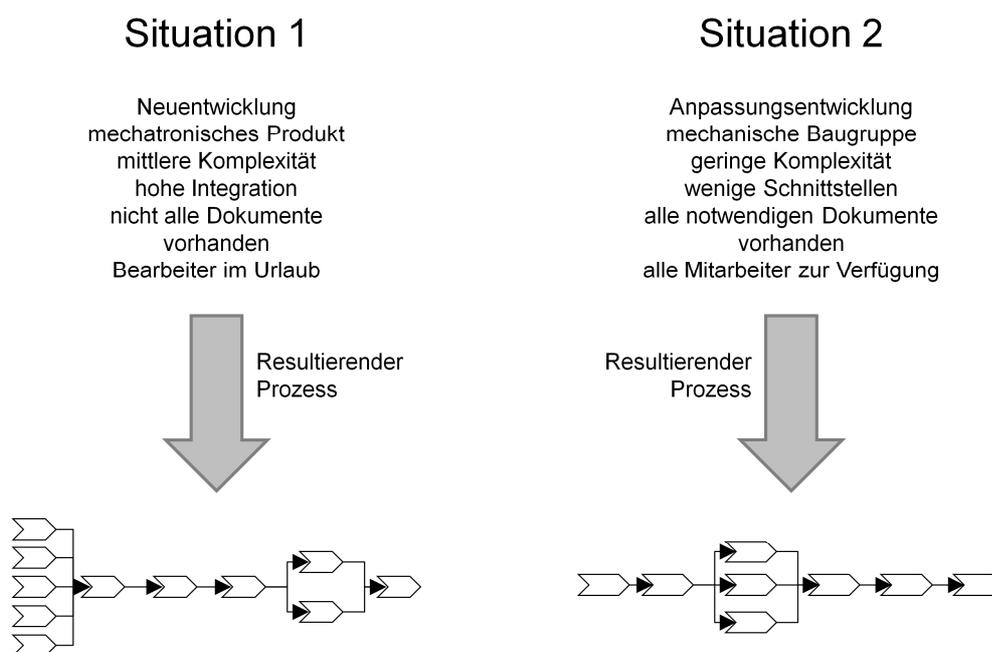
Zur Auswahl und Anpassung der Prozessschritte auf Projektebene wird nun die Analyse der Entwicklungssituation herangezogen. Je nach Einordnung der Parameter wird eine entsprechende Auswahl an Prozessschritten des FORFLOW-Prozessmodells vorgeschlagen. Die Reihenfolge der Prozessschritte entspricht auf den ersten beiden Ebenen der im Prozessmodell vorgesehen Reihenfolge. Diese kann durch den Entwickler angepasst werden sofern dieser Bedarf nach einer anderen Reihenfolge der Abarbeitung der Aufgaben sieht, oder einige Schritte parallelisieren möchte. Auf der dritten Ebene wird nur die Auswahl der auszuführenden Schritte vorgenommen, die Detailplanung dieser Ebene wird im Prozessverlauf durch den operativ arbeitenden Entwickler vorgenommen. Die Schritte der Kategorie 1 werden in jedem Fall zur Ausführung vorgeschlagen, die der anderen beiden Kategorien werden basierend auf der Situationsanalyse angeboten. Dies wird an einigen Beispielen illustriert.

Wird in der Situationsanalyse angegeben, dass es sich beim Projekt um eine wenig riskante und niedrig komplexe Variantenkonstruktion handelt, die das gesamte Produkt betrifft, werden nur die Schritte der Kategorie 1 vorgeschlagen. Handelt es sich dagegen um ein hoch komplexes und riskantes Projekt zur Neuentwicklung eines Produktes, werden alle Schritte des Modells vorgeschlagen. Der Einfluss der Stückzahl hat insofern Einfluss auf den Vorschlag der Prozessschritte, als beispielsweise bei einer geringen Stückzahl für das Gesamtsystem keine Prototypen vorgeschlagen werden und keine Make-or-Buy-Entscheidung auf Gesamtsystemebene vorgesehen wird. An dieser Stelle ist es wichtig zu erwähnen, dass das FORFLOW-Prozessmodell einerseits zur Planung des Prozesses für das Gesamtsystem herangezogen, andererseits rekursiv zur Planung der Teilsysteme und Baugruppen eingesetzt wird. Der Bau von Prototypen oder die Fremdvergabe von Teilsystemen oder Bauteilen kann demnach auf den entsprechenden Ebenen vorgeschlagen werden, wenn es für das Unternehmen relevant ist. So können auf unterschiedlichen Ebenen der Baustruktur des zu

entwickelnden Produktes die Prozessschritte in unterschiedlicher Zusammensetzung auftauchen. Bei niedrig komplexen Einzelteilen sind dies nur die Schritte der Kategorie 1, bei hochkomplexen oder auch mechatronischen Teilsystemen eine größere Anzahl Schritte (beispielsweise eine intensive Funktionsanalyse).

Die Anzahl der vorgeplanten Iterationen wird ebenfalls durch die Situationsanalyse bestimmt. Findet eine Entwicklung für einen Kunden statt, von dem bekannt ist, dass er häufig späte Änderungswünsche einbringt, bietet es sich an, einen verkürzten „zweiten Durchlauf“ der wesentlichen Entwicklungsschritte bereits in der Planung vorzusehen. Für hochkomplexe und mechatronische Produkte ist auf Projektebene darauf zu achten, dass eine ausreichende Abstimmung zwischen den Bereichen sowie eine rechtzeitige Integration der unterschiedlichen Teilsysteme vorgesehen werden.

All diese Vorschläge zur Prozessplanung werden dem Entwickler auf Projektebene regelbasiert anhand der Einschätzung der Entwicklungssituation unterbreitet. Wie sich die resultierenden Prozesse für unterschiedliche Entwicklungssituationen unterscheiden, ist in Bild 5.21 schematisch dargestellt.



**Bild 5.21 Unterschiedliche resultierende Prozesse in unterschiedlichen Entwicklungssituationen**

Im Projektverlauf kann der Prozessplan bei Änderungen der Entwicklungssituation angepasst werden. Darüber hinaus gibt es zur Nachverfolgung des Projektfortschrittes die Möglichkeit einer Darstellung der bis zu einem bestimmten Zeitpunkt bereits abgearbeiteten Prozessschritte. Dies dient als grober Anhaltspunkt zur aktuellen Produktreife.

Wie beschrieben, werden auf Projektebene geplante Iterationen vorgeschlagen. Auf operativer Ebene hingegen ist ein Hauptziel der Prozessplanungsunterstützung, ungeplante und unnötige Iteration zu vermeiden.

Durch eine oft unklare Definition der Schnittstellen der Entwicklungspartner im Prozess und eine steigende Produktkomplexität steigt das Risiko unnötiger Iterationen im Entwicklungsprozess [ROELOFSEN et al. 2008b]. Unnötig bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Iterationen keinen Beitrag zur Erhöhung des Produktreifegrades leisten und somit zeitraubende, kostenintensive Umwege darstellen. Durch eine Prozessplanung mithilfe einer Einflussmatrix (Design Structure Matrix, DSM) soll diesen Iterationen vorgebeugt werden.

Um unnötige Iterationen vermeiden zu können, ist zunächst eine Unterscheidung zwischen notwendigen und unnötigen Iterationen zu treffen. Dies ist durch eine Klassifizierung der Iterationen bezüglich möglicher Ursachen und Auswirkungen auf den Prozess möglich. WYNN definiert in seinem Ansatz sechs Arten von Iterationen [WYNN et al. 2007]:

- Erkundung (Exploration),
- Konzentration (Convergence),
- Verfeinerung (Refinement),
- Wiederholarbeit (Rework),
- Wiederholung (Repetition),
- Verhandlung (Negotiation).

Diese sechs Arten fassen KREHMER et al. in zwei Klassen zusammen und befassen sich mit großen und kleinen Iterationen. Sie entwickeln darauf aufbauend einen Ansatz zur Kontrolle von Iterationen in multidisziplinärer Entwicklung [KREHMER et al. 2008].

Unter kleinen Iterationen werden schrittweise Annäherungen an die optimale Lösung verstanden. Dies bedeutet, der Entwickler nähert sich über viele Teilschritte iterativ der optimalen Lösung an, da das Finden der optimalen Lösung im ersten Schritt in der Regel nicht möglich ist. Dies liegt vor allem in der hohen Komplexität technischer bzw. mechatronischer Produkte begründet. Kleine Iterationen werden in diesem Ansatz als notwendig für die Entwicklung eingeschätzt und sollten daher unterstützt werden. In diese Klasse der Iterationen ordnen sie vier der sechs Klassen nach WYNN et al. ein. Ihnen ist gemein, dass sie sinnvoll und notwendig in der Entwicklung sind und daher im Prozess unterstützt werden sollten.

Erkundung bedeutet die iterative Untersuchung von Problem- und Lösungsraum, bestimmt durch einen wiederholten Prozess der Raumerweiterung in der Synthese und eine Zusammenführung der Ergebnisse in der Bewertung. Dies wird verstanden als ein konstantes hin und her springen zwischen Synthese und Analyse, um das Entwicklungsproblem zu lösen. Konzentration ist der iterative Ansatz hin zu einem „befriedigenden Entwurf“, das heißt einem Entwurf, der den Anforderungen an das Produkt gerecht wird. Dies ist notwendig, da eine zufriedenstellende Lösung in der Regel nicht in einem Schritt gefunden werden kann. Verfeinerung bedeutet die Ausdetaillierung eines ausgewählten Entwurfes zur Verbesserung sekundärer Merkmale, wenn das Produkt bereits die primären Anforderungen erfüllt. Der Verfeinerung muss demnach immer eine Konzentration vorausgehen. Verhandlung heißt, dass Entwickler unterschiedlicher Disziplinen durch Diskussion und Lösungsfindung von Zielkonflikten zur Lösung für das Gesamtprodukt beitragen.

Große Iterationen basieren nach der Auffassung von KREHMER et al. beispielsweise auf Änderungen in der Informationsbasis, unklaren Anforderungen zu Prozessbeginn oder neuen Erkenntnissen bezüglich des zu entwickelnden Systems. Eine Folge dieser Änderungen ist,

dass Teile der Entwicklung erneut durchlaufen werden müssen. Zu dieser Klasse von Iterationen zählen sie die Wiederholarbeit. Wiederholarbeit wird notwendig als Reaktion auf Probleme, die in der Analyse der generierten Lösungen identifiziert werden. Wiederholarbeit über mehrere Prozessschritte hinweg wird als eine große Iteration betrachtet, Wiederholarbeit von einem oder wenigen Prozessschritten wird hingegen als Konzentration eingestuft.

Die Wiederholung wird von KREHMER et al. als Ausreißer betrachtet, da in verschiedenen Prozessphasen bestimmte Entwicklungsaktivitäten mit verschiedenen Zielrichtungen ausgeführt werden können. Das bedeutet, dass eine wiederholte Ausführung eines Prozessschrittes zu einem späteren Zeitpunkt im Prozess ein anderes Ziel verfolgen kann und somit durchaus zur Reife des Produktes beitragen kann.

Zur Darstellung des Ansatzes dieser Arbeit wird die zweiteilige Klassifizierung von KREHMER et al. übernommen. Anstelle der Unterscheidung in große und kleine Iterationen tritt hier die Bezeichnung notwendige und unnötige Iterationen. Diese Anpassung wird vorgenommen, da sich nicht allein aus der Tatsache, dass eine Iteration einen Mehrwert für das Produkt liefert auf den Aufwand oder die Zeitdauer für diese Iteration zurückschließen lässt. Vielmehr steht an dieser Stelle das produktrelevante Ergebnis der Iteration im Vordergrund. Daher findet die Unterteilung in Iterationen, die für das Vorankommen des Produktes notwendig sind und unnötige Iterationen, die nicht zur Produktreife beitragen, statt.

Im Anschluss an die Klassifizierung der Iterationen wird im Folgenden der Ansatz zur Prozessplanung auf der operativen Ebene mittels einer DSM vorgestellt. Die Zielsetzung ist es, unnötige Iterationen zu vermeiden und notwendige Iterationen zu unterstützen. Notwendige Iterationen sollen so früh wie möglich im Prozess durchgeführt und späte, zeitintensive Iterationen vermieden werden. Dies wird anhand eines Beispiels der Detailplanung des Schrittes Grobgestaltung des FORFLOW-Prozessmodells auf der dritten Detaillierungsebene dargestellt.

Auf der dritten Ebene des FORFLOW-Prozessmodells ist die Reihenfolge der Prozessschritte nicht vorgegeben. Die Auswahl der auszuführenden Schritte findet, wie beschrieben, durch den Projektplaner statt, die Anordnung der Schritte allerdings wird auf der operativen Ebene vorgenommen. Die für den Einzelfall vorgeschlagene Reihenfolge wird auf Basis der Situationsanalyse auf operativer Ebene vorgenommen. Der Prozessschritt Grobgestaltung der zweiten Ebene des FORFLOW-Prozessmodells wird auf der dritten Ebene weiter untergliedert in die Teilschritte

- Energieversorgung planen,
- Energiefluss definieren,
- Signalfluss definieren,
- Signalverarbeitung festlegen,
- Energiewandlung bestimmen,
- Geometrische Anordnung,
- Material Vorauswahl treffen,
- Überschlägige Dimensionierung,
- Fertigungsverfahren Vorauswahl treffen,
- Bauraum aufteilen,
- Softwarekonzept erstellen.

Diese Schritte werden in der Ausdetaillierung des Prozessplanes so angeordnet, dass unnötige Iterationen vermieden, notwendige Iterationen aber unterstützt werden. Dazu wird ein Ansatz gewählt, der auf zeitbasierten DSM aufbaut, wie sie BROWNING [BROWNING 2001] beschreibt. Darin wird die Abhängigkeit der Prozessschritte untereinander dargestellt. Die Matrixeinträge sind derart zu lesen, dass der Eintrag der Zeile den Eintrag der Spalte beeinflusst, wenn eine Relation eingetragen ist. Zwei Prozessschritte sind in dieser Matrix miteinander verknüpft, wenn der eine Schritte Ergebnisse für den anderen Schritt liefert. Aus dieser Kunden-Lieferanten-Beziehung der Prozessschritte resultiert ein erhöhter Kommunikationsbedarf zwischen den Bearbeitern der jeweiligen Prozessschritte, um unnötige Iterationen zu vermeiden, was in der Prozessplanung berücksichtigt wird. Eine solche DSM der im Beispiel genannten Prozessschritte ist in Bild 5.22 dargestellt. Die bidirektionalen Relationen sind im Bild grau hinterlegt.

Die Ergebnisabhängigkeit der Prozessschritte untereinander ist wiederum von der aktuellen Entwicklungssituation abhängig, so dass die DSM der Prozessschritte für unterschiedliche Situationen unterschiedlich ausgefüllt wird [ROELOFSEN et al. 2010b]. Die Veränderungen der Abhängigkeiten der Prozessschritte sind sehr unternehmensspezifisch und daher nicht allgemein durch einen Algorithmus abzubilden. Aus diesem Grund wurden im Rahmen der Arbeit nur beispielhaft für verschiedene Situationen die jeweiligen DSMs durch ein Expertenteam befüllt.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Energieversorgung Planen	1	X	X	X	X	X	X	X	X			
Energiefluss Definieren	2	X	X	X			X	X				
Signalfuss Definieren	3	X		X			X					X
Signalverarbeitung Festlegen	4			X	X	X					X	X
Energiewandlung Bestimmen	5		X			X	X		X		X	
Geometrische Anordnung	6	X	X			X	X				X	
Material Vorauswahl Treffen	7						X	X	X	X		
Überschlägige Dimensionierung	8	X						X	X		X	
Fertigungsverfahren Vorauswahl Treffen	9							X		X		
Bauraum Aufteilen	10	X	X		X	X	X		X		X	
Softwarekonzept Erstellen	11	X		X	X							X

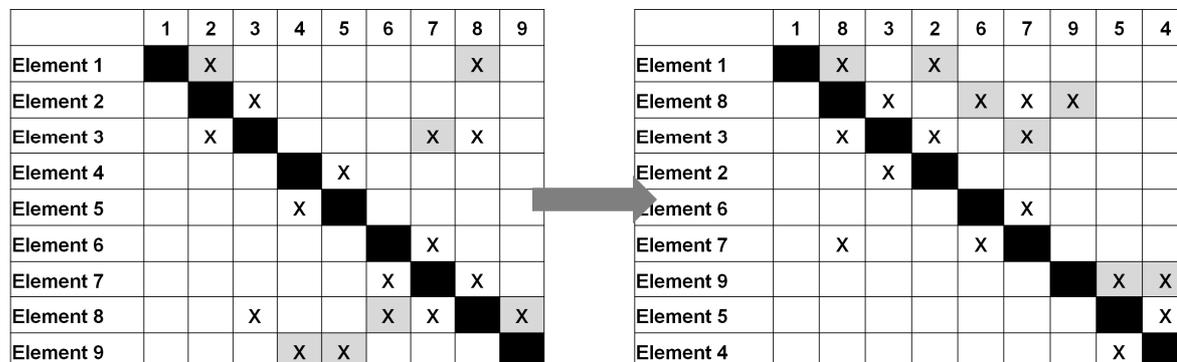
**Bild 5.22 Beispiel einer DSM der Teilprozessschritte der Grobgestaltung in der dritten Ebene**

Für den Einsatz dieses Ansatzes in einem Unternehmen bietet es sich zur Minimierung des Aufwandes zur Prozessableitung an, verschiedene Klassen von Situationen zu definieren, in denen die gleichen Prozessreihenfolgen vorgeschlagen werden. Im Laufe der Zeit kann dann über die Evaluation der durchgeführten Prozesse eine Anpassung und Verbesserung vorgenommen werden. Dies wird dadurch möglich, dass nach der Definition des Prozessplanes auf operativer Ebene dem Entwickler die Freiheit gelassen wird, bei Bedarf eine andere Reihenfolge der Prozessschritte zu wählen, und somit durch die Dokumentation der Prozessabläufe eine Bewertung der Effizienz unterschiedlicher Prozessabläufe in ähnlichen Situationen ermöglicht wird.

Eine Alternative zur Bildung von Situationsklassen für den Einsatz im Unternehmen ist es, für die am häufigsten auftretenden Parameterkombinationen der Situationsanalyse auf operativer Ebene die DSM auszufüllen. Treten dennoch bis dato nicht vorgekommene Situationen auf, sind für diese die Relationen der Prozessschritte zu identifizieren, um daraus die vorgeschlagene Prozessreihenfolge abzuleiten. Dieses Vorgehen kann auch auf andere generische Prozessmodelle analog angewendet werden.

Wurde die Verbindung von Situationsanalyse und DSM-Befüllung auf eine der beiden oben dargestellten Arten durchgeführt, läuft die Ableitung des vorgeschlagenen Prozessablaufes wie folgt ab.

Der Entwickler beschreibt die aktuell vorliegende Situation anhand der in Kapitel 5.5 definierten Parameter und auf Basis der für diese Situation anzuwendenden DSM findet die Prozessableitung statt. Dazu wird die DSM der Prozessschritte triangularisiert [BROWNING 2001]. Dies bedeutet, dass die Elemente der Matrix derart angeordnet werden, dass sich möglichst viele Relationen oberhalb der Diagonale befinden. Darüber hinaus stehen die unter der Diagonale verbleibenden Relationen möglichst nah an der Diagonale (siehe Bild 5.23). Wenn sich Relationen unterhalb der Diagonalen befinden, ist der aktuelle Schritt vom Ergebnis eines vorhergehenden Prozessschrittes abhängig. Das heißt, dass es an dieser Stelle einen Rücksprung (bzw. Iteration) im Prozess gibt, wenn die Ergebnisse der Prozesse nicht zueinander passen. Im Fall einer gegenseitigen Abhängigkeit zweier Matrixelemente (bidirektionale Relation) bleibt immer eine der beiden Relationen unterhalb der Diagonale.



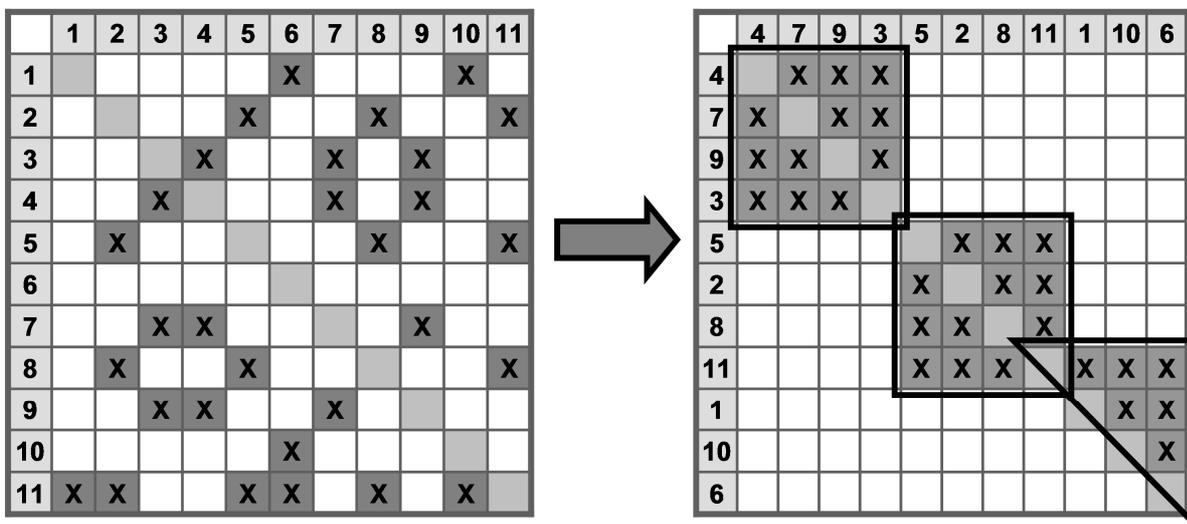
„X“ im grauen Feld bedeutet unidirektionale Relation, „X“ im weißen Feld bedeutet bidirektionale Relation

**Bild 5.23 Prinzip der Triangularisierung [nach MAURER 2007, S. 231]**

Der vorgeschlagene Prozessablauf entspricht der Reihenfolge der Prozessschritte nach der Triangularisierung. Dadurch, dass es wenige Rücksprünge gibt, werden die Informationen jeweils für die Folgeschritte produziert und somit ein „downstream information flow“ ermöglicht und der „upstream information flow“ eingeschränkt, der zu aufwändigen Iterationen führt [GREBICI et al. 2008]. Die empfohlene Prozessreihenfolge ist entsprechend diejenige, bei der die notwendigen Iterationen zwischen Prozessschritten, die sehr eng miteinander verknüpft sind, so kurz und so wenig wie möglich werden [ROELOFSEN et al. 2008b].

Auf operativer Ebene werden weiterhin nicht alle Prozessschritte sequentiell abgearbeitet, sondern sie laufen teilweise parallel ab. Dies geschieht an den Stellen, an denen es sinnvoll oder notwendig ist, dass Zwischenergebnisse oder andere wichtige Informationen zwischen den Schritten ausgetauscht werden. Welche Schritte sinnvollerweise parallel bearbeitet werden, lässt sich aus einer Clusteranalyse ableiten (siehe Bild 5.24). Ein vollständig vernetztes Cluster zeichnet sich dadurch aus, dass alle Elemente dieses Clusters bidirektional miteinander verbunden sind [HARTIGAN 1975, S. 12ff]. Für diesen Anwendungsfall folgt, dass die jeweiligen Prozessschritte gegenseitig auf die Ergebnisse des anderen Schrittes angewiesen sind. Daher ist an dieser Stelle eine häufige Abstimmung der Zwischenergebnisse oder sogar die gemeinsame Entwicklung der Lösung notwendig, um schnell und zielorientiert die Entwicklungsaufgabe zu lösen.

Ein weiterer wichtiger Punkt der durch die Clusteranalyse berücksichtigt und abgemildert wird, sind Kreisschlüsse. Bei Kreisschlüssen handelt es sich um Ketten von Relationen, die wieder auf das Ausgangselement zurückführen. Eine bidirektionale Relation ist demnach der kleinstmögliche Kreisschluss, sie können aber genauso über mehrere Prozessschritte hinweg auftreten. Kreisschlüsse müssen in der Prozessplanung berücksichtigt werden, da eine Abstimmung der beteiligten Prozessschritte notwendig ist, um mit möglichst wenigen Iterationen zu einem Ergebnis zu kommen. Durch die parallele Bearbeitung der Prozessschritte, die sich innerhalb eines Clusters befinden, werden bereits eine große Anzahl der vorhandenen Kreisschlüsse berücksichtigt.



**Bild 5.24 Clusteridentifikation durch Neuordnung der Matrixelemente [MAURER 2007, S. 102]**

Die Vorteile dieses Vorgehens liegen in der Möglichkeit, Entwicklungszeit und -kosten durch die Vermeidung unnötiger Iterationen zu reduzieren. Dadurch, dass über die Triangularisierung die „Informationslieferanten“ identifiziert und früh ausgeführt werden, wird der Informationsfluss verbessert und es werden späte, umfangreiche Iterationen vermieden. Weiterhin unterstützt die parallele Bearbeitung der Prozessschritte eines Clusters die kleinen, notwendigen Iterationen, da eine verbesserte Transparenz und Implementierung der notwendigen Zusammenarbeit und Kommunikation geschaffen wird.

Nachdem auf Basis der Matrixanalyse ein erster Vorschlag für die Prozessreihenfolge abgeleitet wurde, findet dem Vorgehensmodell entsprechend ein Abgleich statt, ob für die empfohlene Reihenfolge der Prozessschritte bereits alle notwendigen Inputdaten vorhanden sind (siehe Kapitel 5.4). Falls für einen Prozessschritt notwendige Daten noch nicht vorliegen, werden diejenigen, die bereits ausgeführt werden können, vorgezogen. Dieser endgültige Vorschlag für die Prozessreihenfolge wird dem Entwickler anschließend durch den ProcessNavigator vorgeschlagen (siehe Kapitel 5.9).

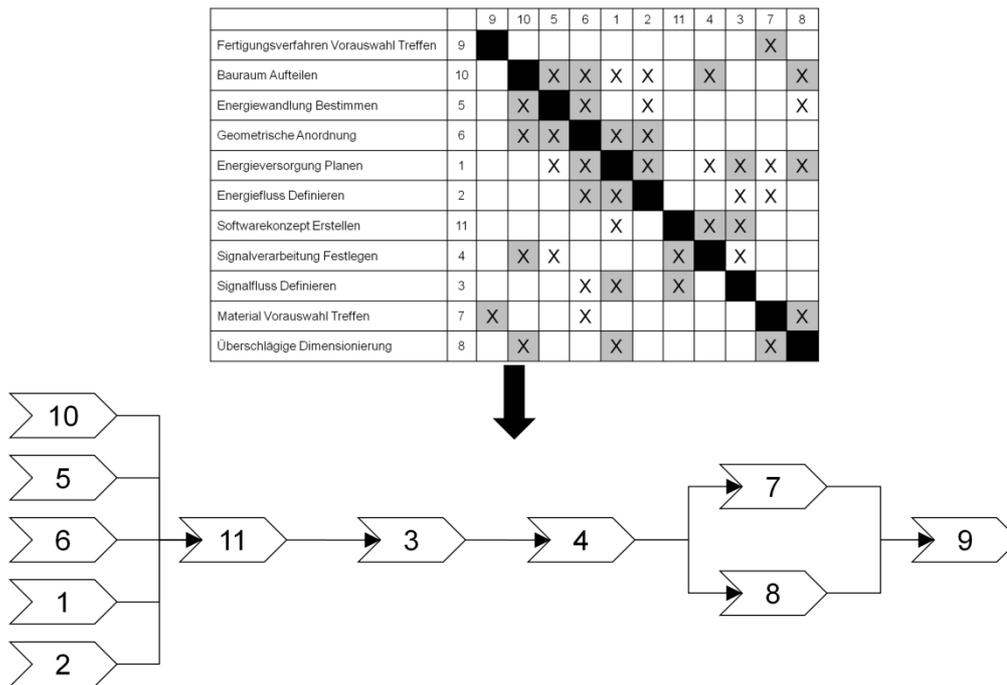
Zur besseren Verständlichkeit werden nun zwei Beispiele für unterschiedliche Prozessabläufe auf Basis einer unterschiedlichen Situationsanalyse dargestellt. Um eine Vergleichbarkeit der Beispiele zu schaffen, werden zu den Ausprägungen gehörigen Parameter der Situationsbeschreibung in Klammern ergänzt.

Im ersten Beispiel wird die Ableitung des Prozesses vorgestellt für die Neuentwicklung (Neuheitsgrad) eines mechatronischen Produktes (Struktur des Teilproblems) mittlerer Komplexität (Produktkomplexität), das hohe Anforderungen an die Integration der Teilprobleme stellt (Schnittstellen), bei dem zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht alle notwendigen Dokumente für alle Teilschritte vorliegen (verfügbare Dokumente) und bei dem der Bearbeiter eines nächsten Prozessschrittes für die nächsten drei Wochen erkrankt ist (operative Randbedingungen).

Die Auswahlunterstützung der Prozessschritte hat für dieses Problem ergeben, dass alle vorgesehenen Schritte des Prozessmodells durchlaufen werden sollten. Dies beruht auf den Ausprägungen der Parameter Neuheitsgrad, Struktur des Teilproblems und Schnittstellen. Daher wird die DSM aller elf Teilschritte in diesem Fall durch ein Expertenteam befüllt (siehe Bild 5.25).

Die Durchführung der Erstellung des Softwarekonzeptes (Kategorie 3 der Prozessschritte) wurde in diesem Fall ausgewählt, da es sich um ein mechatronisches Produkt handelt. Die zu Kategorie 2 des FORFLOW-Prozessmodells gehörenden Schritte Definitionen von Signalfluss und Signalverarbeitung wurden ausgewählt, da auch innerhalb rein mechanischer Produkte oder Produkten mit geringem elektronischen Anteil das Vorsehen eines Signalflusses und der Signalverarbeitung notwendig sein kann. Software kommt in diesen Fällen hingegen nicht zum Einsatz.

In der Matrix zu diesem Beispiel, die in Bild 5.22 dargestellt ist, lassen sich zwei vollständig vernetzte Cluster identifizieren, die jeweils aus drei Elementen bestehen. Da der Schritt Geometrische Anordnung (6) an beiden Clustern beteiligt ist, werden alle fünf Schritte dieser Cluster gleichzeitig bearbeitet. Abweichend von der in Bild 5.25 dargestellten Matrix wird weiterhin für den Prozessablauf die Reihenfolge der Schritte Signalfluss Definieren (3) und Signalverarbeitung Festlegen (4) vertauscht, da für Schritt (4) noch nicht alle notwendigen Eingangsdokumente vorliegen, diese aber in Schritt (3) erstellt werden. Schließlich wird der Schritt Fertigungsverfahren Vorauswahl Treffen (9) vom Beginn der Bearbeitung des übergeordneten Schrittes Grobgestaltung an das Ende geschoben, da der verantwortliche Entwickler zu Beginn der Bearbeitung in Urlaub ist und sich durch das Verschieben dieses Schrittes keine Nachteile in Form von häufigeren Iterationen in diesem Teilprozess ergeben.

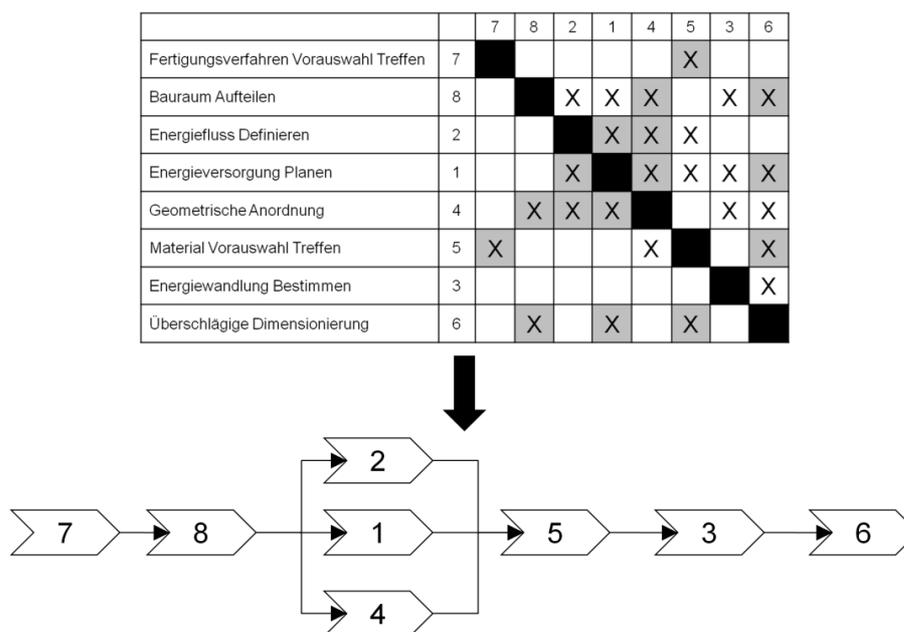


**Bild 5.25 Einflussmatrix und resultierender Prozessablauf Beispiel 1**

Bei dem zweiten Beispiel handelt es sich um die Anpassung (Neuheitsgrad) einer rein mechanischen Baugruppe (Struktur des Teilproblems), geringer Komplexität (Produktkomplexität), das wenige Schnittstellen aufweist (Schnittstellen), alle Mitarbeiter des Teams zur Verfügung stehen (operative Randbedingungen) und zu dem alle notwendigen Dokumente vorliegen. In diesem Fall werden die Prozessschritte Signalfluss definieren, Signalverarbeitung festlegen und Softwarekonzept erstellen nicht berücksichtigt. Dementsprechend wird eine reduzierte Matrix ausgefüllt und folglich eine andere Reihenfolge der verbleibenden Schritte vorgeschlagen. Die neue resultierende Matrix und der daraus folgende Prozessablauf sind in Bild 5.26 abgebildet. Auffällig hieran ist, dass eines der Cluster aus dem ersten Beispiel wegfällt obwohl alle im ersten Beispiel daran beteiligten Schritte auch im zweiten Beispiel ausgeführt werden. Dies liegt an den im Vergleich zum ersten Beispiel unterschiedlich definierten Relationen zwischen den Prozessschritten. Die weitere Reihenfolge der Prozessschritte entspricht ebenfalls nicht der aus dem vorherigen Beispiel. Weiterhin ist in diesem Fall keine Anpassung des abgeleiteten Prozesses notwendig, da sowohl alle Entwickler als auch alle notwendigen Inputdaten verfügbar sind.

Im Vergleich der beiden Beispiele wird deutlich, dass sich bei veränderter Situationsbeschreibung sowohl die Auswahl als auch die Anordnung der Prozessschritte verändern. Weiterhin wird aufgezeigt, wie die Matrixanalyse abläuft und der anschließende Abgleich mit den aktuell vorherrschenden operativen Randbedingungen sich auf den resultierenden Prozessablauf auswirkt.

Die derart definierten Prozessabläufe werden in der Folge abgearbeitet, sofern durch den Entwickler keine Änderungen an diesem Vorgehen vorgenommen werden. Die tatsächlichen und geplanten Abläufe werden vom ProcessNavigator dokumentiert und können somit zur Bewertung der Eignung der Vorschläge für zukünftige Projekte eingesetzt werden.



**Bild 5.26 Einflussmatrix und resultierender Prozessablauf Beispiel 2**

Zur Darstellung des resultierenden Prozessablaufes in Bild 5.25 und Bild 5.26 sei ergänzend angemerkt, dass aus Gründen der Übersichtlichkeit nur der lineare resultierende Ablauf dargestellt ist, nicht alle Relationen zwischen den Prozessschritten.

In welcher Form die dargestellte Unterstützung der Entwicklungsprozessplanung durch das Framework im ProcessNavigator umgesetzt wurde, wird im folgenden Teilkapitel beschrieben. Dabei wird auf die Unterschiede in der Planung, Visualisierung und Controlling von Projekt- und operativer Ebene eingegangen.

## 5.9 Implementierung des Vorgehens zur situationsspezifischen Prozessplanung

Das in Kapitel 5.8 beschriebene Vorgehen zur situationsspezifischen Prozessplanung wurde als Teil des ProcessNavigators implementiert. Die Implementierung wurde im Rahmen eines Teilprojektes des Forschungsverbundes FORFLOW durchgeführt. Alle Aspekte der im ProcessNavigator umgesetzten Funktionalität und die Architektur der Software können der Dissertation von FAERBER entnommen werden [FAERBER 2010]. Im Rahmen dieser Arbeit werden nur die Aspekte, die sich mit der situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen befassen, dargestellt. Der ProcessNavigator umfasst neben der situationsspezifischen Planung von Entwicklungsprozessen weitere Ergebnisse des Forschungsverbundes FORFLOW, wie beispielsweise die Suche nach spezifischen Dokumenten, der Austausch verschiedener Typen von CAx-Daten oder auch die Verknüpfung von Produktmodellen mit dem Entwicklungsprozess [MEERKAMM et al. 2009]. Da diese für den vorgestellten Ansatz nicht relevant sind, wird die Beschreibung des ProcessNavigators auf die zur situationsgerechten Prozessplanung notwendigen Elemente beschränkt. Wie die einzelnen Aspekte des Vorgehens in der Software umgesetzt wurden und wie die Interaktion mit dem Nutzer angelegt ist, wird nach einer allgemeinen Vorstellung des ProcessNavigators im Folgenden beschrieben.

Der ProcessNavigator ist die Umsetzung der Forschungsergebnisse des Forschungsverbundes FORFLOW in einem Prozessmanagementsystem. Dieses System unterstützt das Vorgehensmodell Product Model Driven Development (siehe Kapitel 5.4).

Analog zu klassischen Workflow-Management-Systemen ist der ProcessNavigator in eine Worklist-Komponente (die ProcessNavigator-Worklist bzw. PN-Worklist) zur Anzeige der nächsten Arbeitsschritte und in eine Anwendungskomponente (der ProcessNavigator-Desktop bzw. PN-Desktop) unterteilt. Diese stellen rollenspezifisch Informationen bereit. Aus der PN-Worklist können die Mitarbeiter den Prozessschritt auswählen, den sie bearbeiten möchten. Nach der Auswahl eines Prozessschrittes werden im PN-Desktop Informationen angezeigt, die den Mitarbeiter bei der Umsetzung unterstützen. Nach Abschluss eines Schrittes durch den Mitarbeiter wird der PN-Desktop wieder deaktiviert. In der Worklist wird der aktualisierte Projektstatus angezeigt und dem Mitarbeiter werden die, aufgrund der aktuellen Situation passenden, nächsten Schritte angeboten. Somit ergibt sich wie im klassischen Workflow-Management-System ein ständiger Wechsel zwischen der Auswahl einer Aufgabe in der PN-Worklist und der Bearbeitung der Aufgabe im PN-Desktop [FAERBER 2010, S. 127f]. Diese grundlegende Struktur des ProcessNavigators wird in Bild 5.27 deutlich.

Die Besonderheiten des ProcessNavigators zeigen sich vor allem in der Worklist, die im Folgenden in ihrer prinzipiellen Vorgehensweise vorgestellt wird. Die in klassischen Workflow-Management-Systemen vorhandene Ausführung des Prozesses in der vordefinierten Reihenfolge entsprechend dem Kontrollfluss, wie sie im Prozessmodell beschrieben ist, wird genauso im ProcessNavigator angeboten. Allerdings ist die Prozessreihenfolge in diesem Fall nicht strikt vorgeschrieben, sondern wird als empfohlener Pfad interpretiert, der es dem Nutzer erlaubt, alternative Vorgehensweisen im Prozessablauf einzuschlagen. Damit wird die klassische Problematik der Produktentwicklung adressiert, dass in der Bearbeitung eines Projektes der vorgeschlagene Weg nur selten exakt umgesetzt werden kann. Es wird vielmehr ermöglicht, flexibel auf sich ändernde Rahmenbedingungen zu reagieren. Der ProcessNavigator zeichnet sich vor allem durch seine sehr frei konfigurierbare Worklist sowie die Bereitstellung von Informationen zum ausgewählten Arbeitsschritt aus. Die Worklist ermöglicht es den Anwendern, sich innerhalb des ausgewählten Prozessmodells frei zu bewegen und über den Fortgang des Projektes zu entscheiden; der Desktop zeigt die zur Umsetzung des Arbeitspaketes nötigen Kontextinformationen an [FAERBER 2010, S. 132].

Diese Flexibilität im Prozessablauf wird unter anderem durch die Modellierung der Prozesse in der „Aspektorientierten Prozessmodellierung“ (AOPM) [JABLONSKI et al. 1996] geschaffen, die mit Hilfe des Modellierungswerkzeuges i>PM [Handbuch iPM Integrated Process Manager 2005] abgebildet wurden [FAERBER 2010, S. 91]. Die AOPM kann aufgrund ihrer Struktur um neue Konzepte erweitert werden und ist daher für die Anwendung in der Produktentwicklung gut geeignet. Im Folgenden werden die Funktionen des ProcessNavigator anhand der Interaktion des Nutzers mit der Software über das Grafical User Interface beschrieben und teilweise in Screenshots dargestellt.

The screenshot displays the ProcessNavigator interface for 'Gesamtfahrzeugentwicklung' (Overall Vehicle Development) in the 'Grobgestaltung' (High-level Design) phase. The interface is divided into two main sections: 'ProcessNavigator Worklist' on the left and 'ProcessNavigator Desktop' on the right.

**ProcessNavigator Worklist:** This section shows a list of tasks under 'Design Situation' and 'Alle Schritte' (All Steps). The 'Design Situation' tasks include 'Bauraum aufteilen', 'Überschlägige Dimensionierung' (checked), 'Geometrische Anordnung', 'Energiefluss definieren', and 'Signalverarbeitung festlegen'. The 'Alle Schritte' list includes 'Klären der Aufgabenstellung', 'Ermittlung Funktionsstrukturen', 'Suche nach Lösungsprinzipien', 'Gesamtkonzept entwickeln', 'Gestaltung des Systems', and 'Produktionsanlauf'. An 'Aktualisieren' button is located at the bottom of this list.

**ProcessNavigator Desktop:** This section shows a detailed view of documents. It includes tabs for 'Informationen', 'Prozess', 'Dokumente', 'Werkzeuge', and 'Methoden'. The 'Eingangsdokumente' (Input Documents) table lists:

Name	Autor	Letzte Änderung
<b>Modulare Struktur</b> → <i>Modularisieren</i> Detaillierte Beschreibung der Schnittstellen zwischen den Softwaremodulen		
Schnittstellenbeschreibung	Entwickler A	08.11.2010 14:34
<b>Patentübersicht</b> → <i>Vorhandene Lösungsmöglichkeiten suchen</i> Detaillierter Überblick über die Patentlage bezüglich des zu entwickelnden Produktes		

The 'Ausgangsdokumente' (Output Documents) table lists:

Name	Autor	Letzte Änderung
<b>Packaging</b> Detaillierte Beschreibung der Anordnung der Bauteile im verfügbaren Bauraum		
Packaging_V1	Entwickler B	14.11.2010 09:21
<b>Softwarekonzept</b> Beschreibung der Programmarchitektur und dessen Einbindung in das Gesamtprodukt		

Below the tables, there is a section for 'Aktuelles Dokument anbinden' (Attach current document) with fields for 'Name', 'Neue Version von', and 'Datei', along with a 'Durchsuchen...' button and an 'Anbinden' button.

**Bild 5.27 ProcessNavigator Übersicht [nach FAERBER 2010, S. 129]**

Weiterhin hat die Datenstruktur einen großen Anteil an der Flexibilität des Systems. Im Vergleich mit Workflowmanagementsystemen (zum Beispiel BPEL-basierten [WSBPEL 2007]), ist im ProcessNavigator kein eigentlicher Datentransport realisiert. In BPEL-Systemen verwaltet das Workflow-Management-System die Daten in Variablen. Diese werden einem Arbeitsschritt (BPEL-Activities) als Eingangsdaten zugeordnet bzw. als Ausgangsdaten von den Schritten erzeugt. Der Austausch von Informationen zwischen den Schritten basiert auf einem Nachrichtenmechanismus. Der ProcessNavigator verwaltet hingegen nicht die Daten selbst, sondern nur die Verweise auf einen Speicherort. Dieses Konzept erlaubt es dem ProcessNavigator sehr flexibel auf Änderungen in der Ausführungsreihenfolge zu reagieren. Dies ermöglicht die wichtige Grundvoraussetzung für das freie Springen zwischen den Prozessschritten, da auf diese Art im ProcessNavigator Prozessschritte auch dann gestartet werden können, wenn noch nicht alle Eingangsdaten vorhanden sind [FAERBER 2010, S. 143f].

Schließlich ist im ProcessNavigator eine Berichtsfunktion vorgesehen, in der die Reihenfolge und die Ausführung der Aufgaben im Projekt mitgeschrieben werden. Der ProcessNavigator dokumentiert folglich die Projektdurchführung.

Die Integration der situationsspezifischen Prozessplanung in den ProcessNavigator findet über eine projekt- und situationsspezifische Anpassung des FORFLOW-Prozessmodells statt, wie es im vorhergehenden Kapitel beschrieben wurde [LAUER et al. 2008]. Ändert sich im Laufe des Projektes die Einschätzung der Situation, kann der die projektplanende Rolle ausübende Entwickler Änderungen am Prozessplan vornehmen.

Um ein Projekt anzulegen, begibt sich der Projektplaner in den Bereich „Administration“ des ProcessNavigators. Dort kann er einen Projektnamen vergeben, das zu Grunde liegende Prozessmodell auswählen und anpassen sowie den beteiligten Personen die entsprechenden Rollen zuweisen. Der ProcessNavigator kann alle Prozessmodelle verarbeiten, die in AOPM modelliert sind. Dieses Vorgehen kann sowohl auf Gesamtproduktebene als auch rekursiv für Teilsysteme des Produktes angewendet werden. Dabei bietet es sich an, die „Unterprojekte“ entsprechend der Bauteil oder Baugruppenbezeichnung der zu entwickelnden Teilsysteme zu benennen.

Die Ableitung der Vorschläge für die auszuführenden Prozessschritte findet, wie in Kapitel 5.8 beschrieben, regelbasiert aufbauend auf der Situationsanalyse für das Projekt statt. Wie dargestellt, werden vom Projektplaner die Auswahl und Anordnung der Prozessschritte auf den ersten beiden Ebenen des Prozessmodells für Gesamt- und Teilsysteme durchgeführt. Weiterhin werden die Meilensteine in der Entwicklung definiert sowie die Rollen festgelegt, die die jeweiligen Prozessschritte ausführen.



**Bild 5.28 Darstellung Projektbaustein [nach FAERBER 2010, S. 119]**

Färber nennt das Ergebnis dieser Instanziierung des Prozessmodells in einem Projekt „Projektbaustein“. Die Instanziierung umfasst dabei die Festlegung der Beginn- und Endtermine, der voraussichtlichen Dauer, des erwarteten Aufwandes sowie des verantwortlichen Mitarbeiters für die einzelnen Arbeitspakete (siehe Bild 5.28). Jedes Arbeitspaket wird demnach als ein Projektbaustein bezeichnet. Der Projektbaustein wird durch folgende Attribute beschrieben, die für die Projektplanung relevant sind [FAERBER 2010, S. 119f]:

- **Voraussichtliche Dauer:**  
Gibt die durch den Projektleiter in Rücksprache mit den Mitarbeitern angegebene voraussichtliche Dauer der Aktivität an. Im Fall eines aus mehreren Arbeitspaketen zusammengesetzten Projektbausteins ergibt sich diese aus der Errechnung des kritischen Pfades seiner Teilaktivitäten automatisch.
- **Frühester Beginn und frühestes Ende:**  
Diese Werte geben an, wann eine Aktivität basierend auf der voraussichtlichen Dauer frühestens beginnen kann bzw. wann sie frühestens zu Ende ist. Die Werte werden durch Vorwärtsrechnung ausgehend vom Startzeitpunkt des Projekts errechnet.

- Spätester Beginn und spätestes Ende:  
Analog zum frühesten Beginn und zum frühesten Ende können diese Termine durch die Dauer der Aktivitäten errechnet werden. Allerdings werden im Fall der spätesten Termine diese durch Rückwärtsrechnung ausgehend vom Projektende ermittelt.
- Verantwortlicher Mitarbeiter (Organisatorischer Aspekt):  
Statt der im Prozessplan angegebenen Rollenbeschreibung wird im Projektbaustein der tatsächlich verantwortliche Mitarbeiter eingetragen. Diese Informationen können einerseits in Verbindung mit der voraussichtlichen Dauer dazu genutzt werden, die durch die Aktivität verursachten Personalkosten abzuschätzen. Durch den Abgleich mit den Daten aus anderen Projekten kann außerdem überprüft werden, in welchen anderen Projekten der Mitarbeiter noch eingeplant ist, und ob er durch die neue Planung überlastet wird.
- Aufwand/ Kosten:  
Analog zur Planung des verantwortlichen Mitarbeiters können weitere Ressourcen einer Aktivität geplant werden. Je nachdem ob weitere personelle Ressourcen oder Produktionsressourcen im Arbeitspaket gebunden werden, steigen Aufwand und Kosten, die im Arbeitspaket anfallen.

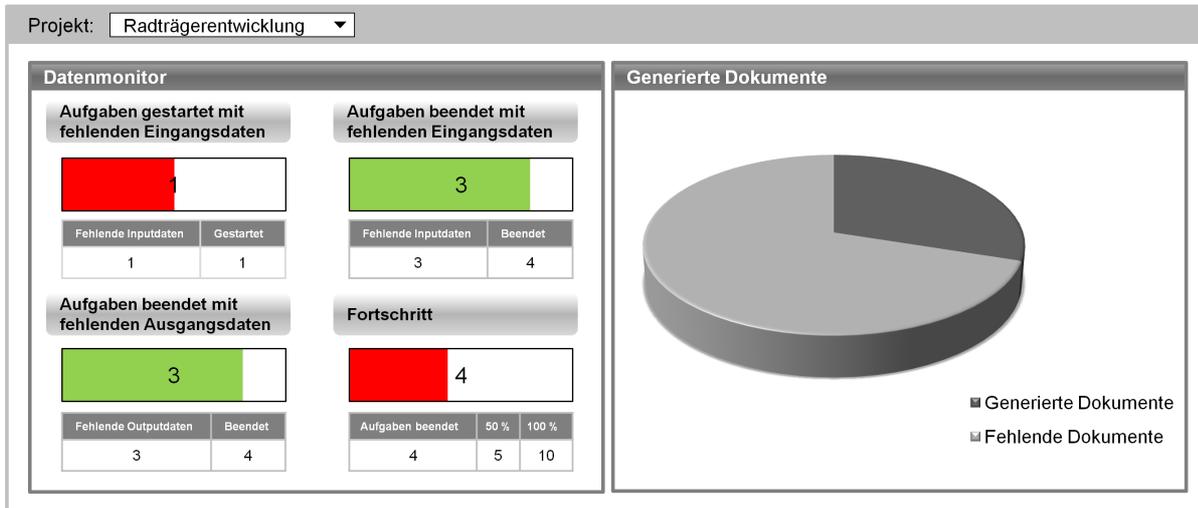
Neben der Anpassung des Prozessmodells können in der Instanziierung des Projektes Meilensteine definiert und für diese Meilensteine Dokumente hinterlegt werden. Diese müssen zum geplanten Zeitpunkt entweder abgeschlossen sein oder einen bestimmten Reifegrad erreicht haben, der es erlaubt das Dokument in nachfolgenden Phasen zu nutzen. Diese werden dem verantwortlichen Mitarbeiter (in der Regel dem Projektleiter) im ProcessNavigator zur Entscheidungsfindung angezeigt. Der Mitarbeiter kann die Dokumente einsehen, ihren Bearbeitungsstand bewerten und für die nächste Projektphase freigeben. Freigegebene Dokumente dürfen durch den Entwickler nicht mehr ohne weiteres verändert werden und bilden somit eine stabile Basis für die weitere Entwicklung in den nächsten Phasen; nicht freigegebene Dokumente müssen durch die Mitarbeiter überarbeitet werden [FAERBER 2010, S. 137].

Im Anschluss an diese vorbereitenden Tätigkeiten wird das Projekt gestartet und die weitere Arbeit im Projekt findet (bis auf eventuelle Änderungen des Prozesses auf Projektebene) auf der operativen Ebene statt.

Im Projektverlauf wird die projektplanende Rolle im Rahmen eines einfachen Projektcontrollings durch die Visualisierung der bereits bearbeiteten und abgeschlossenen Prozessschritte bzw. die Ableitung einfacher Prozesskennzahlen unterstützt (siehe Bild 5.29).

Die Details der Kennzahlen (z. B. gestartete Arbeitsschritte, unvollständig abgeschlossene Aufgaben, Prozentzahl der abgeschlossenen Aufgaben) sind an dieser Stelle weniger von Interesse als der Ansatz Kennzahlen automatisch erzeugen zu können. In der vorhandenen Datenbasis des ProcessNavigator stehen die hierfür notwendigen Basisinformationen zur Verfügung. Diese können in nahezu beliebiger Weise miteinander kombiniert, verdichtet und ausgewertet werden. Die in Bild 5.29 vorgestellten Darstellungen als Kreis- oder Balkendiagramm sollen nur einen kleinen Ausschnitt der Möglichkeiten aufzeigen, die sich aus der vorhandenen Datenbasis ergeben [FAERBER 2010, S. 161]. Die derart berechneten Kennzahlen können als Basis für ein Projekt-Reporting dienen, wie es von KUSTER et al.

beschrieben wird, oder Teil einer Balanced Scorecard bilden [KAPLAN et al. 1996]. Bei diesen Kennzahlen handelt es sich ausschließlich um Kennzahlen für den Prozess, direkte Aussagen zur Reife des entwickelten Produktes sind entsprechend nicht möglich.



**Bild 5.29** Anzeige von Prozesskennzahlen im ProcessNavigator

Neben der Unterstützung der projektplanenden Rolle wird auch dem operativ arbeitenden Entwickler in seiner Tätigkeit Hilfestellung geboten. In welcher Form diese umgesetzt ist wird im Folgenden erläutert.

Beim Start des ProcessNavigators bekommt der Entwickler auf operativer Ebene angezeigt, in welchen Projekten er für bestimmte Bauteile oder Baugruppen verantwortlich ist (siehe Bild 5.30).

Projekt auswählen				
Name	Produkt	Projektleiter	Prozessmodell	Fortschritt
Radträgerentwicklung	Radträger	Entwickler A	FORFLOW	<div style="width: 50%; background-color: #0056b3; height: 10px;"></div>
Gesamtfahrzeug	Gesamtfahrzeug	Entwickler C	FORFLOW	<div style="width: 20%; background-color: #0056b3; height: 10px;"></div>
Entwicklung Motorsteuerung	Motorsteuerung	Entwickler B	V-Modell XT	<div style="width: 0%; background-color: #ccc; height: 10px;"></div>

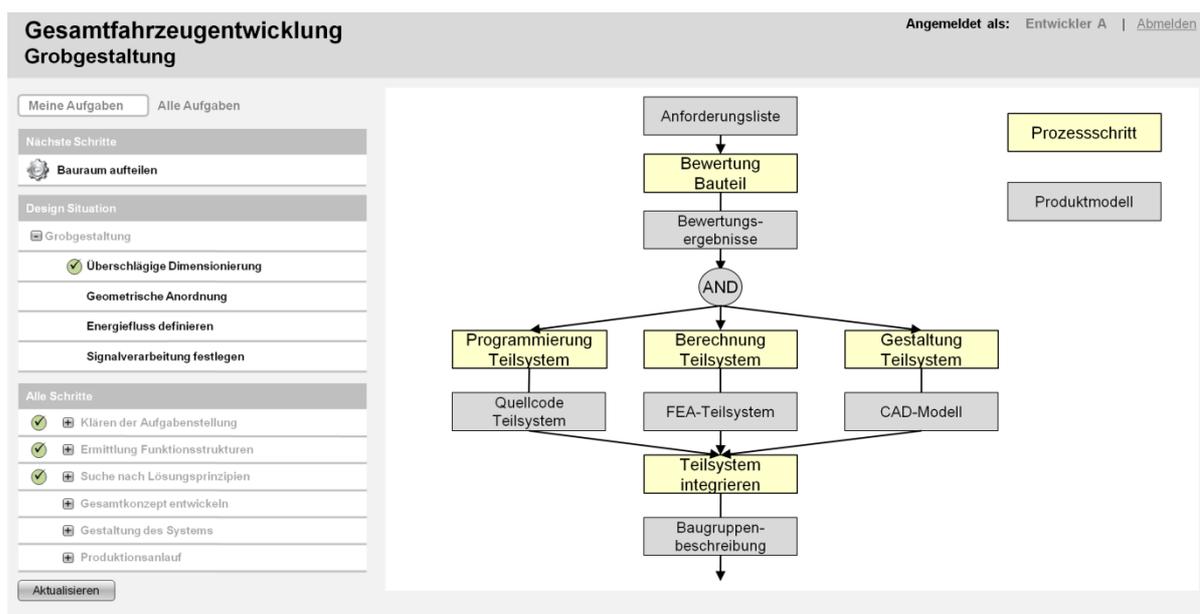
  

Nächste Aufgaben	
Aufgabe	Projekt
Fertigungs- und Liefereigenschaften absichern	Radträgerentwicklung
Klären der Anforderungen	Motorsteuerung

**Bild 5.30** Projektübersicht für den Entwickler auf operativer Ebene

Nachdem er das Projekt ausgewählt hat, das er gerade bearbeitet, bekommt der Entwickler eine Prozessübersicht für das aktuelle Projekt angezeigt, um seine Tätigkeit leicht einordnen zu können (siehe Bild 5.31). Der auf operativer Ebene vorgesehene Prozessablauf wird abhängig von der aktuell vorliegenden Entwicklungssituation angezeigt. Dazu wird die jeweilige DSM analysiert und in der aktuellen Version vom Projektplaner die Prozessreihenfolge entsprechend angepasst. Für künftige Versionen ist geplant, diese

Funktion, wie im Ansatz beschrieben, vom operativ tätigen Entwickler durchführen zu lassen. Bei Änderung des Prozessablaufes aufgrund von Änderungen in der Entwicklungssituation tritt ebenfalls der Projektplaner in Aktion, sofern die Entwickler nicht ohnehin durch die Möglichkeit des Springens zwischen den Prozessschritten operativ diese Änderung vorwegnehmen. Bei Änderungen der Projektsituation ist somit eine einfache Reaktion möglich: Die Werte der situationsbeschreibenden Parameter werden angepasst und aus der resultierenden DSM die sinnvolle Prozessreihenfolge neu berechnet. Dabei wird entsprechend berücksichtigt, welche Schritte bereits ausgeführt wurden, um die Wiederholung von Prozessschritten zu vermeiden.



**Bild 5.31** Prozessübersicht für das aktuelle Projekt im ProcessNavigator

Weiterhin wird dem operativ tätigen Entwickler dargestellt, welche Prozessschritte in seiner Verantwortung liegen. Wählt er einen Prozessschritt aus, wird die Unterstützung zur Bearbeitung des Schrittes gestartet. Hier werden dem Entwickler eine Kurzbeschreibung der Tätigkeiten im Prozessschritt sowie darüber hinausgehende Kommentare aus vorhergehenden Bearbeitungen dieses inhaltlichen Schrittes angezeigt (siehe Bild 5.32). Eine Übersicht über die Inhalte der Prozessschritte wird in Anhang 9.2.2 gegeben.

Während der Bearbeitung eines Prozessschrittes wird dem Bearbeiter seine Position im Prozess transparent gemacht und der weitere Prozessablauf dargestellt. Die Prozessinformationen werden auf der linken Seite des Bildschirms in der Worklist dargestellt, wohingegen rechts auf dem Bildschirm im PN-Desktop weitere Ansichten mit prozessschrittsspezifischen Informationen zu finden sind (siehe Bild 5.33).

Im Bereich der Worklist kann der Nutzer sich einerseits unter dem Reiter „Meine Aufgaben“ die Prozessschritte anzeigen lassen für die er verantwortlich ist, andererseits kann er sich unter „Alle Aufgaben“ einen Überblick über den Gesamtprozess sowie den aktuellen Stand der mit seinen Aufgaben verbundenen Teilprozesse schaffen. Oben links auf dem PN-Desktop wird der Name des aktuell bearbeiteten Projektes und des aktuell ausgeführten Prozessschrittes angezeigt. Der Punkt „Nächste Schritte“ zeigt den nach Prozessplan als

nächstes folgenden Schritt an. Auf dem Reiter „Meine Aufgaben“ ist dies der nächste Schritt für den der Bearbeiter verantwortlich ist, auf dem Reiter „Alle Schritte“ der nächste Schritt des Gesamtprozesses. Sind in der Folge parallele Schritte geplant, werden diese angezeigt. Dies ist der Teil der Worklist, der analog zu konventionellen Prozesslisten bestehender WFMS umgesetzt ist und nur den direkten Nachfolgeschritt anzeigt.

The screenshot shows a software interface with a navigation bar at the top containing the following tabs: Informationen, Prozess, Dokumente, Werkzeuge, Methoden. The 'Informationen' tab is selected.

Below the navigation bar, there is a section titled 'Vorhandene Lösungsmöglichkeiten suchen'. Underneath this title, there is a sub-section 'Aufgabenbeschreibung' with the following text: 'Vorhandene Lösungsmöglichkeiten für bestehende Teilprobleme bzw. Teilanforderungen suchen. Dieser Schritt dient dazu, bereits vorhandene und passende Lösungen aus anderen Projekten zu finden und zu nutzen.'

Below this section, there is another section titled 'Kommentare zur Aufgabe'. This section contains a table with three columns: 'Kommentar', 'Autor', and 'Datum'. The table has two rows of data.

Kommentar	Autor	Datum
Projektdokumentation wird anhand der Baustruktur aufgebaut	Entwickler A	08.11.2010
Neue Suchmöglichkeit im PDM-System implementiert	Entwickler B	14.11.2010

Below the table, there is a section titled 'Neuer Kommentar' with a text input field. At the bottom right of the interface, there is a button labeled 'Speichern'.

**Bild 5.32 Informationen zu Beginn der Bearbeitung eines Prozessschrittes im PN-Desktop**

Der zweite Bereich in der Prozessanzeige wird als „Design Situation“ bezeichnet. In diesem Feld werden dem Nutzer die Prozessschritte angezeigt, die um den aktuell bearbeiteten Schritt herum im Prozessplan angeordnet sind, eine Stufe weiter entfernt als der direkt folgende Schritt. Die Reihenfolge der Prozessschritte wird anhand der DSM-Analyse angezeigt. Dies macht es für den Entwickler einfacher, in der „näheren Umgebung“ des aktuellen Prozessschrittes hin und her zu springen, wenn der Bedarf nach einem veränderten Prozessablauf besteht oder beispielsweise Änderungen an den Ergebnissen von kürzlich abgeschlossenen Schritten notwendig werden. Es wird dem Entwickler folglich die Freiheit gelassen nach eigenem Ermessen entsprechend der Entwicklungssituation die geplante Prozessreihenfolge anzupassen und die folgenden Schritte vorzudenken, um frühzeitig notwendigen Abstimmungs- und Änderungsbedarf zu erkennen. Weiterhin wird im Feld „Alle Schritte“ eine Übersicht über den gesamten Prozessverlauf dargestellt, um falls notwendig zu im Prozess zeitlich weiter entfernten Schritten springen zu können.

Die Information über alle Schritte wird angezeigt, um die Relevanz des aktuellen Schrittes für das Gesamtprojekt transparent zu machen. Durch diese Art der Anzeige und Flexibilität des Prozessablaufes wird es möglich, den Prozess auf Projektebene grob vorzuplanen und auf der operativen Ebene genügend Raum zu lassen um schnell auf Änderungen in der Entwicklungssituation zu reagieren. Die Entwickler auf operativer Ebene bekommen somit

umfassende Informationen in Bezug auf die geplante Prozessreihenfolge, die Schnittstellen der von ihnen verantworteten Prozessschritte mit anderen Unternehmensbereichen oder Mitarbeitern sowie einen Überblick über das Gesamtprojekt [ROELOFSEN et al. 2010b].



**Bild 5.33 Darstellung der Prozessinformationen in der PN-Worklist**

An dieser Stelle wird ein wesentliches Ziel der Unterstützung auf operativer Ebene deutlich, dem Entwickler die Möglichkeit zu lassen, den Prozessablauf bei Bedarf spontan anzupassen. Dies kann beispielsweise bedeuten, dass in einer relativ frühen Prozessphase bereits erste Zeichnungen erstellt werden, die Teilergebnisse von später gelagerten Schritten sind. Diese können durch Springen zum jeweiligen Prozessschritt in der Folge direkt als Ergebnis diesem Schritt zugeordnet werden. Durch dieses Springen wird eine sehr flexible Prozessgestaltung möglich, die in konventionellen Systemen bislang noch nicht vorliegt. Die übersichtliche Darstellung des Prozesses erleichtert die Umsetzung der Flexibilität und die Navigation im Entwicklungsprozess.

Schließlich wird dem Entwickler dargestellt, welche Schritte bereits bearbeitet wurden. Wurde ein Schritt vom Bearbeiter als erledigt markiert (das heißt es wurden alle geforderten Output-Produktmodelle erstellt) erscheint in der Prozessanzeige neben der Bezeichnung des Prozessschrittes ein grüner Haken. Wird neben der Bezeichnung des Schrittes ein kleines Zahnrad abgebildet befindet sich dieser Schritt aktuell in Bearbeitung.

Wenn der Entwickler einen Prozessschritt zur Bearbeitung ausgewählt hat, wird der PN-Desktop aktiviert und liefert situationsabhängig Hintergrundinformationen zum aktuellen Schritt. Konventionelle WFMS können an dieser Stelle nur vordefinierte Informationen

bereitstellen [LAUER et al. 2008]. Zu diesen situationsspezifischen Informationen gehören beispielsweise alternative Input- oder Outputmodelle, die sich aus dem bisherigen Prozessverlauf ergeben und nicht zu Beginn eingeplant wurden.

Neben den bereits erwähnten Reitern mit Informationen zu Prozessschritt und Prozessablauf ist der Reiter zur Anzeige von prozessrelevanten Dokumenten von Interesse (siehe Bild 5.34). Hier bietet PN-Desktop Zugang zu Eingangs- und Ausgangsdaten (Produktmodelle) des Prozessschrittes, Methoden und DfX-Kriterien [FAERBER et al. 2008]. Die Anzeige der Input- und Outputdaten ist zweigeteilt. Im oberen Teil wird dargestellt, welche Inputdokumente für die Bearbeitung des Schrittes notwendig sind und welche davon bereits vorliegen. Verfügbare Eingangsdokumente können im ProcessNavigator geladen und bearbeitet werden. Außerdem werden vorhandene Dokumenteigenschaften wie beispielsweise der Autor oder das Erstellungsdatum angezeigt. Bei nicht verfügbaren Eingangsdokumenten hingegen wird angezeigt in welchem Arbeitspaket und von wem das Dokument erzeugt werden sollte. Der Anwender hat nun die Möglichkeit zuerst das ursprüngliche Arbeitspaket auszuführen und das Dokument zu erstellen, oder das aktuelle Arbeitspaket ohne das Eingangsdokument durchzuführen. Die Entscheidung über das Vorgehen liegt immer beim Anwender, durch den ProcessNavigator werden nur die nötigen Informationen bereitgestellt [FAERBER 2010, S. 145].

Im unteren Teil wird angezeigt, welche Outputdokumente im aktuellen Schritt erzeugt werden sollen. Im unteren Drittel dieses Reiters wird die Anbindung der generierten Produktmodelle an den Prozessschritt durchgeführt. Hier können die Outputdokumente hochgeladen und in der Wissensbasis gespeichert werden, damit sie für die weitere Entwicklung als Input zur Verfügung stehen.

Die Wissensbasis ist ein zentrales Element des Prozessnavigators. Die Architektur der Wissensbasis wird von JOCHAUD detailliert beschrieben [JOCHAUD 2009]. Dabei handelt es sich um ein internes Knowledge Management System in dem alle Informationen über das Prozessmodell, das Entwicklungsprojekt, die Entwicklungssituation sowie Produktmodelle gespeichert sind. Alle Tätigkeiten der Nutzer werden darin festgehalten, um immer einen Überblick über den aktuellen Projektverlauf zu behalten und eine situationsspezifische Informationsbereitstellung zu ermöglichen [LAUER et al. 2008]. Dies bedeutet für zukünftige Projekte die Möglichkeit, vergangene Projekte zu analysieren und somit aus ihnen zu lernen.

Durch die umfangreiche Datenerfassung können an dieser Stelle sowohl für Projekt- als auch für die operative Ebene Erkenntnisse für zukünftige optimierte Projektabläufe gewonnen werden.

Der ProcessNavigator setzt somit die in den vorhergehenden Teilkapiteln dargestellten Ansätze zur situationsspezifischen Prozessplanung in Software um. Der ProcessNavigator basiert auf dem Vorgehensmodell PMDD und trifft eine Unterscheidung in prozessplanende und prozessausführende Rolle. Die Unterstützung dieser beiden Rollen findet auf unterschiedliche Art und Weise statt. Die Entwicklungssituation wird auf beiden Ebenen mit einbezogen und das dem System zu Grunde liegende Prozessmodell ist das FORFLOW-Prozessmodell.

The screenshot shows the 'Dokumente' tab in the PN-Desktop. It is divided into three sections:

- Eingangsdokumente:** A table with columns 'Name', 'Autor', and 'Letzte Änderung'. It lists 'Modulare Struktur' (detailed description of interfaces) by 'Entwickler A' on 08.11.2010 14:34, with a link to 'Modularisieren'.
- Nicht verfügbare Eingangsdokumente:** A red-shaded section listing 'Patentübersicht' (detailed overview of patent status) with a link to 'Vorhandene Lösungsmöglichkeiten suchen'.
- Ausgangsdokumente:** A table with columns 'Name', 'Autor', and 'Letzte Änderung'. It lists 'Packaging' (detailed description of component arrangement) by 'Entwickler B' on 14.11.2010 09:21, with a link to 'Packaging\_V1'.

Below the tables is the 'Aktuelles Dokument anbinden' form, which includes input fields for 'Name', 'Neue Version von' (a dropdown), and 'Datei', a 'Durchsuchen...' button, and an 'Anbinden' button.

**Bild 5.34** Anzeige der prozessrelevanten Dokumente durch PN-Desktop

Der projektplanende Entwickler wird in erster Linie zu Beginn des Projektes in der Planung unterstützt und erhält aktuelle Informationen zum Projektverlauf, nachdem dieses gestartet wurde. Der operativ tätige Entwickler erhält Informationen dazu, für welche Prozessschritte er verantwortlich ist. Er erhält mittels Angaben über notwendige und verfügbare Inputs sowie geforderte Outputs Hilfestellung in der Ausübung seiner Tätigkeiten. Ihm wird durch strukturierte Darstellung der Prozesse ein Springen zwischen den einzelnen Schritten ermöglicht, damit er schnell auf Änderungen in der Entwicklungssituation reagieren kann, wird aber alternativ anhand des geplanten Vorgehens durch den Prozess geführt.

## 5.10 Zusammenfassende Betrachtung des entwickelten Ansatzes

In diesem Kapitel wurde das Vorgehen zur situationspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen vorgestellt. Dazu wurden zunächst die Anforderungen an eine derartige Unterstützung in der Entwicklung geklärt. Diese wurden in Kapitel 5.2 nach den einzelnen Elementen des Ansatzes gegliedert dargestellt. Anschließend wurden die einzelnen Elemente detailliert vorgestellt. Zu den Elementen gehören das FORFLOW-Prozessmodell (Kapitel 5.3), das Vorgehensmodell Product Model Driven Development (Kapitel 5.4), die Beschreibung der Entwicklungssituation (Kapitel 5.5) sowie die Rollen (Kapitel 5.6) und Ebenen (Kapitel 5.7) der Prozessplanung. Aufbauend auf der Darstellung der Einzelemente wurde deren Zusammenspiel im Rahmenwerk zur situationspezifischen Prozessplanung in Kapitel 5.8 beschrieben. Den Abschluss dieses Kapitels bildete die Darstellung der Implementierung des Frameworks im ProcessNavigator.

Mit dem FORFLOW-Prozessmodell wurde ein flexibles, generisches Prozessmodell geschaffen, das einige Nachteile bestehender Modelle adressiert und ausräumt. Die wesentlichen Vorteile des Vorgehensmodells PMDD sind einerseits der Fokus auf Produktmodelle als zentrale Ergebnisse der Entwicklung und andererseits die Verknüpfung von Projekt- und operativer Ebene. Durch diese Verknüpfung wird es ermöglicht, sowohl die Gesamtziele des Projektes als auch die Teilziele der Baugruppen- und Bauteilentwicklung im Projekt laufend zu berücksichtigen. Die Beschreibung der Entwicklungssituation wurde den Anforderungen entsprechend so umgesetzt, dass der Aufwand für den Entwickler gering bleibt. Es wird eine Reihe von Parametern und zugehörigen Ausprägungen vorgeschlagen, die teilweise für ein Unternehmen, das diesen Ansatz verwenden möchte, angepasst werden müssen. Für die Rollen und Ebenen der Prozessplanung wurde jeweils die Unterscheidung in Projekt- und operative Ebene vorgenommen. Diese Unterscheidung wurde gewählt, da eine detaillierte Unterteilung nicht mehr allgemeingültig möglich wäre. Andererseits sind die Ziele der Rollen und Ebenen so unterschiedlich, dass zur übersichtlichen Darstellung der Aufgaben und Verantwortlichkeiten eine Unterscheidung notwendig ist. Die bislang dargestellten Elemente des Vorgehens können zwar einzeln zum Einsatz kommen, deren gemeinsamer Einsatz im Rahmen der situationsspezifischen Prozessplanung verspricht aber größere Optimierungspotenziale.

*Im Rahmenwerk zur situationsspezifischen Produktentwicklungsprozessplanung werden die Einzelelemente des Ansatzes zusammengeführt. Es wird im Detail dargestellt, wie die Elemente zusammenwirken und anhand von Beispielen der Prozessplanung aufgezeigt, wie unterschiedliche Situationen in unterschiedlichen Vorgehensplänen münden. Abschließend wird der ProcessNavigator vorgestellt, der die Umsetzung der Ergebnisse des Forschungsverbundes FORFLOW in eine prototypische Software darstellt. Dabei wird der Fokus auf die Beschreibung der Umsetzung der in dieser Arbeit entwickelten Ansätze gelegt. Die Umsetzung im ProcessNavigator ermöglicht die Anwendung und Überprüfung der Ergebnisse in der Praxis.*

*Im folgenden Teil der Arbeit werden die Praxistauglichkeit und Funktion dieser Ansätze überprüft. Dazu werden einzelne Teile sowie der Gesamtansatz auf unterschiedliche Art und Weise evaluiert und es findet ein Abgleich der Eigenschaften der entwickelten Ansätze mit den in Kapitel 5.2 aufgestellten Anforderungen statt.*

## **6. Evaluation des Vorgehens zur situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung**

Der Nachweis der Praxistauglichkeit und Anwenderfreundlichkeit des in Kapitel 5 entwickelten Vorgehens zur situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen wird im Folgenden mittels einer Evaluation erbracht. Dazu wird zunächst dargestellt, welche Elemente auf welche Art und Weise überprüft werden und worin die Zielsetzung der jeweiligen Evaluierungsschritte liegt. Anschließend wird das Vorgehen der Evaluierung beschrieben und die derart gewonnenen Evaluationsergebnisse vorgestellt und diskutiert. Schließlich findet ein Abgleich der Eigenschaften der entwickelten Ansätze mit den an sie gestellten Anforderungen statt, bevor ein Fazit der Praxistauglichkeit der situationsgerechten Prozessplanung gezogen wird. Dieses Fazit umfasst weiterhin die Darstellung der identifizierten Optimierungspotenziale der entwickelten Methode.

### **6.1 Methoden der Evaluation**

Die Evaluation des Vorgehens zur situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen findet dreiteilig statt. Ein Teil der Evaluierung besteht aus der Überprüfung der Anwendbarkeit des FORFLOW-Prozessmodells in der industriellen Praxis. Der zweite Teil besteht in der Entwicklung eines Tools zur Überprüfung der Wirksamkeit des Ansatzes in Bezug auf eine Verkürzung der Entwicklungszeiten und eine Verbesserung der Prozessqualität. Der dritte Teil schließlich stellt die eigentliche Überprüfung der Einsatzfähigkeit des Frameworks zur situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen dar.

Ziel des ersten Teils der Evaluierung ist der Nachweis der Anwendbarkeit des FORFLOW-Prozessmodells auf in der industriellen Praxis angewandte Prozessmodelle. Dazu wurden die Prozessmodelle von zwei Industriepartnern des Forschungsverbundes FORFLOW analysiert und überprüft, ob deren Modelle mittels des FORFLOW-Prozessmodells dargestellt werden können. Aus der Anwendbarkeit des Modells auf Unternehmen verschiedener der Automobil- und Investitionsgüterbranche wird auf die allgemeine Anwendbarkeit in produzierenden Unternehmen auf den definierten Detailebenen des Prozesses geschlossen.

Der zweite Teil der Evaluation hat die Überprüfung der Verkürzung der Prozessdurchlaufzeit und Verbesserung der Qualität der Entwicklungsergebnisse bei Einsatz dieses Vorgehens zum Ziel. Dazu wurde ein Tool entwickelt, das unterschiedliche Daten aus dem PDM-System eines Industrieunternehmens ausliest und auswertet, um daraus Rückschlüsse auf die Entwicklung zu ziehen. Die für die Evaluation relevanten Kenngrößen sind die Zeitdauer von der Erstellung einer Zeichnung bis zu deren Freigabe sowie die Anzahl der notwendigen Änderungen in einem Entwicklungsprojekt.

Der umfangreichste Teil der Evaluierung ist die Evaluierung des ProcessNavigators. Sie wurde im Rahmen eines Teilprojektes des Forschungsverbundes FORFLOW durchgeführt, um die Anwendbarkeit aller Elemente des ProcessNavigators zu belegen. Das Vorgehen zur

Evaluation wird im Folgenden allgemein beschrieben, wie es auch im Abschlussbericht des Forschungsverbundes zu finden ist [MEERKAMM et al. 2009, SHARAFI 2009]. Die Darstellung der Ergebnisse der Evaluation wird in den folgenden Kapiteln auf die prozessplanungsrelevanten Ergebnisse beschränkt. Die Evaluierung fand im Rahmen von Pilotprojekten und Workshops statt.

Die Pilotierung gehört zum Bereich der Aktionsforschung, einer flexiblen und in iterativen Spiralen ablaufenden Evaluationsmethode, bei der der Forscher selbst eine bestimmte Handlung ausführt und danach deren Konsequenzen dokumentiert. Die Durchführung eines Pilotierungsprojektes wurde als Vorgehensweise gewählt, weil Pilotprojekte als Testumgebung für Innovationen dienen können, bevor eine Softwarelösung in breiterem Umfang eingeführt wird. Sie liefern Best-Practice-Beispiele, die andere imitieren können [SHARAFI 2009]. Weiterhin ist eine wichtige Anforderung an den ProcessNavigator eine Umsetzbarkeit in der industriellen Praxis, was durch Pilotierung besser überprüft werden kann als in Laborexperimenten. Im Vergleich von Pilotierungsprojekten mit Laborexperimenten, werden technische Eigenschaften der Systeme wie Verfügbarkeit, Verlässlichkeit und Benutzerfreundlichkeit in der realen Umgebung besser erfassbar [vgl. KRCCMAR et al. 2004].

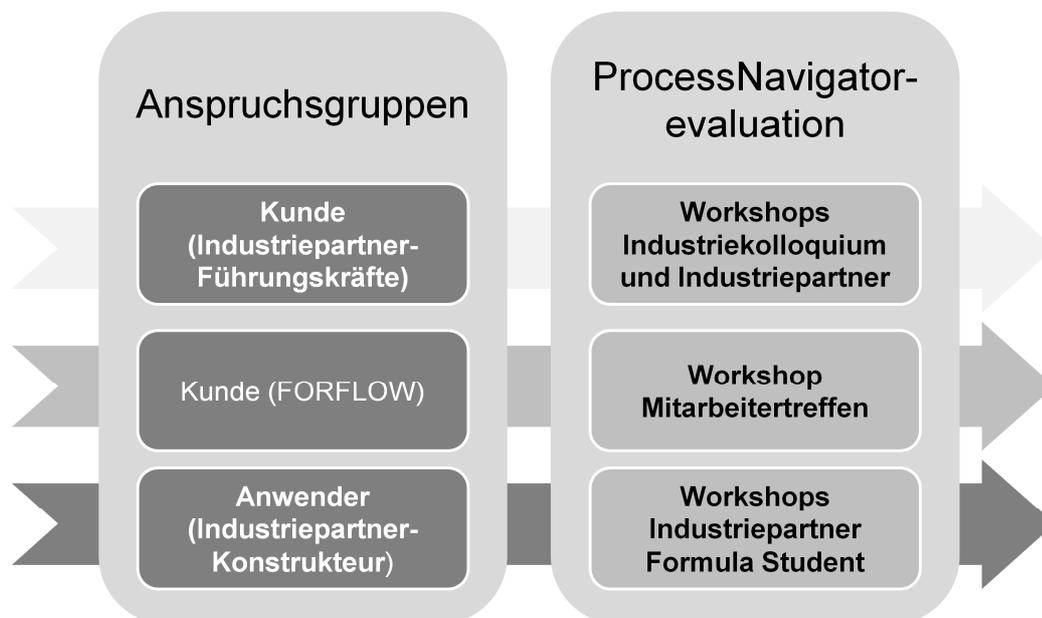
Im Fall der Pilotierung und Evaluation des ProcessNavigators ist das Ziel unter anderem, die Qualität des entwickelten Tools zu überprüfen. Softwarequalität wird regelmäßig anhand der Zielgrößen Funktionalität, Zuverlässigkeit, Übertragbarkeit, Effizienz, Änderbarkeit und Benutzbarkeit gemessen [ISO/IEC 2004]. Im Anschluss an die Durchführung der Evaluation werden die Ergebnisse ausgewertet und aufbereitet, um daraus Schlüsse für die weitere Verbesserung der entwickelten Ansätze zu ziehen. [SHARAFI 2009]

Die Durchführung von Workshops für verschiedene Interessensgruppen hat sich in diesem Zusammenhang als gut geeignet herausgestellt, da die Workshopteilnehmer bereits während der Veranstaltung das Werkzeug testen konnten und direkt im Anschluss daran Feedback gaben. Um den Teilnehmern den ProcessNavigator umfassend vorführen zu können, wurden charakteristische Szenarios aus dem Produktentwicklungsprozess ausgewählt und beschrieben.

Im Rahmen eines Workshops wurde der ProcessNavigator von 30 Personen gleichzeitig bedient. Weiterhin fanden fünf Workshops vor Ort bei Partnerunternehmen des Forschungsverbundes statt und weitere drei Workshops mit den Formula Student Teams der Technischen Universität München, der Universität Erlangen-Nürnberg und der Universität Bayreuth.

In den Workshops haben die Teilnehmer die beispielhaften Aufgaben mit dem ProcessNavigator durchgeführt und anschließend in einer geführten Diskussion die Funktionalität und Ergonomie des Werkzeuges besprochen. Diese Diskussion bot den Workshopteilnehmern die Möglichkeit, sich offen über den ProcessNavigator zu äußern und auszutauschen. Die Ansichten der Teilnehmer wurden protokolliert, um sie später in die Ergebnisauswertung und Weiterentwicklung des Prototyps einfließen zu lassen. Zuletzt wurde ein Fragebogen ausgegeben und von den Teilnehmern einzeln ausgefüllt, um ihn statistisch auszuwerten und aufzubereiten [SHARAFI 2009].

Für die Evaluation wurde zwischen den drei Stakeholdergruppen Kunde (Industriepartner – Führungskräfte), Softwareentwickler (FORFLOW – Projektmitglieder) und den Anwendern (Industriepartner – Konstrukteure) unterschieden. In Zusammenarbeit mit diesen Gruppen wurden der ProcessNavigator als integrierte Gesamtanwendung, sowie die Teilprojektergebnisse evaluiert und somit den erhobenen Anforderungen gegenübergestellt. Bild 6.1 stellt den Pilotierungsrahmen für das Forschungsvorhaben FORFLOW dar.



**Bild 6.1 Pilotierungsrahmen FORFLOW [SHARAFI 2009]**

Neben der Evaluierung in Workshops wurde der ProcessNavigator in einem der Partnerunternehmen des Forschungsverbundes in einem realen Pilotprojekt eingesetzt und die Erfahrungen dieses Unternehmens mit dem Tool fließen in die Verbesserung des aktuellen Prototyps ein. Dies ermöglichte eine Evaluation über einen längeren Zeitraum. Durch die intensivere Auseinandersetzung mit dem ProcessNavigator wurde Feedback zum System eingeholt, das über den spontanen Eindruck aus den Workshops hinaus geht.

Die Ergebnisse aller drei Arten der Evaluation (Prozessmodell, Prozessanalyse und Evaluierung des ProcessNavigator) werden in den folgenden Teilkapiteln ausführlich dargestellt.

## 6.2 Evaluation des FORFLOW-Prozessmodells

Das FORFLOW-Prozessmodell als Grundlage sowohl des Vorgehens zur situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung als auch des ProcessNavigators wird auf seine Anwendbarkeit in der industriellen Praxis überprüft. Dies wurde im Rahmen der Entwicklung eines Konzeptes zur Verwendung eines Prozessbaukastens für Produktentwicklungsprozesse bei einem der FORFLOW Industriepartner durchgeführt [ALI 2008]. Darüber hinaus werden der Entwicklungsprozess eines weiteren Unternehmens mit Hilfe dieses Modelles abgebildet sowie der Aufbau und die Anordnung der Prozessschritte im Rahmen eines Workshops diskutiert.

Im ersten analysierten Unternehmen liegen drei verschiedene Ausprägungen von Produktentwicklungsprozessen vor, die je nach Umfang und Risiko der Entwicklungsaufgabe ausgewählt werden. An dieser Stelle findet sich bereits die erste Analogie zum in dieser Arbeit entwickelten Vorgehen in Form der Auswahl des Entwicklungsprozesses anhand einer Analyse der Entwicklungssituation. Dies entspricht der Prozessanpassung auf Projektebene, wie es im Vorgehen zur situationsgerechten Planung von Entwicklungsprozessen vorgesehen ist. Die drei Prozesse unterscheiden sich in Umfang und Produktabsicherung. Die für die Prozessplanung im Vorgehen definierte Regel, dass je nach Umfang und Risiko der Aufgabe auch unterschiedlich umfangreiche Prozesse geplant werden, wird dadurch bestätigt.

Weiterhin wurde überprüft, ob die Prozessschritte des FORFLOW-Prozessmodells auf industrielle Prozesse übertragbar und vollständig sind. Bei dieser Analyse stellt sich heraus, dass die Prozessschritte im Unternehmen zwar teilweise anders benannt sind als im FORFLOW-Prozessmodell, aber in diesen Schritten die gleichen Ergebnisse produziert werden. So gibt es beispielsweise im Prozessmodell des Unternehmens einen Schritt mit dem Titel „Bilden einer Funktionsstruktur“, der dem Schritt „Funktionsstruktur aufbauen“ des FORFLOW-Modells entspricht. Auch in der Produktabsicherung gibt es deutliche Analogien, wie z. B. bei den Schritten FEM-Berechnungen durchführen und DfX-Kriterien untersuchen“; diese sind analog zu den Schritten „Berechnung“ und „Lebenszyklus berücksichtigen (DfX)“ zu sehen. Eine weitere Analogie kann im Aufbau der Modelle festgestellt werden. Im betrachteten Unternehmen wird der Entwicklungsprozess in unterschiedlichen Detaillierungsstufen (in diesem Fall fünf) abgebildet. Die ersten drei Stufen des Prozesses entsprechen den Ebenen des FORFLOW-Prozessmodells. Die beiden noch detaillierteren Ebenen werden vom FORFLOW-Prozessmodell nicht abgedeckt. Diese sind jedoch sehr stark unternehmensspezifisch und daher nicht für ein übergreifendes, allgemeines Prozessmodell geeignet.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Produktentwicklungsprozess des betrachteten Unternehmens auf den ersten drei Detailebenen durch das FORFLOW-Prozessmodell abgebildet werden kann. Lediglich kleine Anpassungen der Namensgebung der Prozessschritte an die Begrifflichkeiten des Unternehmens sind notwendig, um die vorliegenden Prozesse abzubilden.

Auf den Entwicklungsprozess des zweiten betrachteten Unternehmens lässt sich das FORFLOW-Prozessmodell genauso anwenden. Hier wird zwar keine Unterscheidung in unterschiedliche Detailstufen getroffen, der Entwicklungsprozess kann aber auf einer dem Projektlevel entsprechenden Ebene sehr gut abgebildet werden.

Im Workshop zur Diskussion des FORFLOW-Prozessmodells mit den Industriepartnern des Forschungsverbundes wurde die Vollständigkeit und Anwendbarkeit des Modells ebenfalls diskutiert. Die Industriepartner stellten hier nochmals die Bedeutung einer guten Produktabsicherung heraus, die beispielsweise in der VDI 2221 nicht ausreichend berücksichtigt ist, im diskutierten Prozessmodell hingegen eine wichtige Rolle einnimmt. Weiterhin waren sich die Workshopteilnehmer einig, dass alle wichtigen Prozessschritte zur Entwicklung eines mechatronischen Produktes aufgenommen wurden und schätzten die Anwendbarkeit des Modells in der Praxis als hoch ein. Besonders für Unternehmen, die bislang ihre Entwicklungsprozesse noch nicht detailliert definiert haben, wird das Prozessmodell als gute Hilfestellung angesehen.

### 6.3 Prozessanalyse durch PDM-Daten

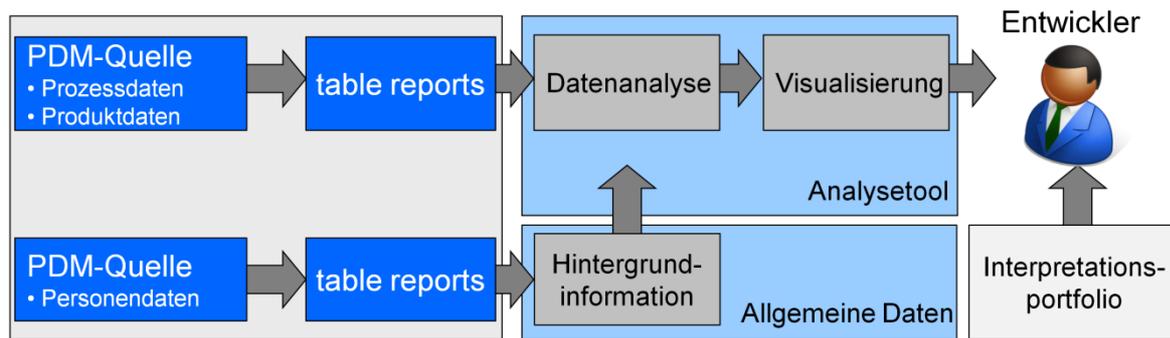
Die durch den Einsatz des in dieser Arbeit entwickelten Vorgehens hervorgerufenen Veränderungen, sollen durch die vorgestellte Prozessanalyse anhand von PDM-Daten nachgewiesen werden. Ein Beispiel dafür ist die Analyse der Dauer zwischen zwei Freigabestadien einer Bauteilzeichnung. Dabei stehen die Durchlaufzeit der Prozesse sowie die Prozessqualität im Vordergrund. Um diese zu überprüfen, wurde ein Rechnerwerkzeug entwickelt, das es ermöglicht, die Daten aus dem PDM-System eines Unternehmens zu extrahieren und prozessbezogen zu analysieren [ROELOFSEN et al. 2009].

In PDM-Systemen wird eine Vielzahl von produkt- und prozessbezogenen Daten gespeichert, deren Nutzung zur Analyse von Prozessen bislang noch nicht etabliert ist. Der Vorteil dieser Daten für die Prozessanalyse im Vergleich zu beispielsweise Interviews mit den Prozessbeteiligten ist deren deutlich größere Objektivität [ROELOFSEN et al. 2008a]. Andererseits muss bei der Interpretation der Ergebnisse aus objektiven Datenanalysen darauf geachtet werden, welche Randbedingungen die Ergebnisse beeinflusst haben. Daher sollten derartige Interpretation durch die Analyse eher subjektiv geprägter Datenquellen gestützt werden.

Aus den Analysen eines Tools zur Auswertung von PDM-Daten kann auf die Entwicklungsprozesse im Unternehmen zurückgeschlossen werden, die die Basis für den im PDM-System hinterlegten Workflow bilden. Dies bedingt in der Folge den wesentlichen Nachteil dieser Analyse. Es wird der Workflow analysiert, d. h. der Zeichnungsstatus und Punkte der Übergabe von Arbeitsergebnissen, und nicht der tatsächliche Entwicklungsprozess, d. h. der eigentliche Vorgang der Erstellung der Arbeitsergebnisse. Dabei wird von der Auswertung der einzelnen Zeitpunkte auf die dazwischen stattfindenden Abläufe in der Entwicklung geschlossen.

In Zusammenarbeit mit einem Partnerunternehmen wurde dazu ein Rechnerwerkzeug entwickelt, das Daten aus dem Produktdatenmanagementsystem dieses Unternehmens auswertet. Im Unternehmen dient die Analyse dem Vergleich der Entwicklungstätigkeiten an verschiedenen Standorten. Weiterhin soll durch die Analyse die Konsistenz der PDM-Daten sichergestellt und die Einführung der Workflows überwacht werden. Dazu werden die Daten aus dem PDM-System ausgelesen, in der Tabellenkalkulation aufbereitet und ausgewertet und die Ergebnisse visuell aufbereitet dem Nutzer zur Verfügung gestellt. Die Architektur des Systems kann Bild 6.2 entnommen werden.

Aus dem PDM-System werden zwei verschiedene Arten von Informationen extrahiert. Dies sind einerseits grundlegende Daten zu Personen, Abteilungen und Standorten, andererseits Daten zu Prozessen und Produkten. Diese werden in sogenannten „table reports“ ausgegeben, die wiederum vom Tabellenkalkulationsprogramm einlesbar sind. Die Basisdaten werden in der Tabellenkalkulation in erster Linie als Hintergrundinformation und zur Berechnung verwendet. Durch diese Daten wird zum Beispiel die Darstellung der Ergebnisse nach Standorten oder pro Mitarbeiter ermöglicht. Sie dienen demnach als Eingangsgröße der weiteren Datenanalyse. Die Ergebnisse der Analysen werden schließlich dem Nutzer anhand von Balken- oder auch Kreisdiagrammen visualisiert. Ein wichtiger Aspekt außerhalb der eigentlichen Berechnung ist das Interpretationsportfolio, das den Nutzer bei der Auswertung der Ergebnisse unterstützt.



**Bild 6.2** Architektur des Analysetools der PDM-Daten [ROELOFSEN et al. 2008a]

Das entwickelte Tool sieht Analysen in drei verschiedenen Bereichen vor:

- Personen,
- Zeichnungen und
- Verteilerlisten

Von den Personen werden für die Basisdaten der Name, der Arbeitsort und die Abteilung sowie die Verfügbarkeit der Person (aktiv oder inaktiv, d. h. Mitarbeiter des Unternehmens oder nicht) erfasst. Die einzige direkte Auswertung dieser Daten ist die Darstellung der Mitarbeiter pro Abteilung. Für die weiteren Analysen werden nur noch anonymisierte Daten verwendet. Da im betrachteten Unternehmen nur die Zeichnungen anhand von Workflows erstellt und freigegeben werden, wurden diese als einzige betrachtete Produktmodelle ausgewählt.

In Bezug auf die im PDM-System hinterlegten Zeichnungen, den umfangreichsten Analysebereich des Tools, werden folgende Analysen durchgeführt [ROELOFSEN et al. 2009]:

- Die Anzahl von Zeichnungen pro Entwicklungsphase
- Die Anzahl von Annahmen und Ablehnungen von Zeichnungen
- Die Anzahl Zeichnungen, die pro Person angelegt werden (standort- oder abteilungsbezogen)
- Die aktuelle Anzahl von Zeichnungen in bestimmten Stati
- Die Anzahl von Revisionen pro Zeichnung
- Die durchschnittliche Entwicklungszeit pro Zeichnung und
- Die Anzahl von Zeichnungen, die eine bestimmte Zeitdauer zur Bearbeitung benötigt haben in einer statistischen Übersicht.

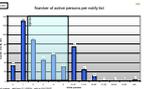
Neben der Analyse des Entwicklungsprozesses findet eine Analyse der Änderungen bereits freigegebener Zeichnungen statt. In diesem Zusammenhang werden beispielsweise die Anzahl der Änderungen pro Projekt und die Durchlaufzeit der Änderungsanträge betrachtet.

Weiterhin werden Benachrichtigungslisten analysiert, die genutzt werden, um die auf der Liste genannten Personen automatisch über Änderungen oder wichtige Punkte (z. B. Freigaben) im Prozess zu informieren. Es wird die Anzahl der aktiven Personen pro Liste, die Anzahl der Projekte, in denen dieselbe Liste verwendet wird, die Anzahl der Abteilungen pro Liste sowie Referenzen in der Liste pro Standort analysiert. Die Analyse der Benachrichtigungslisten dient unter anderem dazu, die richtige Anzahl Personen über

wichtige Ereignisse in der Entwicklung zu informieren. Dies bedeutet einerseits keine wichtige Person zu vergessen, andererseits keine überflüssigen Personen zu benachrichtigen.

Alle für diese Analysen notwendigen Daten können aus dem im Unternehmen genutzten PDM-System gezogen und in der Tabellenkalkulation verarbeitet werden. Die Ergebnisse werden der besseren Übersichtlichkeit halber dem Nutzer in Form von Balken- oder Kreisdiagrammen ausgegeben. Die Auswertung der objektiven Daten birgt die Gefahr, dass die Zahlen blind interpretiert und falsche Schlüsse beispielsweise in Bezug auf die Auslastung der Mitarbeiter gezogen werden. Die Analyse der PDM-Daten gibt nur Hinweise darauf, welche Punkte in Prozess und Workflow Optimierungspotenzial bieten, wenn z. B. an einem Standort überdurchschnittlich viele Zeichnungen abgelehnt werden, bzw. darauf, welche Fragen an die Prozessbeteiligten gestellt werden sollten. Automatische Schlüsse aus den bereitgestellten Zahlenwerten zu ziehen, birgt die Gefahr, die Daten falsch zu interpretieren und in der Folge falsche Maßnahmen zu ergreifen.

Zur Sicherstellung einer adäquaten Nutzung des Analysewerkzeuges wird daher ein Interpretationsportfolio erstellt, das Möglichkeiten zur Interpretation der unterschiedlichen möglichen Ausprägungen der Werte liefert. In diesem Portfolio werden für jede Art der Analyse ein Beispieldiagramm dargestellt, der Idealwert für diese Analyse angegeben und für abweichende Werte mögliche Begründungen sowie Fragen zur Ergründung dieser Abweichungen angegeben. Ein Beispiel für die Darstellung im Interpretationsportfolio ist in Bild 6.3 dargestellt. Die Erarbeitung des Interpretationsportfolios zur Analyse der Entwicklungs- und Änderungsprozesse findet in enger Abstimmung mit den Entwicklern an den verschiedenen Standorten statt.

Analyse	Diagramm	Hohe Werte		Ideal	Niedrige Werte	
		Gründe	Fragen		Gründe	Fragen
Aktive Personen pro Benachrichtigungsliste		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liste ist zu allgemein</li> <li>• Liste in vielen Projekten genutzt</li> <li>• Zu viele Personen informiert</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kann Liste unterteilt werden?</li> <li>• Kann Liste aktualisiert werden?</li> <li>• ...</li> </ul>	2-5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liste ist leer</li> <li>• Liste ist redundant</li> <li>• Personen fehlen</li> <li>• Liste nur in kleinen Projekten genutzt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kann Liste gelöscht werden?</li> <li>• Besteht Schulungsbedarf?</li> <li>• Ist Liste vollständig?</li> <li>• Ist Liste in einem aktiven Projekt genutzt?</li> </ul>

**Bild 6.3 Struktur des Interpretationsportfolios [ROELOFSEN et al. 2009]**

Zur besseren Verständlichkeit der Anwendung des Tools zur Überprüfung der Wirksamkeit des Vorgehens zur situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung wird ein Beispiel vorgestellt. Weitere Analysebeispiele können ROELOFSEN et al. 2009 entnommen werden.

Beim gewählten Beispiel handelt es sich um die Darstellung der durchschnittlichen Durchlaufzeit einer Zeichnung durch den Workflow in Abhängigkeit von der Komplexität des entwickelten Systems. Es findet eine Unterscheidung in Zukaufteil, einfache Komponente, einfache Baugruppe, komplexe Baugruppe und vollständiges System statt. Die Einteilung der Zeichnungen in die unterschiedlichen Kategorien erfolgt durch die Analyse der im

Unternehmen standardisierten Bauteilbezeichnung. Im Rahmen der Analyse wird betrachtet, wie lange sich Zeichnungen in welchem Zeichnungsstatus befinden (z. B. Freigabe). Diese Betrachtung wird dazu genutzt, zu erkennen, ob gewisse Unternehmensbereiche (z. B. die freigebenden) überlastet sind.

Die Zielwerte und spezifischen Interpretationen sowie die Identifikation der für die Prozessanalyse relevanten Werte sind stark unternehmensspezifisch. Weiterhin hängt die Möglichkeit unterschiedliche Analysen durchzuführen stark von den im PDM-System gepflegten und damit zur Analyse vorliegenden Daten ab. Auch in dem an der Entwicklung dieses Tools beteiligten Unternehmen konnten nicht alle interessierenden Analysen durchgeführt werden, da nicht alle dazu notwendigen Daten im PDM-System gepflegt wurden.

Die mit dem entwickelten Tool durchgeführten Analysen werden in Zukunft dazu dienen, den Erfolg der Anwendung des Vorgehens zur situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung nachzuweisen. Bisher wurden Analysen zu aktuellen und abgeschlossenen Projekten im Unternehmen durchgeführt, um die Funktion des Tools nachzuweisen. Mit Hilfe des Interpretationsportfolios konnten durch die anschließende Diskussion der Ergebnisse Möglichkeiten zur Prozessoptimierung identifiziert werden. Die Durchführbarkeit der geplanten Analysen wurde erfolgreich nachgewiesen. Da im Verlaufe der bisherigen Arbeiten noch keine größere Anzahl Projekte mit Hilfe des entwickelten Vorgehens durchgeführt wurde, konnte noch keine detaillierte Auswertung der erzielbaren Verbesserungen durchgeführt werden. Der Einsatz des Tools in den ersten Phasen von Entwicklungsprojekten, die mithilfe des Vorgehens zur situationsspezifischen Prozessplanung durchgeführt werden, zeigt bereits erste Verkürzungen der Durchlaufzeit im Vergleich mit den Daten aus abgeschlossenen Projekten. Dieses Tool stellt demnach ein Hilfsmittel zum Controlling der Wirksamkeit des in dieser Arbeit entwickelten Vorgehens bereit, das nach unternehmensspezifischer Anpassung zur Erfolgsmessung der Einführung des Vorgehens zur situationsspezifischen Planung von Entwicklungsprozessen eingesetzt werden kann.

## 6.4 Softwareevaluation des ProcessNavigators

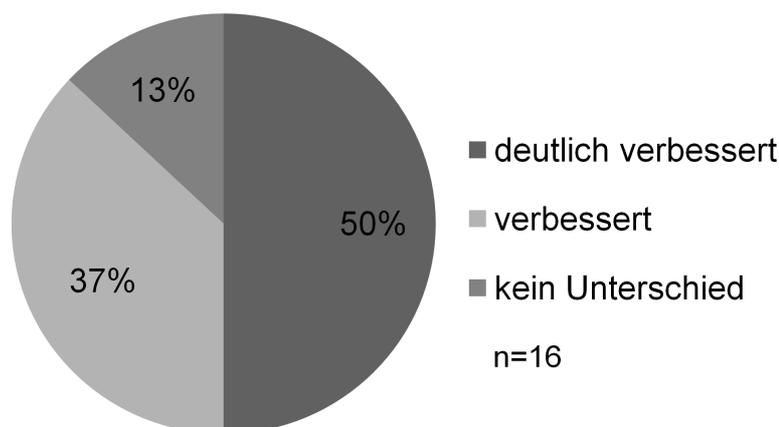
Zur Evaluierung der prototypischen Umsetzung des Vorgehens zur situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen wurden, wie in Kapitel 6.1 beschrieben, Szenarios entwickelt. Diese wurden den Industriepartnern des Forschungsverbundes FORFLOW vorgestellt und von diesen durchgeführt. Im Anschluss daran wurden Fragebögen ausgefüllt und die Anwendung des ProcessNavigator diskutiert. Die Ergebnisse dieser Evaluation in Bezug auf die situationsspezifische Prozessplanung werden im Folgenden vorgestellt. Diese Art der Evaluation wurde in den Jahren 2008 und 2009 im Rahmen eines Industriekolloquiums durchgeführt. In beiden Fällen wurden die Industriepartner des Forschungsverbundes FORFLOW befragt. Im Jahr 2008 nahmen 38, im Jahr 2009 16 Personen an der Evaluation teil. Zehn dieser Personen waren an beiden Workshops beteiligt.

Zunächst werden die Ergebnisse der Auswertung der Fragebögen dargestellt, die im Anschluss an die Nutzung des ProcessNavigators von den Workshopteilnehmern ausgefüllt wurden. Die Umfrage diente einer Orientierung im Hinblick auf die Anwendbarkeit des ProcessNavigators und der Identifizierung von Optimierungsmöglichkeiten dieser Software.

Im Fragebogen wurden die vier Bereiche Zeit, Kosten, Qualität und Flexibilität des ProcessNavigator abgefragt [SHARAFI 2009].

Im Bereich Flexibilität äußerten sich die Workshopteilnehmer positiv über den ProcessNavigator. Die Auswertung der Einzelfragen in diesem Bereich zeigte auf, dass durch den Einsatz des ProcessNavigators die Orientierung im Prozessablauf als verbessert empfunden wird. Die Hälfte der Befragten gab sogar an, dass sich die Orientierung deutlich verbessert habe (siehe Bild 6.4).

### Wie beurteilen Sie die Unterstützung bei der Orientierung im Prozessablauf durch den ProcessNavigator?

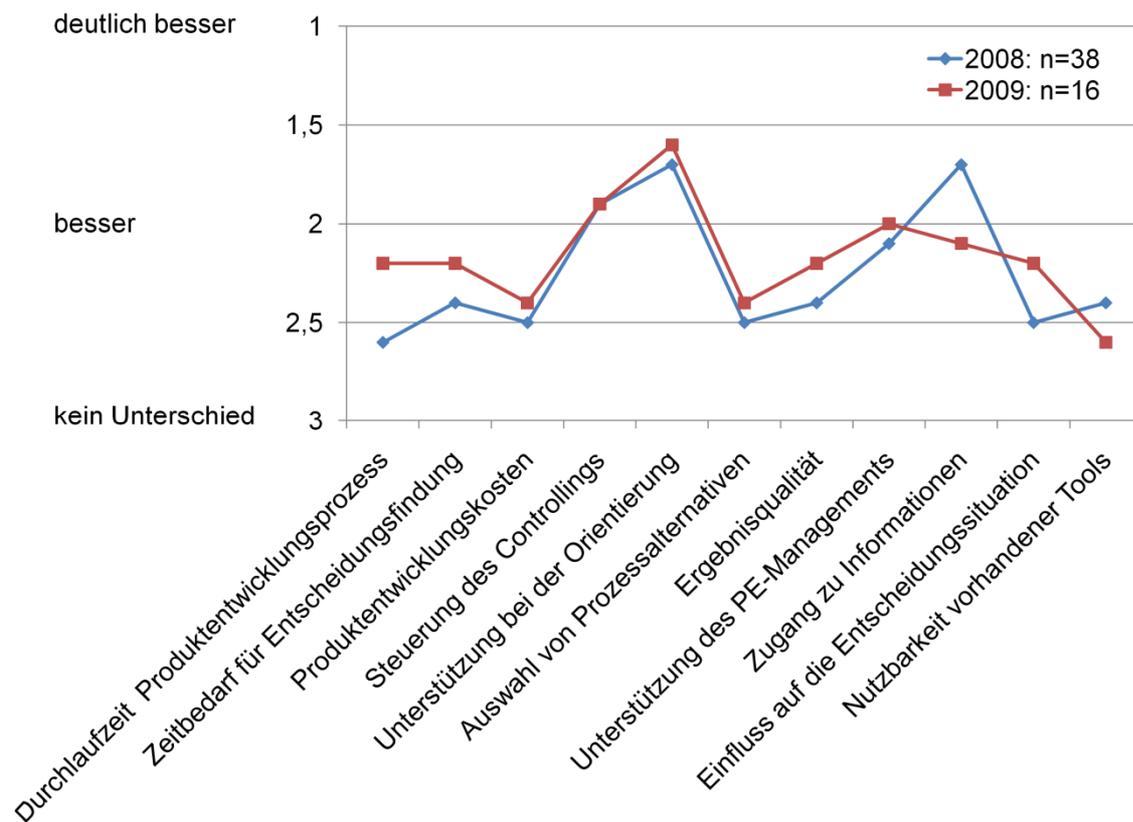


**Bild 6.4** Ergebnisauszug der Evaluation [SHARAFI 2009, S. 264]

Die Workshopteilnehmer nahmen eine Verbesserung hinsichtlich der flexiblen Prozessausführung wahr, die sie mit der Möglichkeit der Auswahl unterschiedlicher Prozessalternativen begründeten. Dies kann der Übersicht der Antworten der beiden Workshops in den Jahren 2008 und 2009 in Bild 6.5 entnommen werden. In Bild 6.5 wird aufgrund der besseren Lesbarkeit nur der Antwortbereich von „kein Unterschied“ bis „deutlich besser“ dargestellt. Die Workshopteilnehmer hatten darüber hinaus die Möglichkeit, den ProcessNavigator mit schlechter und deutlich schlechter zu bewerten.

Weiterhin sehen die Befragten im Bereich Qualität Verbesserungen durch eine Unterstützung des Produktentwicklungsmanagements, einen erleichterten Zugang zu Informationen sowie die Einflussnahme auf Entscheidungssituationen. Die möglichen Verbesserungen hinsichtlich der Nutzbarkeit bereits vorhandener Werkzeuge werden dagegen eher gering eingeschätzt. In den Bereichen Durchlaufzeit des Produktentwicklungsprozesses, Zeitbedarf für Entscheidungsfindungen und Produktentwicklungskosten werden ebenfalls Verbesserungspotentiale durch den Einsatz des ProcessNavigators gesehen.

Außerdem sehen die Befragten in der Nutzung des ProcessNavigator die Möglichkeit, Entwicklungskosten zu reduzieren. Eine große Zahl der Umfrageteilnehmer sieht eine geringe Kostenreduktion als möglich an. Außerdem sehen die Befragten das Potential zur Verbesserung des Controllings von Meilensteinen und Ressourcenverbrauch im Prozess. Neben der verkürzten Durchlaufzeit der Prozesse sehen die Teilnehmer im verkürzten Zeitbedarf zur Entscheidungsfindung in Bezug auf das Entwicklungsvorgehen weiteres Zeitsparpotential.



**Bild 6.5 Vergleich der Fragebogenergebnisse 2008 und 2009 [SHARAFI 2009, S. 265]**

Die Einschätzung bezüglich der verbesserten Ergebnisqualität der Prozesse resultiert aus einer Verbesserung der Bereitstellung von Informationen und Daten durch den ProcessNavigator sowie der positiven Bewertung der Unterstützung in der Auswahl der besten Prozessalternative für die jeweilige Entwicklungsaufgabe.

Ein Vergleich der Umfrageergebnisse aus den beiden Jahren zeigt, dass die Weiterentwicklung des ProcessNavigator im Anschluss an die erste Umfrage positiv beurteilt wurde. In den meisten Punkten zeigt sich eine verbesserte Bewertung des ProcessNavigator im zweiten Jahr im Vergleich zum ersten Jahr (siehe Bild 6.5). Insgesamt lässt sich aus den Umfrageergebnissen ableiten, dass ein Einsatz des ProcessNavigators durch die Industriepartner als wertvoll eingeschätzt wird, da in allen Punkten eine Verbesserung in der Entwicklungsunterstützung im Vergleich zu aktuellen Werkzeugen gesehen wird.

Nachdem die Fragebogenergebnisse vorgestellt wurden, werden die Erkenntnisse aus den Protokollen der Diskussionen in den Workshops aufgezeigt.

Viele Workshopteilnehmer waren der Ansicht, dass ein Werkzeug, das den Prozessbeteiligten nicht nur Informationen über anstehende Aufgaben, sondern auch Vorschläge zum besten Vorgehen bereitstellt, eine sinnvolle Unterstützung für den Entwicklungsprozess sei. Der ProcessNavigator bietet diesbezüglich den Vorteil, dass er nicht nur die Prozessbeschreibungen für die einzelnen Schritte bereitstellt, sondern auch Anleitungen zur Durchführung der Prozessschritte. Die Benutzeroberfläche machte auf die Nutzer einen übersichtlichen und aufgeräumten Eindruck, was sie zu dem Schluss führte, dass in der praktischen Einführung nur geringe Schulungszeiten notwendig wären.

Die Hierarchisierung der Prozessebenen in Prozesse und generische Teilprozesse (Ebenen des FORFLOW-Prozessmodells) macht es nach Auffassung der Teilnehmer möglich, einzelne Teilschritte festzulegen, andere aber frei wählbar zu lassen. Dies ermöglicht domänenübergreifende Prozesse. Besonders positiv wurden die Visualisierung des Prozessfortschrittes sowie die übersichtliche Darstellung der noch zu erledigenden Arbeitsaufgaben hervorgehoben. Durch die übersichtliche grafische Darstellung des Gesamtprozesses wird eine verbesserte Transparenz im Prozessablauf geschaffen, welche dabei hilft keine Schritte zu vergessen. Weiterhin fand die automatische Benachrichtigung über den Abschluss von notwendigen, vorausgegangen Prozessschritten positive Resonanz.

Als wichtig wurde außerdem die schnelle und übersichtliche Verfügbarkeit von Dokumenten, die in der jeweiligen Prozessphase relevant sind, erachtet. Besonders eine zentrale und konsistente Speicherung der relevanten Daten und umfassende Zugriffsmöglichkeiten auf diese Daten wurden als für die Produktentwicklung essentiell eingeschätzt. Die Art der Informationsbereitstellung und die Darstellung der Prozessschritte wurden als benutzerfreundlich empfunden.

Besonders gelungen empfanden die Test-User neben der Aufteilung in verschiedene Sichten auf den PEP die Aufteilung in persönliche Aufgaben und Gesamtaufgaben, sowie das entwickelte Rollenkonzept. Vor allem die Einschränkung der Benutzerkonten mithilfe fester Benutzerregeln und die notwendige Autorisierung für bestimmte Aufgabenbereiche waren den Workshopteilnehmern wichtig [SHARAFI 2009, S. 268].

Neben diesen allgemeinen Anmerkungen wurden im Workshop mögliche Einsatzszenarios des ProcessNavigator in der Praxis diskutiert. Diese könnten sich wie folgt gestalten: Auf die Frage wie sie sich einzelne Funktionen des ProcessNavigators im praktischen Einsatz vorstellten, antworteten die Workshopteilnehmer, dass der Einsatz als Workflowsystem für das Controlling und zur Digitalisierung des Entwicklungsprozesses denkbar sei. Das Adressieren einzelner Aufgaben schaffe Transparenz für die Mitarbeiter und somit können Doppelarbeit und Wiederholungen vermieden werden. Auf diese Weise wird es möglich im Entwicklungsprozess Kosten einzusparen.

Außerdem wurden die Nutzung des Systems zur Darstellung des Projektmanagementprozesses und seine Erweiterung zu einem klassischen Projektplanungssystem vorgeschlagen. Die Verwendung des ProcessNavigators zur Simulation von Projekten wurde ebenfalls angedacht. Darüber hinaus wurde vorgeschlagen, dass der ProcessNavigator als Plattform zum Datenaustausch mit anderen Systemen dienen könnte. Als übergreifendes System für Produktentwickler könnte der ProcessNavigator mit seiner einheitlichen Oberfläche Ordnung in das Geflecht der Informationssysteme bringen, die heute in der Entwicklung im Einsatz sind.

Die durchgängige Dokumentation des Entwicklungsprozesses wird durch den ProcessNavigator ebenfalls sichergestellt. Diese Dokumentation kann genutzt werden, um die Nachvollziehbarkeit der Schritte beispielsweise zu Absicherungszwecken gegenüber Dritten zu gewährleisten.

Darüber hinaus ist eine Erweiterung auf das Ressourcenmanagement oder das Multiprojektmanagement denkbar. Es ist ebenfalls möglich einzelne Teilprozesse aus der Produktentwicklung herauszugreifen und abzubilden. Im Bereich der verteilten Entwicklung kann der ProcessNavigator eine Plattform für standortübergreifende Zusammenarbeit in Netzwerken bilden. Hierzu müssten jedoch zunächst Kommunikationsmöglichkeiten in das System integriert werden, die einen direkten Kontakt mit den im System festgelegten Verantwortlichen mittels Mail-Client unterstützen [SHARAFI 2009, S. 272].

Zur Umsetzung dieser Vorschläge wurden einige organisatorische Anpassungen diskutiert, die vor der Einführung des ProcessNavigator im Unternehmen durchzuführen sind. Zunächst müssen die Mitarbeiter in dem neuen System geschult werden. Um redundante Datenhaltung und Prozessstrukturen zu vermeiden, muss der ProcessNavigator als verbindliches Standardwerkzeug in der Produktentwicklung festgelegt werden. Weiterhin sollte ein Verantwortlicher für die Datenpflege ernannt werden, der die Aktualität und Qualität der Daten sicherstellt. Schon bei der Installation des Systems sollten eine Abstimmung mit anderen Workflow-Systemen und eine Anbindung an andere Software innerhalb der Anwendungslandschaft erfolgen. Weiterhin muss gewährleistet sein, dass die Erweiterung der Software zu einem späteren Zeitpunkt schnell durchgeführt werden kann. Diese funktionale Einbindung des ProcessNavigators in die Unternehmens-IT wurde von vielen Workshopteilnehmern als die größte Herausforderung für den praktischen Einsatz gesehen. [SHARAFI 2009, S. 271]

Damit die unternehmensspezifischen Entwicklungsprozesse im System abgebildet werden können, muss eine effektive Möglichkeit gefunden werden, unterschiedliche Prozessbeschreibungen einzuspeisen. Außerdem müssten die Reiter individualisiert, Arbeitsanweisungen und Richtlinien vorgegeben, sowie ein verbessertes Projektcontrolling integriert werden.

Schließlich wurden Ansatzpunkte zur Verbesserung des vorliegenden Systems diskutiert. Dabei wurden die im Prototyp noch kaum ausgeprägten Kontrollmöglichkeiten für den Projektleiter angemahnt. So sollte beispielsweise bei der Weiterentwicklung eine Multiprojektansicht für den Projektleiter implementiert werden. Die Freiheit des Entwicklers zwischen den Schritten hin und her zu springen wurde als teilweise kritisch angesehen und angeregt, diese zum Teil wieder einzuschränken. Dazu ist anzumerken, dass in der ersten evaluierten Version des ProcessNavigators noch das völlig freie Springen im Prozess zulässig war. Die zweite Version wurde dahingehend angepasst, dass ein Springen vor bereits abgeschlossene Meilensteine nicht mehr möglich ist. Die resultierende, leicht eingeschränkte Freiheit in der Prozessgestaltung auf operativer Ebene wurde hingegen sehr positiv bewertet.

Weiterhin wurde eine Begründung der Prozessreihenfolge zusätzlich zu deren Dokumentation angeregt. Die Historie der bereits abgearbeiteten Schritte im Projekt sollte demnach direkt mit der Prozessdarstellung verknüpft sein. Dies spiegelt sich auch in dem Vorschlag zur grafischen Darstellung des Prozesses wider, in dieser mehr Statusinformationen darzustellen und den aktuellen Prozessschritt zu markieren. Weiterhin sollte erkennbar sein, ob es sich bei dem jeweiligen Schritt um optionale oder Pflichtprozessschritte handelt. Außerdem sollte die grafische Repräsentation der Prozesse interaktiver gestaltet werden. So sollte man über einen direkten Link auf eine Detaildarstellung des Einzelprozesses zugreifen können.

Kritik gab es teilweise auch in Bezug auf die Bedienung. So wurde z. B. die fehlende Hilfefunktion angemerkt und der Wunsch nach einer intuitiveren Handhabung geäußert, um die Benutzerfreundlichkeit zu steigern. In Bezug auf die gewählten Begriffe wurde weiteres Verbesserungspotenzial gesehen, da beispielsweise der Unterschied zwischen „Teil“ und „Bauteil“ oder die Herkunft der Bauteilstrukturdaten unklar waren.

Weiterhin sollte genauer definiert werden wie Prozess und Projekt zusammenspielen und worin sie sich unterscheiden. Die Klarheit der Darstellung des Prozessflusses und der aktuellen Position im Projekt lag noch hinter manchen Erwartungen zurück.

Die Möglichkeit zur Kommunikation mit Kollegen bezüglich einzelner Prozessschritte und eine Kommunikationsschnittstelle für das Reporting wurden ebenfalls vermisst. Für den Projektleiter wäre zudem eine Auflistung zeitkritischer Aufgaben wünschenswert, um den Projektfortschritt im Blick zu behalten. Es sollte nach Wunsch der Workshopteilnehmer eine Funktion integriert werden, mit der die Erstellung fehlender Dokumente veranlasst werden kann. Außerdem sollte der Prozessabschluss erst nach Erfüllung bestimmter Muss-Kriterien erlaubt sein.

Neben der ausführlichen Diskussion des ProcessNavigators im Rahmen der Workshops wurde bei einem der Partnerunternehmen der ProcessNavigator prototypisch zur Projektbearbeitung eingesetzt. Dazu wurde das Prozessmodell auf die Bedürfnisse des Unternehmens angepasst und spezifische Anpassungen der einzelnen Reiter des ProcessNavigator vorgenommen. Der Einsatz des ProcessNavigator im Rahmen eines Pilotprojektes wurde sehr positiv bewertet und einige Anregungen zur weiteren Verbesserung des Systems gemacht. Da sich diese sehr stark mit den Erkenntnissen aus den Workshops decken, werden sie nicht noch einmal ausführlich dargestellt. Genau wie für die unterschiedlichen Arten der Evaluierung konnte auch für die unterschiedlichen Gruppen der Evaluierung kein auffälliger Unterschied in den Ergebnissen festgestellt werden.

Aus den Ergebnissen des Workshops lässt sich in Bezug auf die Umsetzung und Anwendung des ProcessNavigators ein positives Fazit ziehen. Sowohl die industriellen und studentischen Teilnehmer der Workshops, als auch das Unternehmen, in dem der ProcessNavigator prototypisch eingesetzt wurde, haben sich insgesamt sehr positiv zu dem entwickelten Werkzeug geäußert. Besonders in Bezug auf die Prozesstransparenz und die Unterstützung der Prozessplanung wird eine Verbesserung im Vergleich zu bestehenden Methoden gesehen. In Hinblick auf die Ergonomie des Systems und einige bislang noch nicht umgesetzte Funktionen wurde noch Optimierungspotenzial aufgezeigt. Insgesamt wurde aber von allen Teilnehmern der Evaluation die Qualität der entwickelten Ideen und Konzepte als sehr hoch eingeschätzt und ein deutlicher Mehrwert in der Unterstützung der Produktentwicklung durch das Vorgehen zur situationsspezifischen Prozessplanung gesehen.

## 6.5 Anforderungsabgleich

Zur Durchführung einer abschließenden Bewertung des in dieser Arbeit entwickelten Ansatzes findet der Abgleich der Eigenschaften der Elemente des Ansatzes mit den in Kapitel 5.2 definierten Anforderungen statt. Die Ergebnisse der Evaluation von Industriepartnern und

studentischen Entwicklern wird als Grundlage zur Bewertung der Anforderungserfüllung herangezogen.

Zunächst wird die Anforderungserfüllung des FORFLOW-Prozessmodells überprüft. Eine der wesentlichen Anforderungen ist die Schaffung von Prozesstransparenz und Verständlichkeit des Modells. Die verbesserte Prozesstransparenz wurde im Workshop bestätigt, was auch für eine Verbesserung des Prozessverständnisses spricht. In Bezug auf die gewünschte Zertifizierbarkeit des Prozesses nach den gängigen Normen erfüllt das Prozessmodell ebenfalls die Anforderungen.

Die Anforderung an eine gute Visualisierung wurde dagegen nur zum Teil erfüllt. Zwar wurde die Übersichtlichkeit der Darstellung der Informationen für den Nutzer gelobt, andererseits aber weitergehende Darstellungen beispielsweise der Prozesshistorie oder auch des Bearbeitungsstandes der Prozessschritte angeregt. Dies hat direkten Einfluss auf die Bewertung der Anforderung nach Dokumentation der Entscheidungswege und Entscheidungen zu Produkt und Prozess. Die geforderte Dokumentation findet zwar statt, aber die Aufbereitung dieser Ergebnisse für die Nutzer ist bislang noch nicht ausreichend. Bezüglich der Navigation und des leichten Zugriffs auf bestehende Dokumente wurde zwar teilweise die Namensgebung einiger Elemente kritisiert, insgesamt fiel aber die Bewertung positiv aus.

Eine weitere Anforderung ist die Konzentration auf die wesentlichen Informationen sowie die Verwendung einer möglichst einfachen Prozesssprache. Die Workshopergebnisse deuten an dieser Stelle auf eine gute Erfüllung dieser Anforderung hin. Die Flexibilität des Modells in der Prozessausführung wurde ebenfalls positiv evaluiert.

Die Vollständigkeit des Prozessmodells sowie die Anwendbarkeit im Unternehmensumfeld konnte durch die Abbildung der Entwicklungsprozesse der Industrieunternehmen nachgewiesen werden und die Umsetzung der unterschiedlichen Detaillierungsgrade im Prozessmodell ist in Kapitel 5.3 ausführlich beschrieben. Das gleiche gilt für die wesentlichen Aspekte der Prozessunterstützung, die durch das Prozessmodell realisiert werden.

Die rechnerunterstützte Gestaltbarkeit wurde durch die Umsetzung des Prozessnavigators bewiesen. Hier wird auch die Festlegung von Verantwortlichkeiten für die einzelnen Prozessschritte sowie die Wissensbereitstellung für den Anwender umgesetzt. Allerdings ist die Anpassung und Erweiterung des Systems mit firmenspezifischem und produktbezogenem Wissen aktuell noch sehr aufwändig. Weiterhin ist die Parallelisierung der Schritte zwar implementiert, die Optimierung der Prozesse beispielsweise anhand von Prozessablaufsimulationen bislang aber noch nicht umgesetzt.

Schließlich wurde die Abstimmung zwischen Prozess- und Projektplanung im ProcessNavigator umgesetzt, an der bisher vorgesehenen Monitoringfunktionalität anhand der Darstellung weniger Kennzahlen wurde in der Evaluierung noch Kritik geübt.

Das Vorgehensmodell PMDD bildet die Basis für die Umsetzung des ProcessNavigators und wurde demnach ebenfalls evaluiert. Die abstrakte Beschreibung der Prozessschritte und Unterteilung in operative und Projektebene sorgt in diesem Zusammenhang für einen umfangreichen Anwendungsbereich des Modells im Bereich der Durchführung von Produktentwicklungsprojekten. Im Rahmen der Evaluierung wurden keine Defizite in Bezug

auf die Schritte identifiziert, die zur Prozessplanung durchzuführen sind. Die Beteiligten und Verantwortlichen für die jeweiligen Schritte sind durch die Definition der beiden Bearbeitungsebenen definiert. Im Gegenzug erfüllt die Umsetzung die Anforderung an die Abbildung der beiden Rollen der Prozessplanung sowie deren Verknüpfung. Die Durchführung der Prozessplanung war für die Workshopteilnehmer, wie vorher gefordert leicht verständlich und nachvollziehbar.

Weiterhin findet für die Beschreibung der Entwicklungssituation ein Abgleich der Anforderungen mit der Beschreibung, wie sie in das Vorgehen zur situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung eingeflossen ist, statt. Die Anforderung, die Beschreibung der Entwicklungssituation schnell, einfach und eindeutig durchzuführen, d. h. möglichst geringen Mehraufwand zu erzeugen, ist durch die geringe Anzahl Parameter auf den beiden Analyseebenen umgesetzt worden. Zur Gewährleistung der notwendigen Genauigkeit der Situationsanalyse wurde die Parameteranzahl und -auswahl in enger Abstimmung mit Industrieunternehmen getroffen. Die Bestimmung der Ausprägungen der Parameter muss unternehmensspezifisch erfolgen. Auf diese Weise ist eine Berücksichtigung der Rahmenbedingungen in Unternehmen bereits vorgesehen. Eine Änderung der Parameterauswahl kann unternehmensspezifisch vorgenommen werden. Dies macht aber die weitere Einführung der Prozessplanungsmethode aufwändiger, da die Auswirkungen dieser Parameter auf den Prozess erst beschrieben werden müssen. Die Übernahme von Daten, die bereits vorliegen, wurde bislang noch nicht umgesetzt, sondern die Nutzer müssen für die Situationsanalyse die Ausprägungen der Parameter selbst bestimmen.

Die wesentliche Anforderung an die Rollen und Ebenen der Prozessplanung ist, alle beteiligten Akteure zu unterstützen und in ihren jeweiligen Arbeitsumgebungen eine prozessbezogene Sicht auf ihre Aufgaben und Inhalte zu bieten. Durch das unterschiedliche Vorgehen zur Prozessplanung sowie die Darstellung unterschiedlicher Informationen für die unterschiedlichen Rollen wurde diese erfüllt. Die Aufgaben und Verantwortlichkeiten der unterschiedlichen Rollen und Ebenen werden durch das Vorgehensmodell zugewiesen und beschrieben und können im ProcessNavigator einzelnen Personen zugewiesen werden.

Die Anforderungen an das Rahmenwerk zur Prozessplanung sind umfangreicher. Das Hauptziel war es in diesem Zusammenhang, einen universell einsetzbaren Ansatz zu entwickeln, der in den spezifischen Anwendungsfällen im Unternehmen anwendbar ist. Die Umsetzung der entwickelten Ansätze im ProcessNavigator hat an dieser Stelle die Bewertung der Anforderungserfüllung ermöglicht, sowie die rechnerbasierte Umsetzbarkeit bewiesen. Die Einschätzung der unterschiedlichen Industriepartner sowie die Anwendung im Pilotprojekt in einem Unternehmen konnten beide Aspekte bestätigen. Durch das generische Prozessmodell ist es möglich, die spezifischen Entwicklungsprozesse unterschiedlicher Unternehmen abzubilden.

Die Möglichkeit den Entwickler einerseits durch den Prozess zu führen, andererseits ausreichend Raum für seine Kreativität zu lassen, wurde nach Ansicht der Workshopteilnehmer erfüllt. Das gleiche gilt für die Forderung nach einer verbesserten Prozesstransparenz. Diese Punkte bilden vielversprechende Ansatzpunkte den späteren Anwendern des Systems den Nutzen des ProcessNavigators für ihre Arbeit deutlich zu machen.

In Bezug auf die Wiederverwendung von Lessons Learned und Best-Practice-Prozessen besteht hingegen noch deutlicher Verbesserungsbedarf. Die Prozessabläufe werden zwar aktuell bereits dokumentiert, die Aufbereitung dieser Dokumentation ist aber noch nicht gut genug ausgeführt, um eine Bewertung und Wiederverwendung auf einfache Art und Weise durchzuführen. An dieser Stelle bietet es sich beispielsweise an, eine einfache grafische Aufarbeitung der Projektergebnisse zu entwickeln.

Die geforderten spezifischen Sichten für die unterschiedlichen Rollen und Ebenen wurden im Ansatz ebenso vorgesehen wie die Anpassbarkeit des Ansatzes auf unterschiedliche Unternehmen. Die Anforderung, das Gesamtsystem in der Entwicklung erkennen und nachverfolgen zu können, sowie die Darstellung der Zusammenhänge der Abhängigkeiten der Systemelemente, wurde durch die rekursive Anwendung des Prozessmodells sowie die Verknüpfung von Projektplanungs- und operativer Ebene umgesetzt.

Die durchgängige und redundanzfreie Dokumentation der Entwicklungsergebnisse wird durch die Speicherung der Daten in der Wissensbasis des ProcessNavigator erreicht. Diese Funktion kann durch die Anbindung des ProcessNavigator an im Unternehmen bereits vorliegende PDM- oder ERP-System noch verbessert werden. Die schnelle und pragmatische Handhabung der Prozessplanung wurde im Workshop ebenfalls bestätigt.

Optimierungsbedarf des aktuellen Vorgehens gibt es hingegen noch im Überblick über die Situation in Bezug auf das Multiprojektmanagement und der Definition der Schnittstellen mit anderen Unternehmensbereichen.

Im Gegensatz dazu wurden im Rahmen der Evaluierung aber die prozessübergreifende Einsetzbarkeit und die erfolgreiche Umsetzung einer dynamischen Prozessplanung bestätigt. Die dynamische Anpassung der Prozesspläne und Unterstützung der Entscheidungsfindung hinsichtlich des geeigneten Prozessablaufes wurden positiv bewertet. Die Dokumentation der Prozesse und Prozessergebnisse funktioniert in der aktuellen Version des ProcessNavigator ebenfalls problemlos, lediglich die Aufbereitung von Best Practices ließ an dieser Stelle noch Wünsche offen. In Bezug auf die Ressourcenzuweisung sind bislang nur rudimentäre Funktionen implementiert, sodass hier eine Verbesserung für die Zukunft notwendig ist.

An die Visualisierung wurde ebenfalls eine Reihe von Anforderungen gestellt. So sollten Änderungen im Prozess gut visualisiert und somit leicht nachvollziehbar sein. Außerdem sollte in der Visualisierung auf eine Darstellung geachtet werden, die den unterschiedlichen Informationsbedürfnissen der am Prozess beteiligten Rollen gerecht wird. Die Führung durch den Prozess sowie die unterschiedlichen Darstellungen der Informationen für die verschiedenen Rollen stießen bei den Workshopteilnehmern auf Zustimmung. Bezüglich der Verständlichkeit und Übersichtlichkeit waren die Teilnehmer dagegen unterschiedlicher Meinung. Dies lässt den Schluss zu, dass es beispielsweise in Bezug auf die Gestaltung der Nutzerschnittstelle noch Verbesserungsbedarf im Sinne einer ergonomischen und intuitiven Bedienung des ProcessNavigators gibt.

Der Funktionsumfang des ProcessNavigator scheint entsprechend der Ergebnisse der Evaluation gut gewählt zu sein. Die Teilnehmer äußerten lediglich an wenigen Stellen Wünsche nach erweiterten oder leicht veränderten Funktionen, es wurden aber keine überflüssigen Funktionen im ProcessNavigator identifiziert.

Die Vermeidung von Redundanzen und Inkonsistenzen der Entwicklungsdaten gestaltet sich aktuell noch schwierig, da eine Anwendung des ProcessNavigator als alleiniges Entwicklungswerkzeug noch nicht realistisch erscheint und daher die für den ProcessNavigator notwendigen Daten eventuell mehrfach vorliegen. Durch die geplante Anbindung an bestehende PDM-Systeme wird dieser Anforderung aber in Zukunft Rechnung getragen. Die Wiederverwendung von Produkt- und Prozessmodellen wird im ProcessNavigator ebenfalls unterstützt. Einerseits wird der Nutzer beim Anlegen eines Projektes gebeten, das entsprechende Prozessmodell aus einer Datenbasis auszuwählen, was die Wiederverwendung der Prozessmodelle (bei Bedarf auch die Standardisierung der Prozesse) ermöglicht, andererseits ermöglichen die im ProcessNavigator implementierten Suchfunktionen die Wiederverwendung von Bauteilen und zugehörigen Modellen.

Insgesamt werden durch die hier entwickelten Ansätze demzufolge der größte Teil der definierten Anforderungen erfüllt. Für einige Anforderungen kann aufgrund der bislang durchgeführten Evaluation keine Aussage über deren Erfüllung getroffen werden. In Anhang 9.1 werden die Anforderungen an eine situationsspezifische Entwicklungsprozessplanung nochmals übersichtlich dargestellt. Welche Anforderungen im entwickelten Ansatz umgesetzt und in der Evaluation nachgewiesen werden konnten, ist ebenfalls abgebildet.

## 6.6 Abschließende Bewertung

Nach der Darstellung des Vorgehens und der Ergebnisse der Evaluation sowie dem Abgleich des entwickelten Ansatzes und seiner Eigenschaften mit den gestellten Anforderungen, erfolgt nun eine abschließende Bewertung des Vorgehens zur situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen.

Zunächst konnte die Anwendbarkeit des FORFLOW-Prozessmodells nachgewiesen werden. Durch die Anwendung des Modells auf verschiedene industrielle Entwicklungsprozesse wurde auf dessen allgemeine Anwendbarkeit geschlossen. Das Tool zur Prozessanalyse mittels PDM-Daten bildet ein Messinstrument, das Unternehmen zur Überprüfung des Erfolgs der Einführung der situationsspezifischen Prozessplanung heranziehen können. Die Funktion des Tools wurde in der Anwendung im Unternehmen nachgewiesen. Die Auswertung der Analyseergebnisse in Hinblick auf die Prozessverbesserung durch Einführung des entwickelten Vorgehens konnte aus Mangel an abgeschlossenen Projekten noch nicht abschließend durchgeführt werden. Es wurde aber bereits mit der Auswertung einiger Projekte in frühen Phasen begonnen. Die ersten Ergebnisse sind hier vielversprechend.

Die Evaluation des ProcessNavigators hat zu sehr guten Ergebnissen geführt. Die Workshopteilnehmer aus allen drei Gruppen (Wissenschaftler, Industriepartner und Studenten) haben sich insgesamt positiv zur Umsetzung der entwickelten Ansätze im ProcessNavigator geäußert. Besonders die verbesserte Prozesstransparenz und die sehr gut bewertete Unterstützung in der Entscheidungsfindung bezüglich des besten Prozessvorgehens sind hervor zu heben. Nichtsdestotrotz wurden in der Evaluation einige Möglichkeiten zur Verbesserung des Tools aufgezeigt. Zu diesen gehören beispielsweise die Berücksichtigung des Multiprojektmanagements und die Ergonomie des Werkzeuges. Insgesamt wurde im Einsatz des ProcessNavigator aber großes Verbesserungspotential in der Unterstützung der Produktentwicklung im Vergleich zu bestehenden Systemen gesehen.

Die hier gewählte Art der Evaluation weist in Bezug auf die Bewertung der einzelnen Elemente des entwickelten Ansatzes die Schwäche auf, dass immer der gesamte ProcessNavigator evaluiert wurde. Eine detaillierte Bewertung der einzelnen Elemente des Vorgehens zur situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung ist somit nicht möglich. Trotzdem wurde ein Anforderungsabgleich für alle Teile des Vorgehens durchgeführt. Es hat sich gezeigt, dass ein großer Teil der im Voraus definierten Anforderungen durch die entwickelten Vorgehensweisen und Modelle erfüllt wird. Andererseits hat die Evaluation des ProcessNavigator in manchen Bereichen noch Schwächen in der Anforderungserfüllung aufgezeigt. Diese Ansatzpunkte zur Verbesserung fließen aktuell in die Weiterentwicklung des entwickelten Vorgehens sowie des ProcessNavigators ein.

*Als Fazit der Evaluierung und des Anforderungsabgleiches lässt sich festhalten, dass die in dieser Arbeit entwickelten Ansätze eine flexible und situationsgerechte Planung von Produktentwicklungsprozessen ermöglichen. Sie bilden eine als sehr gut bewertete Grundlage für die Weiterentwicklung und Verbesserung der aktuell im ProcessNavigator umgesetzten Unterstützung, die bereits einen großen Anteil der Anforderungen, die an eine situationsgerechte Prozessplanung zu stellen sind, erfüllen. Der Nachweis der Anwendbarkeit der Ansätze in Industrieunternehmen konnte ebenfalls erbracht werden.*

## 7. Zusammenfassung und Ausblick

In diesem abschließenden Kapitel wird eine Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse dieser Arbeit gegeben. Darauf aufbauend werden im Ausblick Ansatzpunkte zu weiteren Forschungsarbeiten basierend auf den erzielten Ergebnissen vorgestellt.

### 7.1 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde ein Vorgehen zur situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen vorgestellt. Vor dem Hintergrund einer steigenden Komplexität der Entwicklungsprozesse aufgrund der immer komplexeren Produkte und der wachsenden Bedeutung einer Beherrschung dieser Prozesse zur Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen, wurde der Bedarf nach einer verbesserten Unterstützung der Prozessplanung abgeleitet. Ein besonderer Fokus des Ansatzes liegt auf der Berücksichtigung und Einbeziehung der Entwicklungssituation in die Prozessplanung. Aus der Darstellung der Ausgangssituation wurde für die Arbeit folgendes Ziel abgeleitet: Es ist ein methodisches Konzept zu entwickeln, das die anforderungs- und situationsspezifische Auswahl und Anpassung von Prozessen im Entwicklungsworkflow unterstützt und dieses Konzept ist prototypisch umzusetzen. Der Lösungsansatz soll Iterationen im Entwicklungsprozess reduzieren und eine flexible Reaktion auf Änderungen der Rahmenbedingungen ermöglichen. Dabei ist die Planung sowohl auf Projekt- als auch auf operativer Ebene zu unterstützen.

Zunächst wurden typische Entwicklungssituationen von vier unterschiedlichen Entwicklern dargestellt und anhand dieser Situationen der Bedarf nach einer situationsgerechten Unterstützung in der Planung und Durchführung der Entwicklungsprozesse abgeleitet. Diese Situationsbeschreibungen wurden in der Folge zur Ableitung des Forschungsbedarfes in der Praxis herangezogen.

Darauf aufbauend wurden bestehende Ansätze zur Unterstützung der Produktentwicklungsprozesse vorgestellt und deren Vor- und Nachteile in Bezug auf die identifizierte Problemstellung diskutiert. Weiterhin wurden aus der Darstellung der Herausforderungen in der Praxis sowie aus den bereits bestehenden Ansätzen zur Entwicklungsunterstützung Anforderungen an ein Vorgehen zur situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen abgeleitet. Diese dienten später zur Überprüfung der Zielerreichung des entwickelten Ansatzes.

Auf Basis dieser ausführlichen Anforderungsklä rung wurde eine Methodik zur flexiblen Anpassung von Produktentwicklungsprozessen erarbeitet. Neben den Anforderungen floss die Analyse realer Entwicklungsprozesse verschiedener Industrieunternehmen ein. Das darauf aufbauende Vorgehendmodell PMDD und das Prozessmodell entstanden in enger Zusammenarbeit mit industriellen Partnern, um eine hohe Praxisrelevanz und -tauglichkeit des entwickelten Ansatzes zu gewährleisten.

In Kapitel 5, der Darstellung des Vorgehens zur situationsspezifischen Planung von Produktentwicklungsprozessen, wurden zunächst die einzelnen Elemente des Ansatzes ausführlich vorgestellt. Dabei handelt es sich um

- Das FORFLOW-Prozessmodell
- Das Vorgehensmodell Product Model Driven Development
- Die Analyse der Entwicklungssituation
- Die Rollen der Prozessplanung und
- Die Ebenen der Prozessplanung

Diese Ansätze können entweder einzeln in Unternehmen eingesetzt oder miteinander im Vorgehen zur situationsspezifischen Prozessplanung verknüpft werden. Dies ist beispielsweise davon abhängig, welche Prozessmodelle und Unterstützungswerkzeuge im Unternehmen bereits zum Einsatz kommen. Die Umsetzung dieser Verknüpfung im Rahmenwerk zur situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung wurde im Anschluss dargestellt. Dazu wurden die Abhängigkeiten der einzelnen Elemente untereinander sowie ihr Zusammenwirken anhand von Beispielen dargestellt. Abschließend wurde die Umsetzung des Rahmenwerks zur situationsgerechten Entwicklungsprozessplanung in der Software ProcessNavigator beschrieben.

Zum Nachweis der Anforderungserfüllung und praktischen Anwendbarkeit des entwickelten Ansatzes wurde dieser evaluiert. Dies umfasste zum einen die Überprüfung der Anwendbarkeit des FORFLOW-Prozessmodells auf die Entwicklungsprozesse von Industrieunternehmen, zum anderen die Erarbeitung eines Tools zur Messung der Effekte, die durch den Einsatz des Vorgehens zur Prozessplanung erzielbar sind. Schließlich wurde das Vorgehen zur situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung in Form des ProcessNavigators ausführlich evaluiert.

Im Rahmen der Evaluation wurde der ProcessNavigator von den Bewertenden aus Industrie- und Hochschulumfeld sehr positiv eingeschätzt. In Bezug auf die Prozesstransparenz und als Entscheidungshilfe für die Vorgehensplanung fiel die Rückmeldung besonders positiv aus. Neben der positiven Gesamteinschätzung wurden in der Evaluation einige Ansatzpunkte zur weiteren Optimierung der entwickelten Ansätze identifiziert. Der Anforderungsabgleich hat gezeigt, dass ein großer Teil der gestellten Anforderungen von den erarbeiteten Methoden bereits erfüllt wird. An dieser Stelle konnten ebenfalls Optimierungspotenziale aufgezeigt werden.

Die Ergebnisse der Evaluation zeigen, dass es zwar noch einige Ansatzpunkte zur Verbesserung der Unterstützung für die Entwickler gibt, das in dieser Arbeit entwickelte Vorgehen zur situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung aber trotzdem das zu Beginn definierte Ziel erreicht. Die Prozesstransparenz für die auf Projektebene und die operativ arbeitenden Entwickler sowie eine flexible Entwicklungsprozessplanung konnten durch eine Verknüpfung von Prozessmodell, Vorgehensmodell und Situationsanalyse erfolgreich umgesetzt werden.

## 7.2 Ausblick

Wie in Kapitel 7.1 dargestellt, konnten die für diese Arbeit definierten Ziele erreicht werden. Trotzdem besteht Potential zur Optimierung des Vorgehens und weiterer identifizierter Bedarf für künftige Forschungsaktivitäten.

Ein wichtiger Punkt, der von dem in dieser Arbeit vorgestellten Ansatz noch nicht ausreichend unterstützt wird, ist die Ausweitung der Planungsunterstützung für Entwicklungsprozesse auf das Multiprojektmanagement. Die Planung einzelner Projekte kann durch die in dieser Arbeit erzielten Ergebnisse sehr gut unterstützt werden, allerdings sind die Planung und Abstimmung mehrerer Projekte bislang noch nicht berücksichtigt. An dieser Stelle ist weiterer Forschungs- und Optimierungsbedarf gegeben.

In Bezug auf die Wiederverwendung von Best Practices und Lessons Learned sind bei der Entwicklung des Vorgehens zur situationsgerechten Entwicklungsprozessplanung einige Punkte offen geblieben. An dieser Stelle besteht beispielsweise die Möglichkeit, den hier entwickelten Ansatz mit dem von LAUER entwickelten zu verbinden. Durch eine Einordnung der Prozessschritte in den mehrdimensionalen Vektorraum wie er von LAUER beschrieben wurde, kann eventuell auch hier über den euklidischen Abstand bestimmt werden, welche Prozessschritte in ähnlichen Situationen zum Einsatz kamen.

Die Analyse des Verhaltens der an Entwicklungsprozessen beteiligten Personen bietet weiteren Forschungsbedarf. Besonders Fragen wie die Erlebbarkeit der Prozesse für die Beteiligten oder auch eine geeignete Visualisierung der Prozesse zur Kommunikation sind dazu relevant. Weiterhin wurde das Verhalten der Beteiligten im Verlauf der Einführung neuer Prozesse bislang noch nicht detailliert analysiert. Das menschliche Verhalten in definierten Prozessen und dessen Auswirkung auf die Prozesse selbst, z. B. die Durchlaufzeiten oder Ergebnisqualität, stellt ebenfalls ein noch nicht vollständig geklärtes Forschungsfeld dar. Diese Aspekte sind besonders für die erfolgreiche Implementierung von Prozessen in Industrieunternehmen von hoher Bedeutung.

In Bezug auf Produktentwicklungsprozesse besteht weiterhin Forschungsbedarf zum Verständnis der Abläufe und Entscheidungsfindung während des Prozesses. Durch ein verbessertes Verständnis könnten künftig unterschiedliche Konzepte besser bewertet und Entwicklungsprozesse noch effektiver und effizienter gestaltet werden.

Das zur Evaluation entwickelte Tool zur Prozessanalyse mittels PDM-Daten zeigt erste vielversprechende Ergebnisse. Daher wird eine intensivere Nutzung von PDM-Daten zur Prozessanalyse als weiteres Forschungsfeld identifiziert. Eine Anbindung des ProcessNavigators an bereits in Unternehmen eingesetzte PDM-Systeme ist eine der nächsten geplanten Optimierungsmaßnahmen des ProcessNavigators. Es soll weiterhin in Zukunft möglich sein, direkt aus dem Prozessnavigator auf die Datenspeicher der im Unternehmen vorhandenen Systeme (PDM, CAD-Systeme) zuzugreifen, Daten auszulesen und dort zu bearbeiten. Die Ressourcenplanung soll künftig ebenfalls in verbesserter Form in den ProcessNavigator integriert werden.

Insgesamt ist eine verbesserte Integration der bestehenden IT-Werkzeuge in der Entwicklung ein weiteres Forschungsziel. Die bestehenden Tools sollten untereinander besser abgestimmt und somit deren Effizienz gesteigert werden. Dies ist besonders in Hinblick auf die

Verknüpfung der unterschiedlichen Funktionalitäten und konsistente Datenhaltung ein mögliches Forschungsfeld der Informatik. An dieser Stelle ist eine Kooperation mit Ingenieuren des Maschinenbaus und der Elektrotechnik anzuraten, um eine praxistaugliche Lösung sicher zu stellen.

Eine weitere Funktion, die im ProcessNavigator zu verbessern ist, ist das Monitoring des Fortschritts auf der Projektebene. Aus der Evaluation lässt sich ableiten, dass eine Software wie der ProcessNavigator zur besseren Dokumentation des Prozesses sowie des Produkts beitragen kann. Eine Einschätzung von Aufwand und Nutzen des Einsatzes des Navigators steht noch aus. Auch eine Überprüfung der Vorteile, die der ProcessNavigator hinsichtlich der Kontrolle des zunehmenden Informationsflusses in der Entwicklung bieten würde, da die Dokumente aufgrund der Architektur des Systems leicht abrufbar dokumentiert sind, ist noch nicht erfolgt. Aufbauend auf den Ergebnissen dieser Arbeit sind somit eine Reihe weiterer Forschungsaktivitäten möglich, um in Zukunft die Effizienz der Prozesse in der Produktentwicklung weiter zu verbessern.

## 8. Literatur

### ALBER-LAUKANT 2008

Alber-Laukant, B. M.: Struktur- und Prozesssimulation zur Bauteildimensionierung mit thermoplastischen Kunststoffen - Validierung von Werkstoffbeschreibungen für den technischen Einsatz. Aachen: Shaker 2008. ISBN: 978-3-8322-7525-9. (Fortschritte in Konstruktion und Produktion).

### ALBER et al. 2006

Alber, B.; Hackenschmidt, R.; Dolsak, B.; Rieg, F.: ICROS - The Selective Approach To High-Tech Polymer Product Design-Modelling and Experimental Verification. In: Marianovic, D. (Hrsg.): 9th International Design Conference, DESIGN 2006, Dubrovnik, Croatia, 15.-18.05.2006. Glasgow: The Design Society 2006, S. 417-424. ISBN: 953-6313-79-0.

### ALI 2008

Ali, N.: Entwicklung eines Konzeptes zur Verwendung eines Prozessbaukastens für Produktentwicklungsprozesse. Universität Erlangen-Nürnberg (2008).

### ALLWEYER 2007

Allweyer, T.: Geschäftsprozessmanagement - Strategie, Entwurf, Implementierung, Controlling. Herdecke: W3L-Verlag 2007. ISBN: 978-3-937137-11-7.

### BADKE-SCHAUB et al. 2004

Badke-Schaub, P.; Frankenberger, E.: Management Kritischer Situationen - Produktentwicklung erfolgreich gestalten. Berlin: Springer 2004. ISBN: 3-540-43175-6.

### BARWISE et al. 1991

Barwise, J.; Cooper, R.: Extended Kamp Notation: A Graphical Notation for Situation Theory. In: Aczel, P. et al. (Hrsg.): Proceedings of the Third International Conference on Situation Theory and its Applications, Oiso, Japan, Menlo Park: Center for the Study of Language and Information 1993, S. 29-54. ISBN: 1-88152-608-9.

### BAUER 2003

Bauer, S.: Design for X - Ansätze zur Definition und Strukturierung. In: Meerkamm, H. (Hrsg.): 14. Symposium Design for X, Neukirchen, Germany, 14.-15.10.2003. Erlangen: Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Konstruktionstechnik 2003, S. 1-8. ISBN: 3-9808539-1-8.

## BAUMBERGER 2008

Baumberger, C.: Methoden zur kundenspezifischen Produktdefinition bei individualisierten Produkten. München: Dr. Hut 2008.

## BECHLER 2005

Bechler, K. J.: DIN-Normen im Projektmanagement. Bonn: Beuth 2005.

## BECKER et al. 2005

Becker, J.; Kugler, M.; Rosemann, M. (Hrsg.): Prozessmanagement - ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung. Berlin: Springer 2005. ISBN: 3-540-23493-4.

## BECKER et al. 2003

Becker, J.; Luczak, H. (Hrsg.): Workflowmanagement in der Produktionsplanung und -steuerung - Qualität und Effizienz der Auftragsabwicklung steigern. Berlin: Springer 2003. ISBN: 3-540-00577-3.

## BENEKE 2003

Beneke, F.: Konzeptionelle Ansätze einer prozessorientierten Produktentwicklung. Aachen: Shaker 2003. ISBN: 3-8322-1380-5. (Berichte aus dem Maschinenbau).

## BETTINGER et al. 2001

Bettinger, P.; Boston, K.: A Conceptual Model for Describing Decision-Making Situations in Integrated Natural Resource Planning and Modeling Projects. Environmental management 28 (2001) 1, S. 1-8.

## BEUTER 2003

Beuter, T.: Workflow-Management für Produktentwicklungsprozesse. Osnabrück: Der Andere Verlag 2003. ISBN: 3-89959-037-6.

## BICHLMAIER 2000

Bichlmaier, C.: Methoden zur flexiblen Gestaltung von integrierten Entwicklungsprozessen. München: Utz 2000. ISBN: 3-89675-710-5. (Produktentwicklung, 39).

## BICHLMAIER et al. 1999

Bichlmaier, C.; Grundwald, S.; Lindemann, U.; Reinhart, G.: PMM - Process Module Methodology for Integrated Design and Assembly Planning. In: (Hrsg.): ASME Design Engineering Technical Conferences, DETC, 4th Design for Manufacturing Conference, Las Vegas, Nevada, USA, 12.-15.09.1999. ASME ISBN: 0-7918-1974-4.

## BIRKHOFER et al. 2005

Birkhofer, H.; Jänsch, J.; Kloberdanz, H.: An Extensive and Detailed View of the Application of Design Methods and Methodology in Industry. In: Samuel, A. et al. (Hrsg.): 15th International Conference on Engineering Design, ICED'05, Melbourne, Australia, 15.-18.08.2005. Barton ACT: Engineers Australia 2005, S. Paper No. 188.49. ISBN: 1-904670-00-8

## BLESSING 1994

Blessing, L. T. M.: A Process-Based Approach to Computer-Supported Engineering Design. Cambridge: Black Bear Press 1994. ISBN: 0-9523504-0-8.

## BLESSING et al. 1997

Blessing, L. T. M.; Chakrabarti, A.; Wallace, K. M.: An overview of descriptive studies in relation to a general design research methodology. In: Frankenberger, E. B.-S., P.; Birkhofer, H. (eds.) (Hrsg.): Designers – the key to successful product development. London: Springer 1997, S. 42-55.

## BLESSING et al. 2007

Blessing, L. T. M.; Lindemann, U.; Meissner, M.: Gestaltung von Entwicklungsprozessen. In: Krause, F.-L. et al. (Hrsg.): Innovationspotenziale in der Produktentwicklung. München: Hanser 2007, S. 89-95. ISBN: 978-3-446-40667-4.

## BOULDING 1956

Boulding, K. E.: General Systems Theory – The Skeleton of Science. Management Science Vol. 2 (1956) No. 3, S. 197-208.

## BRIX et al. 2003

Brix, T.; Döring, U.; Reebing, M.: Multi-Stage Modeling in Early Phases of Design. In: Folkesson, A. et al. (Hrsg.): 14th International Conference on Engineering Design, ICED'03, Stockholm, Sweden, 19.-21.08.2003. Glasgow: The Design Society 2003, S. 439-446. ISBN: 1-904670-00-8.

## BROCKHAUS 1997

Brockhaus, F. A.: Brockhaus Die Enzyklopädie Band 12. Leipzig, Mannheim: Brockhaus 1997. ISBN: 3-7653-3112-0.

## BROCKHAUS 1998

Brockhaus, F. A.: Brockhaus Die Enzyklopädie Band 20. Leipzig, Mannheim: Brockhaus 1998. ISBN: 3-7653-3120-1.

## BROWNING 2001

Browning, T. R.: Applying the Design Structure Matrix to System Decomposition and Integration Problems: A Review and New Directions. IEEE Transactions on Engineering Management 48 (2001) 3, S. 292-306.

## BROWNING et al. 2006

Browning, T. R.; Fricke, E.; Negele, H.: Key Concepts in Modeling Product Development Processes. Systems Engineering 9 (2006) 2, S. 104-128.

## BÜRCEL et al. 1996

Bürgel, H.-D.; Haller, C.; Binder, M.: F&E Management. München: Vahlen 1996. ISBN: 3-8006-1985-7.

## BURGHARD 2007

Burghard, C.: Strukturierung des Produktentwicklungsprozesses - prozessorientiertes Qualitätsmanagement und Prozessdokumentation. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller 2007. ISBN: 978-3-8364-4936-6.

## BURGHARDT 2008

Burghardt, M.: Projektmanagement. Erlangen: Publicis 2008.

## CHRISTIANSEN 2009

Christiansen, S.-K.: Methode zur Klassifikation und Entwicklung reifegradbasierter Leistungsbewertungs- und Leistungssteigerungsmodelle. Paderborn: Heinz Nixdorf Institut 2009. ISBN: 978-3-939350-83-5.

## CROSS 1995

Cross, N.: Editorial. Design Studies 16 1 (1995) S. S. 2-3.

## DAVENPORT 1993

Davenport, T. H.: Process Innovation - Reengineering Work through Information Technology. Boston: Harvard Business School Press 1993. ISBN: 0-87584-366-2.

## DELVIN 1991

Delvin, K. J.: Situations as Mathematical Abstractions. In: Barwise, J. et al. (Hrsg.): Proceedings of the Second Conference on Situation Theory and its Applications, Loch Rannoch, Scotland, 09.1990. Stanford: Center for the Study of Language and Information 1991, S. 25-40. ISBN: 0-937073-71-7.

## DEMERS 2000

Demers, M. T.: Methoden zur dynamischen Planung und Steuerung von Produktentwicklungsprozessen. München: Dr. Hut 2000. ISBN: 3-934767-14-1.

## DEUBEL et al. 2005

Deubel, T.; Steinbach, M.; Weber, C.: Requirement- and Cost-Driven Product Development Process. In: Samuel, A. et al. (Hrsg.): 15th International Conference on Engineering Design, ICED'05, Melbourne, Australia, 15.-18.08.2005. Barton ACT: Engineers Australia 2005, ISBN: 0-85825-788-2.

## DEY 2001

Dey, A.: Understanding and Using Context. Personal and Ubiquitous Computing archive Volume 5 (2001) Issue 1, S. 4-7.

## DIETZE et al. 2008

Dietze, S.; Gugliotta, A.; Domingue, J.: Towards Context-aware Semantic Web Service Discovery through Conceptual Situation Spaces. In: (Hrsg.): CSSSIA 2008, Beijing, China, April 22. ISBN: 978-1-60558-107-1/08/04.

## DÖRNER 1994

Dörner, D.: Gedächtnis und Konstruieren. In: Pahl, G. (Hrsg.): Psychologische und pädagogische Fragen beim methodischen Konstruieren. Ergebnisse des Ladenburger Diskurses von Mai 1992 bis Oktober 1993. Köln: TÜV Rheinland 1994, S. 150-160.

## Duden - Fremdwörterbuch 2005

Duden - Fremdwörterbuch. Mannheim: Dudenverlag 2005. ISBN: 3-411-04058-0.

## DYLA 2002

Dyla, A.: Modell einer durchgängig rechnerbasierten Produktentwicklung. München: FZG 2002. ISBN: 3-00-009684-1.

## DYLLA 1991

Dylla, N.: Denk- und Handlungsabläufe beim Konstruieren. München: Hanser 1991. ISBN: 3-446-16327-1. (Konstruktionstechnik München).

## ECKERT et al. 2003

Eckert, C. M.; Clarkson, P. J.: The Reality of Design Process Planning. In: Folkesson, A. et al. (Hrsg.): 14th International Conference on Engineering Design, ICED'03, Stockholm, Sweden, 19.-21.08.2003. Glasgow: The Design Society 2003, S. Paper No. 1084. ISBN: 1-904670-00-8.

## ECKSTEIN et al. 2008

Eckstein, R.; Henrich, A.: An Integrated Context Model for the Product Development Domain and its Implications on Design Reuse. In: Marjanovic, D. et al. (Hrsg.): 10th International Design Conference, DESIGN 2008, Dubrovnik, Croatia, 19.-22-05.2008. Glasgow: The Design Society 2008, S. 761-768. ISBN: 978-953-6313-89-1.

## ECKSTEIN et al. 2009

Eckstein, R.; Henrich, A.; Weber, N.: Das LFRP-Framework zur Beherrschung komplexer Suchsituationen. In: Mandl, T. et al. (Hrsg.): Workshop Information Retrieval, WIR 2009, Lernen Wissen Adaptivität, LWA 2009 Darmstadt, Germany, 21.-23.09.2009. Bonn: Gesellschaft für Informatik, GI 2009, S. 84-91.

## EGGERSMANN et al. 2003

Eggersmann, M.; Bayer, B.; Jarke, M.; Marquardt, W.; Schneider, R.: Prozess- und Produktmodelle für die Verfahrenstechnik. In: Nagl, M. et al. (Hrsg.): Modelle, Werkzeuge und Infrastrukturen zur Unterstützung von Entwicklungsprozessen. Weinheim: Wiley-VCH 2003, S. 93-106. ISBN: 978-3527277698.

## EHRENSPIEL 2009

Ehrlenspiel, K.: Integrierte Produktentwicklung - Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit. 4 Aufl. München: Hanser 2009. ISBN: 978-3-446-42013-7.

## ENDSLEY 1995

Endsley, M.: Toward a theory of situation awareness in dynamic systems von Endsley. Human Factors 37 (1995) 1, S. 32-64.

## FAERBER 2010

Faerber, M.: Prozessorientiertes Qualitätsmanagement Ein Konzept zur Implementierung. Wiesbaden: Gabler Verlag 2010. ISBN: 978-3-8349-2531-2.

## FAERBER et al. 2008

Faerber, M.; Jochaud, F.; Stöber, C.; Jablonski, S.; Meerkamm, H.: Knowledge Oriented Process Management for DfX. In: Marjanovic, D. et al. (Hrsg.): 10th International Design Conference, DESIGN 2008, Dubrovnik, Croatia, 19.-22-05.2008. Glasgow: The Design Society 2008, S. 777-784. ISBN: 978-953-6313-89-1.

## FAHRWINKEL 1995

Fahrwinkel, U.: Methode zur Modellierung und Analyse von Geschäftsprozessen zur Unterstützung des Business Process Reengineering. Paderborn: HNI 1995. ISBN: 3931466000.

## FELDHUSEN et al. 2008

Feldhusen, J.; Gebhardt, B. N. B.: Product Lifecycle Management für die Praxis - Ein Leitfaden zur modularen Einführung, Umsetzung und Anwendung. Berlin: Springer 2008. ISBN: 978-3-540-34008-9.

## FELDMAYER et al. 2005

Feldmayer, J.; Seidenschwarz, W.: Marktorientiertes Prozessmanagement - Wie Process Mass Customization Kundenorientierung und Prozessstandardisierung Integriert. München: Vahlen 2005. ISBN: 3-8006-3235-7.

## FIGGE 2004

Figge, S.: Situation-dependent services - a challenge for mobile network operators. Journal of Business Research 57 (2004) S. 1416-1422.

## FRANKENBERGER 1997

Frankenberger, E.: Arbeitsteilige Produktentwicklung - empirische Untersuchung und Empfehlungen zur Gruppenarbeit in der Konstruktion. Düsseldorf: VDI-Verlag 1997. ISBN: 3-18-329101-0. (Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 1, Konstruktionstechnik/Maschinenelemente, Nr. 291).

## FREISLEBEN 2001

Freisleben, D.: Gestaltung und Optimierung von Produktentwicklungsprozessen mit einem wissensbasierten Vorgehensmodell. Magdeburg: Universität Magdeburg 2001. ISBN: 3-9807688-1-3. (Integrierte Produktentwicklung, 2).

## GADATSCH 2010

Gadatsch, A.: Grundkurs Geschäftsprozess-Management - Methoden und Werkzeuge für die IT-Praxis: eine Einführung für Studenten und Praktiker. Wiesbaden: Vieweg + Teubner 2010. ISBN: 978-3-8348-0762-5.

## GAITANIDES 2007

Gaitanides, M.: Prozessorganisation - Entwicklung, Ansätze und Programme des Managements von Geschäftsprozessen. 2 Aufl. München: Vahlen 2007. ISBN: 978-3-8006-2372-3.

## GAITANIDES et al. 1994

Gaitanides, M.; Scholz, R.; Vrohllings, A.; Raster, M.: Prozeßmanagement - Konzepte, Umsetzungen und Erfahrungen des Reengineering. München: Hanser 1994. ISBN: 3-446-17715-9.

## GAUSEMEIER et al. 2008a

Gausemeier, J.; Frank, U.; Donoth, J.; Kahl, S.: Spezifikationstechnik zur Beschreibung der Prinziplösung selbstoptimierender Systeme des Maschinenbaus (Teil 1). Konstruktion 60 (2008a) 7/8, S. 59-66.

## GAUSEMEIER et al. 2008b

Gausemeier, J.; Frank, U.; Donoth, J.; Kahl, S.: Spezifikationstechnik zur Beschreibung der Prinziplösung selbstoptimierender Systeme des Maschinenbaus (Teil 2). Konstruktion 60 (2008b) 9, S. 91-99.

## GAUSEMEIER et al. 2006

Gausemeier, J.; Hahn, A.; Kespol, H. D.; Seifert, L.: Vernetzte Produktentwicklung - Der erfolgreiche Weg zum Global Engineering Networking. München: Hanser 2006. ISBN: 3-446-22725-3.

## GAUSEMEIER et al. 2004

Gausemeier, J.; Lindemann, U.; Schuh, G. (Hrsg.): Planung der Produkte und Fertigungssysteme für die Märkte von morgen - Ein praktischer Leitfaden für mittelständische Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus. Frankfurt: VDMA 2004. ISBN: 3-8163-0492-3.

## GAUSEMEIER et al. 2009

Gausemeier, J.; Plass, C.; Wenzelmann, C.: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung. München: Carl Hanser Verlag 2009. ISBN: 978-3-446-41055-8.

## GERO 1998

Gero, J.: Towards a Model of Designing Which Includes its Situatedness, Proceedings of the Workshop Universal Design Theory. Karlsruhe, May 1998.

## GREBICI et al. 2008

Grebici, K.; Goh, Y. M.; McMahon, C.: Uncertainty and Risk Reduction in Engineering Design Embodiment Process. In: D., M. et al. (Hrsg.): 10th International Design Conference, DESIGN 2008, Dubrovnik, Croatia, 19.-22-05.2008. Glasgow: The Design Society 2008, S. 143-156. ISBN: 978-953-6313-89-1.

## GREENHILL et al. 2002

Greenhill, S.; Venkatesh, S.; Pearce, A.; Ly, T. C.: Situation Description Language. (2002)

## GRÖSSER 1992

Grösser, H.: Systematische rechnerunterstützte Ermittlung von Produktanforderungen. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt 1992.

## GRUNWALD 2002

Grunwald, S.: Methode zur Anwendung der flexiblen integrierten Produktentwicklung und Montageplanung. München: Utz 2002. ISBN: 978-3831600953.

HALES et al. 2004

Hales, C.; Gooch, S.: *Managing Engineering Design*. 2. Aufl. Berlin: Springer 2004. ISBN: 1-85233-803-2.

HAMMER et al. 1993

Hammer, M.; Champy, J.: *Reengineering the Corporation - A Manifesto for Business Revolution*. New York, NY: Harper Business 1993. ISBN: 0-88730-640-3.

Handbuch iPM Integrated Process Manager 2005

Handbuch iPM Integrated Process Manager: <<http://www.prodato.de>> -

HARRINGTON 1991

Harrington, H. J.: *Business Process Improvement - The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity and Competitiveness*. New York: McGraw-Hill 1991. ISBN: 0-07-026768-5.

HARTIGAN 1975

Hartigan, J. A.: *Clustering Algorithms*. New York: John Wiley & Sons 1975.

HARTMANN 1996

Hartmann, D.: *Modell zur qualitätsgerechten Konstruktion*. Düsseldorf: VDI-Verlag 1996. ISBN: 3-18-326001-8. (Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 1, Konstruktionstechnik/Maschinenelemente, 260).

HEMMERT 1985

Hemmert, U.: *Entwicklung ablauforganisatorischer Sollkonzepte - Methodologische Betrachtung unter besonderer Berücksichtigung von Reorganisationen im Bürobereich*. Dissertation, Technische Hochschule Aachen, Aachen (1985).

HIGHSMITH 2010

Highsmith, J.: *Agile Project Management - Creating Innovative Products*. Upper Saddle River, N: Addison Wesley 2010. ISBN: 978-0-321-65839-5.

HILL 1994

Hill, W. F., R.; Ulrich, P.: *Organisationslehre* 1. 5. Auflage Aufl. Bern: Haupt 1994.

HOFER 2007

Hofer, A.: *Prozessorientiertes Kooperationsmanagement*. Berlin: Logos Verlag 2007. ISBN: 978-3-8325-1576-8.

HÖHN et al. 2008

Höhn, R.; Höppner, S. (Hrsg.): Das V-Modell XT - Grundlagen, Methodik und Anwendungen. Berlin: Springer 2008. ISBN: 978-3-540-30249-0.

HORVÁTH et al. 2005

Horváth; Partners (Hrsg.): Prozessmanagement umsetzen - Durch nachhaltige Prozessperformance Umsatz steigern und Kosten senken. Stuttgart: Schäffer-Poesche 2005. ISBN: 3-7910-2377-2.

HUBKA 1996

Hubka, V.: Aufgabe DfX. In: Meerkamm, H. (Hrsg.): 7. Symposium Fertigungsgerechtes Konstruieren, Schnaittach, 17.-18.10.1996. Erlangen: Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Konstruktionstechnik 1997, ISBN: 3-00-001386-5.

HUBKA et al. 1996

Hubka, V.; Eder, W. E.: Design Science. Berlin: Springer 1996.

HUPE 2009

Hupe, P.: Informationsintensive Prozesse über heterogenen Arbeitsumgebungen - Assetbasiertes Modell und Systemarchitektur. Berlin: Logos 2009. ISBN: 978-3-8325-2195-0.

ISO/IEC 2004

ISO/IEC: 9126 International Standard. 2004.

JABLONSKI et al. 1996

Jablonski, S.; Bussler, C.: Workflow Management - Modeling Concepts, Architecture and Implementation. London: International Thomson Computer Press 1996. ISBN: 978-1850322221.

JABLONSKI et al. 2008

Jablonski, S.; Faerber, M.; Jochaud, F.; Götz, M.; Iglar, M.: Enabling Flexible Execution of Business Processes In: Meersmann, R. et al. (Hrsg.): OTM 2008 Workshops, OTM Confederated International Workshops and Posters, ADI, AWeSoMe, COMBEK, EI2N, IWSSA, MONET, OnToContent + QSI, ORM, PerSys, RDDS, SEMELS, and SWWS 2008, Monterrey, Mexico, 09.-14.11.2008. Berlin: Springer 2008, S. 10-11. ISBN: 978-3-540-88874-1.

JÄGER 2003

Jäger, D.: Unterstützung übergreifender Kooperation in komplexen Entwicklungsprozessen. Aachen: Verlagshaus Mainz 2003. ISBN: 3-86073-763-5. (Aachener Beiträge zur Informatik, 34).

## JAHN 2002

Jahn, F.: Die Konstruktionslandkarte – Ein Hilfsmittel des Wissensmanagements. In: Hacker, W. (Hrsg.): Denken in der Produktentwicklung. Zürich: vdf 2002, S. 105-110. ISBN: 978-3728128461.

## JOCHAUD 2009

Jochaud, F.: Configuration of a process-oriented knowledge-base for product development. In: Meerkamm, H. et al. (Hrsg.): Flexible Unterstützung in der Produktentwicklung: Prozesse - Daten - Navigation. Aachen: Shaker 2009, S. 240-256.

## KAPLAN et al. 1996

Kaplan, R. S.; Norton, D. P.: Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System. Harvard Business Review 74 (1996) 1, S. 75-85.

## KRCMAR et al. 2004

Krcmar, H.; Böhm, T.: Piloting Socio-technical innovations. In: Andersen, K. V. et al. (Hrsg.): Past and Future of Information Systems. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann 2004, ISBN: 978-0-7506-6141-6.

## KREHMER et al. 2009

Krehmer, H.; Eckstein, R.; Lauer, W.; Roelofsen, J.; Stöber, C.; Troll, A.; Weber, N.; Zapf, J.: Coping with Multidisciplinary Product Development - a Process Model Approach. In: Norell Bergendahl, M. et al. (Hrsg.): 17th International Conference on Engineering Design, ICED'09, Stanford, CA, 24.-27.08.2009. Glasgow: Design Society 2009, S. 241-252. ISBN: 9-781904-670056.

## KREHMER et al. 2010

Krehmer, H.; Eckstein, R.; Lauer, W.; Roelofsen, J.; Stöber, C.; Troll, A.; Zapf, J.; Weber, N.; Meerkamm, H.; Henrich, A.: Das FORFLOW-Prozessmodell zur Unterstützung der multidisziplinären Produktentwicklung. Konstruktion (2010) 10, S. 59-68.

## KREHMER et al. 2008

Krehmer, H.; Stöber, C.; Meerkamm, H.: Approach on the Control of Iterations in the Multidisciplinary Development of Technical Systems. In: D., M. et al. (Hrsg.): 10th International Design Conference, DESIGN 2008, Dubrovnik, Croatia, 19.-22-05.2008. Glasgow: The Design Society 2008, S. 1303-1310. ISBN: 978-953-6313-89-1.

## KUSTER et al. 2008

Kuster, J.; Huber, E.; Lippmann, R.; Schmid, A.; Schneider, E.; Witschi, U.; Wüst, R.: Handbuch Projektmanagement. Berlin Heidelberg: Springer 2008. ISBN: 978-3540764311.

KYURA et al. 1996

Kyura, N.; Oho, H.: Mechatronics – an industrial perspective. . IEEE/ASME Transactions on Mechatronics 1 (1996) 1, S. 10-15.

LAUER 2009

Lauer, W.: Gezielte Integration von Produktmodellen in den Entwicklungsprozess. In: Meerkamm, H. et al. (Hrsg.): Flexible Unterstützung in der Produktentwicklung: Prozesse - Daten - Navigation. Aachen: Shaker 2009, S. 63-80.

LAUER 2010

Lauer, W.: Integrative Dokumenten- und Prozessbeschreibung in dynamischen Produktentwicklungsprozessen. München: Dr. Hut 2010.

LAUER et al. 2008

Lauer, W.; Faerber, M.; Roelofsen, J.; Jochaud, F.; Jablonski, S.; Lindemann, U.: Process Management System for the Integration of Situation Dependent Process Planning. In: (Hrsg.): 2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEM 2008 Singapore, 08.-11.12.2008. Piscataway, NJ: IEEE 2008, S. 1788-1792. ISBN: 978-1-4244-2629-4.

LAUER et al. 2009

Lauer, W.; Lindemann, U.: Dynamic Linking and Retrieval of Product Models to Product Development Processes. In: Norell Bergendahl, M. et al. (Hrsg.): 17th International Conference on Engineering Design, ICED'09, Stanford, CA, USA, 24.-27.08.2009. Glasgow: The Design Society 2009, S. 31-42. ISBN: 9-781904-670124.

LEWANDOWSKI 2000

Lewandowski, A.: Methode zur Gestaltung von Leistungserstellungsprozessen in Industrieunternehmen. Paderborn: HNI 2000. ISBN: 3-931466-67-1. (HNI-Verlagsschriftenreihe, 68).

LINCKE 1995

Lincke, W.: Simultaneous Engineering. Neue Wege zu überlegenen Produkten. . München: Carl Hanser Verlag 1995. ISBN: 3-446-18009-5.

LINDEMANN 1999

Lindemann, U.: A Model of Design Processes of Individual Designers, Proceedings of the ICED 1999. München, 24.-26.08. 1999.

LINDEMANN 2007

Lindemann, U.: Methodische Entwicklung technischer Produkte - Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. 3 Aufl. Berlin: Springer 2007. ISBN: 978-3-642-01422-2. (VDI-Buch).

## LINDEMANN 2009

Lindemann, U.: Methodische Entwicklung technischer Produkte - Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. 3. Aufl. Berlin: Springer 2009. ISBN: 978-3-642-01422-2. (VDI-Buch).

## LÜTKE ENTRUP 2009

Lütke Entrup, C.: Ein Referenzmodell zur Unterstützung wissensintensiver Prozesse im Produktlebenszyklus durch Analyse von Produkt- und Prozessdaten - ein Beitrag zum prozessorientierten Wissensmanagement. Berlin: wvb 2009. ISBN: 978-3-86573-465-5.

## MAFFIN 1998

Maffin, D.: Engineering Design Models - Context, Theory and Practice. *Journal of Engineering Design* 9 (1998) 4, S. 315-327.

## MARCA et al. 1988

Marca, D. A.; McGowan, C. L.: SADT - Structured Analysis and Design Technique. New York: McGraw-Hill 1988. ISBN: 0-07-040235-3.

## MAURER 2007

Maurer, M.: Structural Awareness in Complex Product Design. München: Dr. Hut 2007. ISBN: 978-3-89963-632-1.

## MEERKAMM et al. 2009

Meerkamm, H.; Henrich, A.; Jablonski, S.; Krcmar, H.; Lindemann, U.; Rieg, F. (Hrsg.): Flexible Prozessunterstützung in der Produktentwicklung: Prozesse - Daten - Navigation. Aachen: Shaker 2009. ISBN: 978-3-8322-8640-8.

## MEIBNER et al. 2006

Meißner, M.; Blessing, L. T. M.: Defining an Adaptive Product Development Methodology. In: Marianovic, D. (Hrsg.): 9th International Design Conference, DESIGN 2006, Dubrovnik, Croatia, 15.-18.05.2006. Glasgow: The Design Society 2006, S. 69-78. ISBN: 953-6313-79-0.

## MEIBNER et al. 2005

Meißner, M.; Gericke, K.; Gries, B.; Blessing, L. T. M.: Eine adaptive Produktentwicklungsmethodik als Beitrag zur Prozessgestaltung in der Produktentwicklung. In: Meerkamm, H. (Hrsg.): 16. Symposium Design for X, Neukirchen, Germany, 13.-14.10.2005. Erlangen: Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Konstruktionstechnik 2005, S. 67-76. ISBN: 3-9808539-3-4.

## MÜLLER 1991

Müller, R.: Datenbankgestützte Teilverwaltung und Wiederholteilsuche. München: Hanser 1991. ISBN: 978-3446163850.

## NAKASHIMA 1990

Nakashima, H. T., S.: Inferring in a Situation about Situations. In: Barwise, J. et al. (Hrsg.): Proceedings of the Second Conference on Situation Theory and its Applications, Loch Rannoch, Scotland, 09.1990. Stanford: Center for the Study of Language and Information 1991, S. 215-228. ISBN: 0-937073-71-7.

## NEGELE 2006

Negele, H.: Systemtechnische Methodik zur ganzheitlichen Modellierung am Beispiel der integrierten Produktentwicklung. 2. Aufl. München: Utz 2006. ISBN: 3-8316-0384-7. (Systems Engineering).

## PAETZOLD 2004

Paetzold, K.: Workflow-Systeme im Produktentwicklungsprozess. In: Meerkamm, H. (Hrsg.): 15. Symposium Design for X, Neukirchen, Germany, 14.-15.10.2004. Erlangen: Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Konstruktionstechnik 2004, S. 55-64. ISBN: 3-9808539-2-6.

## PAETZOLD 2006

Paetzold, K.: On the Importance of a Functional Description for the Development of Cognitive Technical Systems. In: Marianovic, D. (Hrsg.): 9th International Design Conference, DESIGN 2006, Dubrovnik, Croatia, 15.-18.05.2006. Glasgow: The Design Society 2006, S. 967-974. ISBN: 953-6313-79-0.

## PAHL et al. 2007

Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K.-H.: Konstruktionslehre. 7. Aufl. Berlin: Springer 2007. ISBN: 978-3-540-34060-7.

## PESIC et al. 2006

Pesic, M.; van der Aalst, W. M. P.: A Declarative Approach for Flexible Business Processes Management. In: Eder, J. et al. (Hrsg.): Business Process Management Workshops, BPM 2006, 1st Workshop on Dynamic Process Management, DPM 2006, Vienna, Austria, 04.-07.09.2006. Berlin: Springer 2006, S. 169-180. ISBN: 978-3-540-38444-1.

## PFEIFER-SILBERBACH 2005

Pfeifer-Silberbach, U.: Ein Beitrag zum Monitoring des Reifegrades in der Entwicklung eines Produktes. Aachen: Shaker 2005. ISBN: 3-8322-3848-4. (Forschungsberichte aus dem Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion, 19).

PLATZ et al. 1986

Platz, J.; Schmelzer, H. J.: Projektmanagement in der industriellen Forschung und Entwicklung - Einführung anhand von Beispielen aus der Informationstechnik. Berlin: Springer 1986. ISBN: 3-540-17108-8.

PONN 2007

Ponn, J.: Situative Unterstützung der methodischen Konzeptentwicklung technischer Produkte. München: Dr. Hut 2007. ISBN: 978-3-89963-654-3.

PRINZLER 2004

Prinzler, H.: Prozessmodellierung und Projektverfolgung im Musterbau. CAD-CAM Report 23 (2004) 11, S. 62-65.

DIN 69901-1 [2009]

Projektmanagement; Projektmanagementsysteme; Grundlagen (DIN 69901-1 ). Deutsches Institut für Normung: [2009]

DIN EN ISO 9000: 2005

Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe (DIN EN ISO 9000). DIN EN ISO 9000: : 2005

QUINT 2004

Quint, W.: Modellierung und Management von Workflows. Aachen: Shaker 2004. ISBN: 3-8322-2797-0.

REBOLLEDO 2005

Rebolledo, M.: Situation-Based Process Monitoring in Complex Systems Considering Vagueness and Uncertainty Aachen: Shaker 2005. ISBN: 3-8322-3518-3. (IAS-Forschungsberichte).

REDENIUS 2006

Redenius, A.: Verfahren zur Planung von Entwicklungsprozessen für fortgeschrittene mechatronische Systeme. Paderborn: HNI 2006. ISBN: 3-939350-13-3.

REDENIUS et al. 2004

Redenius, A.; Steffen, D.: Ein Instrumentarium zur Planung von Produktentwicklungsprozessen. In: Meerkamm, H. (Hrsg.): 15. Symposium Design for X, Neukirchen, Germany, 14.-15.10.2004. Erlangen: Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Konstruktionstechnik 2004, S. 105-112. ISBN: 3-9808539-2-6.

## REYMEN 2001

Reymen, I. M. M. J.: Improving Design Processes through Structured Reflection: A Domain-independent Approach. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven 2001.

## ROELOFSEN 2009

Roelofsen, J.: Situationspezifische Prozessplanung und -konfiguration. In: Meerkamm, H. et al. (Hrsg.): Flexible Unterstützung in der Produktentwicklung: Prozesse - Daten - Navigation. Aachen: Shaker 2009, S. 45-62.

## ROELOFSEN et al. 2007a

Roelofsen, J.; Baumberger, C.; Lindemann, U.: An Approach Towards Situation Specific Planning of Design Processes. In: Bocquet, J.-C. (Hrsg.): 16th International Conference on Engineering Design, ICED'07, Paris, France, 28.-31.08.2007. Glasgow: The Design Society 2007, S. Paper 311. ISBN: 1-904670-02-4.

## ROELOFSEN et al. 2008a

Roelofsen, J.; Fuchs, S. D.; Fuchs, D. K.; Lindemann, U.: Enabling an Internal Process Benchmark Using the Analysis of PDM-Data. In: (Hrsg.): 9th Biennial ASME Conference on Engineering Systems Design and Analysis, ESDA 2008, Haifa, Israel, 07.-09.07.2008. New York, NY: ASME 2008, S. 243-250, Paper 59459. ISBN: 978-0-7918-4837-1.

## ROELOFSEN et al. 2009

Roelofsen, J.; Fuchs, S. D.; Fuchs, D. K.; Lindemann, U.: Implementing an Internal Development Process Benchmark Using PDM-Data. In: Roy, R. et al. (Hrsg.): 19th CIRP Design Conference – Competitive Design, Cranfield, England, UK, 30.-31.03.2009. Cranfield: Cranfield University Press 2009, S. 163-169. ISBN: 978-0-9557436-4-1.

## ROELOFSEN et al. 2008b

Roelofsen, J.; Krehmer, H.; Lindemann, U.; Meerkamm, H.: Using the Design-Structure-Matrix for the Avoidance of Unnecessary Iterations. In: Kreimeyer, M. et al. (Hrsg.): 10th International DSM Conference, Stockholm, Sweden, 11.-12.11.2008. Munich: Hanser 2008, S. 209-218. ISBN: 978-3-446-41825-7.

## ROELOFSEN et al. 2007b

Roelofsen, J.; Lauer, W.; U., L.: Product Model Driven Development. In: Van Velden, D. (Hrsg.): 14th European Concurrent Engineering Conference, ECEC 2007, Delft, the Netherlands, 25.-27.04.2007. Ghent: EUROSIS-ETI 2007, S. 20-26. ISBN: 978-90-77381-33-5.

## ROELOFSEN et al. 2010a

Roelofsen, J.; Lindemann, U.: An Approach Towards Planning Development Processes According to the Design Situation. In: Heisig, P. C., P. J.; Vajna, S. (Hrsg.): Modelling and Management of Engineering Processes. London: Springer 2010a, S. 41-52. ISBN: 978-1-84996-198-1.

## ROELOFSEN et al. 2010b

Roelofsen, J.; Lindemann, U.: A framework for situation specific planning of product development processes, 11th International Design Conference DESIGN 2010. Dubrovnik - Croatia, 17.-20.05.2010 2010b.

## ROOZENBURG et al. 1995

Roozenburg, N. F. M.; Eekels, J.: Product design: fundamentals and methods. Chichester: John Wiley & Sons 1995.

## ROPOHL 2009

Ropohl, G.: Allgemeine Technologie - eine Systemtheorie der Technik. 3 Aufl. Karlsruhe: Universitätsverlag 2009. ISBN: 978-3-86644-374-7.

## ROSEMANN 1995

Rosemann, M.: Komplexitätsmanagement in Prozessmodellen. Wiesbaden: Gabler 1995. ISBN: 978-3409121729.

## RUDE 1998

Rude, S.: Wissensbasiertes Konstruieren. Aachen: Shaker 1998. ISBN: 3-8265-3985-0. (Berichte aus dem Maschinenbau).

## SALEIN 1999

Salein, M.: Methodik zum situationsspezifischen Planen marktgerechter Produkte. Düsseldorf: VDI Verlag 1999. (Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 1, Nr. 316).

## SAUCIER et al. 2007

Saucier, G.; Bel-Bahar, T.; Fernandez, C.: What Modifies the Expression of Personality Tendencies? Defining Basic Domains of Situation Variables. Journal of Personality 75 (2007) 3, S. 479-503.

## SCHEER 1992

Scheer, A.-W.: Architektur integrierter Informationssysteme - Grundlagen der Unternehmensmodellierung. 2 Aufl. Berlin: Springer 1992. ISBN: 3-540-55401-7.

## SCHEER 1994

Scheer, A.-W. (Hrsg.): Prozeßorientierte Unternehmensmodellierung - Grundlagen - Werkzeuge - Anwendungen. Wiesbaden: Gabler 1994. ISBN: 3-409-17925-9. (Schriften zur Unternehmensführung, 53).

## SCHMELZER et al. 2010

Schmelzer, H.; Sesselmann, W.: Geschäftsprozessmanagement in der Praxis - Kunden zufrieden stellen - Produktivität steigern - Wert erhöhen. 7 Aufl. München: Hanser 2010. ISBN: 978-3-446-42185-1.

## SCHMIDT 2002

Schmidt, Y.: Verbesserungsprozeßmanagement - Entwicklung eines Werkzeuges für die koordinierte Verbesserung von Geschäftsprozessen. Lohmar: Eul 2002. ISBN: 3-89012-975-7.

## SCHMITT 2001

Schmitt, R.: Unternehmensübergreifender Engineering Workflow - verteilte Produktentwicklung auf der Grundlage eines parameterbasierten Daten- und Prozeßmanagements. Clausthal-Zellerfeld: Papierflieger 2001. ISBN: 3-89720-495-9.

## SCHMITZER 2001

Schmitzer, B.: Beiträge zur Verwendung der Framework-Technologie bei der Entwicklung und Einführung von Systemen der betrieblichen Informationsverarbeitung. Berlin: dissertation.de 2001.

## SCHRODA 2000

Schroda, F.: Über das Ende wird am Anfang entschieden. Berlin: Technische Universität 2000.

## SCHULZ 2003

Schulz, A. P.: Systemtechnische Gestaltung der Informationsarchitektur im Entwicklungsprozess. München: Utz 2003. ISBN: 3-8316-0147-X. (Systems Engineering).

## SEIBERT 1998

Seibert, S.: Technisches Management - Innovationsmanagement, Projektmanagement, Qualitätsmanagement. Stuttgart: Teubner 1998. ISBN: 3-519-06363-8.

## SEIDLMEIER 2010

Seidlmeier, H.: Prozessmodellierung mit ARIS - Eine beispielorientierte Einführung für Studium und Praxis. Wiesbaden: Vieweg + Teubner 2010. ISBN: 978-3-8348-0606-2.

## SELIGMAN 1989

Seligman, J.: Perspectives in Situation Theory. In: Cooper, R. et al. (Hrsg.): Proceedings of the First Conference on Situation Theory and its Applications, Asilomar, California, USA, 23.-26.03.1989. Menlo Park: Center for the Study of Language and Information 1990, S. 147-192. ISBN: 0-937073-54-7.

## SHARAFI 2009

Sharafi, A.: Pilotierung und Evaluation des FORFLOW-Prozessnavigators. In: Meerkamm, H. et al. (Hrsg.): Flexible Unterstützung in der Produktentwicklung: Prozesse - Daten - Navigation. Aachen: Shaker 2009, S. 257-275.

## SLAMA 2010

Slama, A.: Ein Verfahren zur Verkürzung des Entwicklungsprozesses. Heimsheim: Jost Jetter Verlag 2010. ISBN: (10) 3-939890-58-8.

## STAHLKNECHT et al. 2005

Stahlknecht, P.; Hasenkamp, U.: Einführung in die Wirtschaftsinformatik. Berlin Heidelberg New York: Springer 2005. ISBN: 3-540-01183-8.

## STORATH 1996

Storath, E.: Kontextsensitive Wissensbereitstellung in der Konstruktion. Universität Erlangen-Nürnberg 1996.

## SUH 1998

Suh, N. P.: Axiomatic Design as a Basis for Universal Design Theory. In: Grabowsky, H. et al. (Hrsg.): Workshop Universal Design Theory, Karlsruhe, 05.1998. Aachen: Shaker 1998, S. 3-24. ISBN: 3-8265-4265-7.

## TRÄNCKNER 1990

Tränckner, J.-H.: Entwicklung eines prozess- und elementorientierten Modells zur Analyse und Gestaltung der technischen Auftragsabwicklung von komplexen Produkten. Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen 1990.

## ULLMANN 2010

Ullmann, D. G.: The Mechanical Design Process. 4 Aufl. Boston: McGraw-Hill 2010. ISBN: 978-0-07-126796-0.

## ULRICH 2001

Ulrich, H.: Die Betriebswirtschaftslehre als anwendungsorientierte Sozialwissenschaft. In: Ulrich, H. (Hrsg.): Management: Aufsätze 2. Teil 1981-1998. Bern: Haupt 2001.

## ULRICH et al. 2008

Ulrich, K. T.; Eppinger, S. D.: Product Design and Development. Boston: McGraw-Hill 2008. ISBN: 978-0-07-125947-7.

## V-MODELL® 2008

V-Modell®, X.: Das V-Modell XT

## VAJNA 2005

Vajna, S.: Workflow for design. In: Clarkson, P. J. et al. (Hrsg.): Design Process Improvement - A review of current practice. Berlin: Springer 2005, S. 366-385. ISBN: 1-85233-701-X.

## VAN DER AALST et al. 2002

van der Aalst, W. M. P.; van Hee, K. M.: Workflow Management - Models, Methods, and Systems. Cambridge: MIT Press 2002. ISBN: 0-262-01189-1.

## VDI 1993

VDI (Hrsg.): VDI-Richtlinie 2221 - Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte Verein Deutscher Ingenieure, Berlin (1993).

## VDI 1997

VDI (Hrsg.): VDI-Richtlinie 2222 Blatt 1 Konstruktionsmethodik - Methodisches Entwickeln von Lösungsprinzipien Verein Deutscher Ingenieure, Berlin (1997).

## VDI 2004a

VDI (Hrsg.): VDI-Richtlinie 2206 - Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme. Verein Deutscher Ingenieure, Berlin (2004a).

## VDI 2004b

VDI (Hrsg.): VDI-Richtlinie 2223 - Methodisches Entwerfen technischer Produkte. Verein Deutscher Ingenieure, Berlin (2004b).

## VERSMOLD et al. 2005

Versmold, J.; Bauer, T.: Systematische standortübergreifende Änderungsprozesse in der Serienfertigung auf Basis eines Workflowmanagement-Systems. In: (Hrsg.): Product Life live, Mainz, Germany, 15.-16.11.2005. Frankfurt: Mesago 2005,

## VOIGTSBERGER 2005

Voigtsberger, J.: Adaptive Modellierung und Simulation von Produktentwicklungsprozessen. Stuttgart: Fraunhofer IRB 2005. ISBN: 3-8167-6929-2. (Berichte aus dem Produktionstechnischen Zentrum Berlin).

VOSSEN et al. 1997

Vossen, G.; Becker, J. (Hrsg.): Geschäftsprozeßmodellierung und Workflow-Management. Modelle, Methoden, Werkzeuge. Bonn: Redline 1997. ISBN: 3-826-60124-6.

WALLMEIER 2001

Wallmeier, S.: Potenziale in der Produktentwicklung - Möglichkeiten und Grenzen von Tätigkeitsanalyse und Reflexion. Düsseldorf: VDI-Verlag 2001. ISBN: 3-18-335201-X. (Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 1, Konstruktionstechnik, Maschinenelemente, 352.).

WEBER 2005

Weber, C.: CPM/PDD - An Extended Theoretical Approach to Modelling Products and Product Development Processes. In: Bley, H. (Hrsg.): 2nd German-Israeli Symposium on advances in methods and systems for development of products and processes, Berlin, Germany, 07.-08.07.2005. Stuttgart: Fraunhofer IRB 2005, S. 159-179.

WEBER et al. 2009

Weber, N.; Eckstein, R.; Henrich, A.: Searching Multiple Artifacts: A comprehensive Framework for Complex Search Situations, 8th International Conference on flexible query answering systems (FQAS). Roskilde, 2009.

WERTH 2007

Werth, D.: Modellierung unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse (Modelle, Notationen und Vorgehen für prozessorientierte Unternehmensverbände). Bremen: Salzwasser-Verlag 2007. ISBN: 978-3-86741-073-1.

WESTERSTAHL 1989

Westerstahl, D.: Parametric Types and Propositions in First-Order Situation Theory. In: Cooper, R. et al. (Hrsg.): Proceedings of the First Conference on Situation Theory and its Applications, Asilomar, California, USA, 23.-26.03.1989. Menlo Park: Center for the Study of Language and Information 1990, S. 193-230. ISBN: 0-937073-54-7.

WOLF et al. 2008

Wolf, P.; Pühler, M.; Sharafi, A.: Arbeitssituationen bei der BMW Group. Technische Universität München Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik (2008).

WORKFLOW MANAGEMENT COALITION 1999

Workflow Management Coalition: Terminology & Glossary  
<[http://www.wfmc.org/standards/docs/TC-1011\\_term\\_glossary\\_v3.pdf](http://www.wfmc.org/standards/docs/TC-1011_term_glossary_v3.pdf)> - 29.10.2010.

## WSBPEL 2007

WSBPEL: Web Services Business Process Execution Language Version 2.0  
<<http://docs.oasis-open.org/wsbpel/2.0/OS/wsbpel-v2.0-OS.html>> -

## WYNN et al. 2005

Wynn, D. C.; Eckert, C. M.; Clarkson, P. J.: Modelling and Simulating Iterative Development Processes. In: Samuel, A. et al. (Hrsg.): 15th International Conference on Engineering Design, ICED'05, Melbourne, Australia, 15.-18.08.2005. Barton ACT: Engineers Australia 2005, ISBN: 0-85825-788-2.

## WYNN et al. 2007

Wynn, D. C.; Eckert, C. M.; Clarkson, P. J.: Modelling Iteration in Engineering Design. In: Bocquet, J.-C. (Hrsg.): 16th International Conference on Engineering Design, ICED'07, Paris, France, 28.-31.08.2007. Glasgow: The Design Society 2007, ISBN: 1-904670-02-4.

## WYSOCKI 2009

Wysocki, R. K.: Effective Project Management - Traditional, Agile, Extreme. Indianapolis: Wiley 2009. ISBN: 978-0-470-42367-7.

## YUKL 1969

Yukl, G.: A Situation Description Questionnaire for Leaders. Educational and psychological measurement 29 (1969) 2, S. 515-518.

## ZALTA 1990

Zalta, E. N.: A Theory of Situations. In: Barwise, J. et al. (Hrsg.): Proceedings of the Second Conference on Situation Theory and its Applications, Loch Rannoch, Scotland, 09.1990. Stanford: Center for the Study of Language and Information 1991, S. 81-112. ISBN: 0-937073-71-7.

## 9. Anhang

### 9.1 Anforderungen an die situationsspezifische Entwicklungsprozessplanung

Im Folgenden werden die Anforderungen an eine situationsspezifische Entwicklungsprozessplanung übersichtlich zusammengefasst. Neben den Anforderungen wird ebenfalls dargestellt, welche der Anforderungen nachweislich (in der Evaluation) erfüllt werden konnten.

#### Anforderungen an das Rahmenwerk zur Prozessplanung

Anforderung	in Evaluation nachgewiesen
Einzelelemente sinnvoll und übersichtlich miteinander in Einklang bringen	
In der gemeinsamen Anwendung der einzelnen Ansätze Synergien heben	
Universell einsetzbarer Ansatz	x
Anwendbarkeit in den spezifischen Anwendungsfällen in Unternehmen	x
Möglichkeit zur Identifizierung und Implementierung spezifischer Entwicklungsprozesse	x
Führung des Entwicklers durch den Prozess bei gleichzeitiger Schaffung von Raum für Kreativität	
Schaffen eines verbesserten Überblicks durch Prozesstransparenz	x
Überblick darüber geben, wer im Prozess welche Information wann und in welcher Form benötigt	x
Verbesserte Berücksichtigung von „lessons learned“ und best practices für zukünftige Projekte	
Akzeptanz bei den Anwendern	
Einfache Wissensbewahrung und Dokumentation	x
Spezifische Sichten und Strukturen für die unterschiedlichen Anwender	x
Anpassbarkeit des Ansatzes, mit der Möglichkeit, schnell und flexibel auf neue Anforderungen reagieren zu können	x
Methodik zur Unterstützung der Planung von Entwicklungsprozessen	x
Interdisziplinärer Austausch von Informationen über gemeinsame Sprache bzw. Darstellung	
Transparente Darstellung der Zusammenhänge und Abhängigkeiten von Systemelementen und/oder ihren Attributen	
Durchgängige, möglichst redundanzfreie Abbildung aller für die betrachtete Fragestellung relevanten (quantitativen und qualitativen) Informationen	x
Unterstützung des Systemansatzes, Nachvollziehbarkeit des Gesamtsystems	x
Darstellbarkeit der Auswirkungen von Änderungen an einer Komponente auf andere Komponenten	
Flexible Vernetzung der Elemente	x
Rechnerbasierte Umsetzbarkeit	x
Berücksichtigung spezifischer Belange auf strategischer und operativer Ebene	x
Überblick über die Gesamtsituation in Bezug auf das Multiprojektmanagement	
Pragmatische, schnelle Handhabung der Methodik	
Unterstützung mechatronischer Produktentwicklung (Berücksichtigung Maschinenbau, Elektrotechnik, Informatik)	x
Eindeutige Beschreibbarkeit der Schnittstellen zu anderen Unternehmensbereichen	
Frühe Integration in den Entwicklungsprozess	x
Grundlage zur Prozessüberarbeitung	

### Anforderungen an das Prozessmodell

Anforderung	in Evaluation nachgewiesen
Schaffung von Prozesstransparenz	x
Auditierbarkeit nach gängigen Normen	
Gute Visualisierung	x
Verständlichkeit für unerfahrene Nutzer	
Kurze prägnante Darstellung	x
Einheitliche und einfache Prozesssprache	x
Schnelle Erfassbarkeit umfangreicher Prozessmodelle	
Am Projektumfang orientierter Detaillierungsgrad	x
Detaillierungsgrad für unterschiedliche Teilprozesse anpassbar	x
Vollständigkeit des Prozessmodells	x
Festlegung von Verantwortlichkeiten für einzelne Prozessschritte	
Bereitstellung von allgemeingültigem und prozessbezogenem Wissen für den Anwender	x
Erweiterbarkeit mit firmenspezifischem und produktbezogenem Wissen	
Dokumentation von Entscheidungen und Entscheidungswegen in Bezug auf Produkt und Prozess	x
Dokumentation sollte verständlich, richtig und aktuell sein	
Schneller Zugriff auf Dokumentation	x
Leichte Navigation	x
Geringer Änderungsaufwand	x
Konzentration auf die wesentlichen Informationen zum Prozessverständnis	x
Optimum aus ganzheitlicher Vorgangsbearbeitung und Arbeitsteilung finden	
Adäquaten Detaillierungsgrad des Prozessmodells definieren	
Verantwortlichkeiten für die einzelnen Prozessschritte und Teilprozesse sinnvoll festlegen	
Rechnerunterstützte Gestaltung und Optimierung der Prozesse	x
Strategien zur Parallelisierung von Aufgaben und Teilprozessen	
Ausführbarkeit bei gegebenen Randbedingungen im Unternehmen	x
Flexible Unterstützung der Prozessplanung und Durchführung	x
Flexible und dynamische Anpassung der Prozesse entsprechend der aktuellen Aufgabe bzw. Produktausprägung	x
Flexibles Reagieren auf Änderungen im laufenden Entwicklungsprozess	x
Unterstützung eigener Vorgehensplanung des Nutzers	x
Unterstützung unstrukturierter Teilprozesse innerhalb vorgegebener Prozessstrukturen	x
Informationen über parallele Prozesse darstellbar	
Prozesskonzepte für die Bereiche Produktplanung, Konstruktion und Produktionsvorbereitung	
Abstimmung zwischen Prozess- und Projektplanung	
Möglichkeit zum Monitoring des Prozessfortschrittes	x
Situationsspezifische Prozessplanung	x
Integration mechatronischer Aspekte	x
Integration von Iterationen	
Integration von Lessons Learned	
Produktabsicherung auf mehreren Ebenen	x
Integration von Simultaneous und Concurrent Engineering	
Dynamische Verknüpfung des FORFLOW-Prozessmodells mit Produktmodellen	
DFX-Unterstützung	
Integration der CAx-Werkzeuge	

### Anforderungen an das Vorgehensmodell

Anforderung	in Evaluation nachgewiesen
Modellhafte, abstrahierende Beschreibung einer Vorgehensweise für einen definierten Problembereich	
Anwendbarkeit in einer Vielzahl von Einzelfällen	
Abbildung aller wesentlichen Schritte zur Zielerreichung	x
Aufzeigen aller Beteiligten und Verantwortlichen	x
Leichte Verständlichkeit	x
Gute Nachvollziehbarkeit	x
Abbildung der beiden Planungsebenen zur situationsspezifischen Entwicklungsprozessplanung sowie deren Verknüpfung	x

### Anforderungen an die Beschreibung der Entwicklungssituation

Anforderung	in Evaluation nachgewiesen
Situationsbeschreibung und -analyse möglichst schnell, einfach und eindeutig durchführbar	x
Mehraufwand, der sich durch die Situationsanalyse ergibt sollte so gering wie möglich sein	
Eindeutige und auswertbare Beschreibung der Situation	
Situationsbeschreibung so wenig umfangreich wie möglich gestalten aber gleichzeitig so genau wie möglich darstellen	
Daten aus bereits vorhandener Dokumentation verwenden	
Universeller Ansatz zur Situationsbeschreibung der in vielen Unternehmen einsetzbar sein	x
Möglichkeit zur unternehmensspezifischen Anpassung	x
Anpassungsfähigkeit der Auswahl, Ausprägung und Interpretation der Parameter	x

### Anforderungen an Rollen und Ebenen der Prozessplanung

Anforderung	in Evaluation nachgewiesen
Ermöglichung einer prozessbezogenen Sicht auf Aufgaben und Inhalte in der jeweiligen Arbeitsumgebung der Akteure	x
Unterstützung für Prozessbeteiligte, die an der Durchführung der Prozesse partizipieren, Prozessmodellierer, die die Prozessmodelle erstellen und Administratoren, die laufende Prozesse freigeben und technisch betreuen	
Eindeutige Abgrenzbarkeit von Aufgaben und Verantwortlichkeiten der Beteiligten voneinander	x
Spezifische Vorgehensweisen bei Rollen und Aufgaben auf den Ebenen der Prozessplanung	x

## Anforderungen an die Implementierung

Anforderung	in Evaluation nachgewiesen
Einordnung in bestehende Softwarestrukturen	
Ergonomischer Aufbau der Software	
Funktionalität und Visualisierungsmöglichkeiten des Systems	x
Kompatibilität mit bestehenden Softwarelandschaften	
Wenig Rechenkapazität (Arbeitsspeicher und Speicherplatz)	x
Geringer Aufwand zur Installation und Wartung	
Integration in bestehende Prozessmanagementtools	
Prozessübergreifende Einsetzbarkeit	x
Generischer Ansatz für die Nutzung	x
Berücksichtigung dynamischer Prozesse	x
Unterstützung unabhängig von vorgegebenen Abläufen	x
Integrierbarkeit in PDM- oder ERP-Systeme	
Nutzung des Wissens aus bestehenden Datenbasen wie PLM/PDM um Redundanzen und Inkonsistenzen zu vermeiden	
Kein Overengineering des Tools	x
Unterstützung verteilter Entwicklung	
Dokumentation von Prozessen	x
Dynamische Anpassbarkeit von Plänen mit Änderungsdokumentation	x
Umgang mit unstrukturierten Aktivitäten	x
Automatische Ableitung von Prozessplänen	
Zuweisung von Ressourcen	
Einfacher Überblick über den aktuellen Projektstand	x
Rückgriff auf best practices	
Entlastung von Routineaufgaben im Prozessablauf	x
Einfache Dokumentation der Prozessergebnisse	x
Einfaches Auffinden vorhandener Produktdaten	x
Intuitive und aufwandsarme, einfache Bedienbarkeit	
Visualisierung aller für den Nutzer wichtigen Informationen	x
Verhinderung des Übersehens wichtiger Informationen für den Nutzer	
Orientierung der Visualisierung an den Wünschen und Wissensständen der Nutzer	x
Bereitstellung unterschiedlicher Prozesssichten	x
Wiederverwendbarkeit der Modelle	x
Qualitätssicherung im Projektverlauf	
Nachvollziehbare Dokumentation der Projektschritte und -ergebnisse	x
Nachvollziehbares Management der technischen und organisatorischen Schnittstellen	
Standardisierung von Systemen und Prozessen	
Transparente Dokumentation von Ergebnissen	x
Unterstützung in der Projektplanung	x
Unterstützung in der Vorbereitung von Investitionsentscheidungen	
Genauere Dokumentation der betrieblichen Prozesse	
Aufzeigen organisatorischer Gestaltungspielräume	

## 9.2 FORFLOW-Prozessmodell

Das FORFLOW-Prozessmodell soll an dieser Stelle detaillierter, als es im Rahmen der Arbeit möglich war, dargestellt werden. Zunächst werden in der Legende zum Prozessmodell die Elemente der Prozessmodellierungsmethode Aris beschrieben, die im FORFLOW-Prozessmodell Anwendung finden. Darauf folgt eine Beschreibung der Prozessschritte des Modells, inklusive der Kategorisierung der Schritte. Schließlich wird das FORFLOW-Prozessmodell grafisch dargestellt.

### 9.2.1 Legende zum Prozessmodell (ARIS-Beschreibung)

Zur Darstellung des FORFLOW-Prozessmodells wurden ereignisgesteuerte Prozessketten verwendet. Zum besseren Verständnis der in dieser Arbeit abgebildeten Prozessmodelle werden in der folgenden Tabelle 9.1 die wesentlichen Elemente der EPK-Modellierung dargestellt.

**Tabelle 9.1** Legende der Elemente des FORFLOW-Prozessmodells

Grundlegende Elemente der EPK-Methode		
Ereignis		Das Ereignis beschreibt das Eintreten eines Zustandes, der eine Folge bewirkt
Funktion		Die Funktion beschreibt die Transformation von einem Eingangszustand in einen Zielzustand
Verknüpfungsoperator		Der Verknüpfungsoperator beschreibt die logischen Verbindungen zwischen Ereignissen und Funktionen
Kontrollfluss		Der Kontrollfluss beschreibt die zeitlich-logischen Abhängigkeiten von Ereignissen und Funktionen
Prozesswegweiser		Der Prozesswegweiser zeigt die Verbindung von einem bzw. zu einem anderen Prozess (Navigationshilfe)
Organisatorische Einheit		Die organisatorische Einheit beschreibt die Gliederungsstruktur des Unternehmens
Informations-/ Material-/ Ressourcenobjekt		Das Informations-/ Material-/ Ressourcenobjekt ist eine Abbildung eines Gegenstandes der realen Welt
Informations-/ Materialfluss		Der Informations-/ Materialfluss beschreibt, ob von einer Funktion gelesen, geändert oder geschrieben wird
Ressourcen-/ Organisatorische Einheiten Zuordnung		Die Ressourcen-/ Organ. Einh. Zuordnung beschreibt welche Einheit (Mitarbeiter) oder Ressource die Funktion bearbeitet

### 9.2.2 Beschreibung der Prozessschritte

An dieser Stelle folgt eine Beschreibung der Schritte und Zustände des FORFLOW-Prozessmodells. Die Schritte und Zustände werden in der tabellarischen Darstellung (Tabelle 9.2) nummeriert und diese Nummern in Anhang 0 in der grafischen Darstellung des Prozesses wieder aufgenommen. Die Nummerierung beginnt entweder mit einem S für „Schritt“ oder Z für „Zustand“ und orientiert sich an der empfohlenen Reihenfolge der Prozessschritte des

Modells. Die erste Zahl der Nummerierung entspricht der Reihenfolge auf der ersten Ebene, die zweite Zahl der empfohlenen Reihenfolge auf der zweiten Ebene des Modells. Auch auf der dritten Ebene erfolgt eine Nummerierung. Diese entspricht aber im Gegensatz zu den anderen beiden Ebenen nicht der empfohlenen Reihenfolge, sondern dient nur der Unterscheidung der Schritte für die grafische Darstellung. Schritte mit einstelliger Nummer aus einer Zahl sind entsprechend auf Ebene 1 des Modells angesiedelt, Schritte mit zweistelliger Nummer auf Ebene 2 und dreistellige auf Ebene 3 des Modells. Weiterhin erfolgt die Kategorisierung der Schritte nach den in Kapitel 5.3 dargestellten Kategorien sowie eine Kurzbeschreibung der Inhalte der Prozessschritte. In einigen Zuständen werden mögliche Iterationen beschrieben. Zu welchem der vorgeschlagenen Punkte zurückgesprungen wird, wird situationsspezifisch vorgeschlagen.

**Tabelle 9.2 Elemente des FORFLOW-Prozessmodells**

<b>Nummer</b>	<b>Name des Elementes</b>	<b>Kategorie</b>	<b>Kurzbeschreibung</b>
S 1	Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung	1	Ableiten von Zielen und Anforderungen für das Produkt aus dem Entwicklungsauftrag, Sammlung relevanter Informationen.
Z 1.1	Aufgabe gestellt		Startzustand des Entwicklungsprozesses durch Eingang des Lastenhefts, welches eine (vom Kunden) vorgegebene Sammlung an Wünschen und Forderungen an das zu entwickelnde Produkt enthält. Es sollte folgende Mindestanforderungen enthalten: inhaltliche Beschreibung der Anforderungen an das Projektergebnis, zu beachtende Rahmenbedingungen, Ecktermine, zu erwartende Gesamtkosten, zu erzielender Nutzen.
S 1.1	Zusammentragen von Informationen	2	Sammlung der zur Erfüllung der im Lastenheft beschriebenen Aufgabe erforderlichen und nützlichen Informationen.
Z 1.2	Informationssammlung erstellt		Erreichter Zustand nach Zusammentragen von Informationen.
S 1.2	Abstrahieren der Aufgabenstellung	3	Tätigkeit zur Verallgemeinerung der im Lastenheft beschriebenen Aufgabenstellung, um mögliche Freiheitsgrade des zu entwickelnden Produkts zu identifizieren.

Nummer	Name des Elementes	Kategorie	Kurzbeschreibung
Z 1.3	Freiheitsgrade geklärt und gestellte Aufgabe abstrahiert		Erreichter Zustand nach Abstrahieren der Aufgabenstellung. Ergebnis ist eine abstrakte Aufgabenstellung mit allen identifizierten Freiheitsgraden.
S 1.3	Abstimmung der Aufgabenstellung	1	Konkretisierung der Aufgabenstellung, um das Verständnis des Entwicklers wieder-zugeben und die Aufgabenstellung mit dem Kunden abzustimmen.
Z 1.4	Aufgabenstellung abgestimmt		Zustand nach Abstimmung der Aufgabenstellung.
S 1.4	Strukturierung der Aufgabenstellung	3	Tätigkeit zur Gliederung der abgestimmten Aufgabenstellung sowie Festlegung von organisatorischen Aspekten wie Arbeitspaketen, Terminen, Ressourcen, Verantwortlichkeiten, Meilensteinen, usw. Dabei sind die Arbeitspakete und der Projektplan festzulegen.
Z 1.5	Aufgabenstellung strukturiert, Projektplan erstellt		Ergebnis der Strukturierung der Aufgabenstellung.
S 1.5	Klären der Anforderungen	1	Identifikation der zu berücksichtigenden externen und unternehmensinternen Anforderungen (Merkmale, Eigenschaften und Funktionen in quantitativer und qualitativer Hinsicht) an das zu entwickelnde Produkt. Sie sind bei kundenspezifischer Entwicklung mit dem Kunden abzustimmen und können mit Gewichtungen versehen werden.
Z 1.6	Anforderungen geklärt		Erreichter Zustand nach Klären der Anforderungen.
S 1.6	Anforderungsliste formalisieren	1	Dokumentieren der geklärten und abgestimmten Anforderungen durch Erweiterung und Modifikation des Lastenhefts.

Nummer	Name des Elementes	Kategorie	Kurzbeschreibung
Z 1 zugleich Z 1.7	Lastenheft abgestimmt, Aufgabenstellung und Projektplan geklärt		Endzustand von Schritt 1 Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung.
S 2	Ermitteln von Funktionen und Strukturen	2	Vertiefen des Systemverständnisses mittels Funktionsmodellierung
S 2.1	Funktionen ermitteln	2	Identifikation aller Funktionen, die das zu entwickelnde Produkt erfüllen soll bzw. muss.
Z 2.1	Funktionen ermittelt		Erreichter Zustand nach Funktionen ermitteln.
S 2.2	Funktionsstruktur aufbauen	3	Identifikation von Abhängigkeiten und Verknüpfungen zwischen allen zu erfüllen-den Funktionen.
Z 2.2	Funktionsstruktur ermittelt		Erreichter Zustand nach Funktionsstruktur aufbauen
S 2.3	Prüfen, ob weitere Funktionsstrukturen sinnvoll	3	Reflexion der bereits ermittelten Funktionsstrukturen und Entscheidung, ob Funktionsstruktur vollständig. Falls diese unvollständig ist, Rücksprung zu Funktionsstruktur aufbauen. Im Falle einer Vollständigkeit, Sprung zu Erkenntnisgewinn dokumentieren.
Z 2.3a	Funktionsstrukturen vollständig		Erreichter Zustand, wenn alle notwendigen Funktionsstrukturen identifiziert sind.
Z 2.3b	Funktionsstruktur unvollständig		Erreichter Zustand, wenn Prüfung der Funktionsstruktur auf Vollständigkeit negativ ausfällt.
S 2.4	Erkenntnisgewinn dokumentieren	3	Festhalten der im Prozess gewonnenen Erkenntnisse (im Sinne von prozess- und/oder produktbezogenen Best Practices)
Z 2 zugleich Z 2.4	Erkenntnisgewinn dokumentiert		Erreichter Zustand nach Erkenntnisgewinn dokumentieren. Endzustand von Schritt 2 Ermitteln von Funktionen und Strukturen.

Nummer	Name des Elementes	Kategorie	Kurzbeschreibung
S 3	Suche nach Lösungsprinzipien und deren Strukturen	1	Erarbeitung von Lösungsmöglichkeiten zur Erfüllung der Anforderungen an das Produkt sowie Ableiten von Konzeptalternativen
S 3.1	Vorhandene Lösungsmöglichkeiten suchen	1	Vorhandene Lösungsmöglichkeiten für bestehende Teilprobleme bzw. Teilanforderungen suchen. Dieser Schritt dient dazu, bereits vorhandene und passende Lösungen aus anderen Projekten zu finden und zu nutzen.
Z 3.1 a	Vorhandene Lösungsmöglichkeit gefunden		Je nachdem, ob auf die aktuellen Anforderungen passende Lösungsmöglichkeiten in anderen Projekten gefunden werden konnten oder nicht, wird hier der jeweilige Weg im Prozess eingeschlagen.
Z 3.1 b	Keine bestehende Lösungsmöglichkeit gefunden		Je nachdem, ob auf die aktuellen Anforderungen passende Lösungsmöglichkeiten in anderen Projekten gefunden werden konnten oder nicht, wird hier der jeweilige Weg im Prozess eingeschlagen.
S 3.2	Lösungsprinzipien suchen	2	In diesem Schritt werden zu den Teilfunktionen bzw. Anforderungen passende vorhandene Prinzipien zur Lösung gesucht. Hierbei handelt es sich nicht um Bauteile oder ganze Teilsysteme, sondern um die Auswahl der Träger bzw. der Umsetzung physikalischer Effekte. Diese werden den Teilfunktionen über den morphologischen Kasten zugeordnet.
Z 3.2a	Lösungsprinzipien gefunden		Je nachdem, ob auf die aktuellen Anforderungen passende Lösungsprinzipien gefunden werden konnten oder nicht, wird hier der jeweilige Weg im Prozess eingeschlagen.

Nummer	Name des Elementes	Kategorie	Kurzbeschreibung
Z 3.2b	keine Lösungsprinzipien gefunden		Je nachdem, ob auf die aktuellen Anforderungen passende Lösungsprinzipien gefunden werden konnten oder nicht, wird hier der jeweilige Weg im Prozess eingeschlagen
S 3.3	Wirkprinzipien suchen	2	Unter Wirkprinzipien werden physikalische Effekte, geometrische bzw. stoffliche Merkmale sowie deren Wechselwirkungen untereinander verstanden.
Z 3.3a	Wirkprinzipien gefunden		Je nachdem, ob auf die aktuellen Anforderungen passende physikalische Effekte gefunden werden konnten oder nicht, wird hier der jeweilige Weg im Prozess eingeschlagen.
Z 3.3b	Keine Wirkprinzipien gefunden		Je nachdem, ob auf die aktuellen Anforderungen passende physikalische Effekte gefunden werden konnten oder nicht, wird hier der jeweilige Weg im Prozess eingeschlagen.
S 3.4	Lösungsprinzipien ableiten	2	Wenn vorher keine Lösungsprinzipien gefunden werden konnten, müssen aus den gefundenen Wirkprinzipien in diesem Schritt Lösungsprinzipien abgeleitet werden.
Z 3.4	Lösungsprinzipien abgeleitet		Ergebnis von Lösungsprinzipien ableiten.
S 3.5	Prüfen ob alle Anforderungen abgedeckt	1	Hierbei wird der Ist-Zustand des Produktes mit dem Sollzustand (unter Anwendung der Anforderungsliste) verglichen und somit die Anforderungserfüllung überprüft.
Z 3.5a	Ja		Je nachdem, ob die Anforderungen erfüllt werden oder nicht, wird hier der jeweilige Weg im Prozess eingeschlagen.

Nummer	Name des Elementes	Kategorie	Kurzbeschreibung
Z 3.5b	Nein		Je nachdem, ob die Anforderungen erfüllt werden oder nicht, wird hier der jeweilige Weg im Prozess eingeschlagen.
S 3.6	Teillösungsprinzipien strukturieren	2	In diesem Schritt werden den vorher identifizierten Anforderungen bzw. Teilfunktionen jeweils denkbare physikalischen Effekten zugeordnet, sodass sich ein Ordnungsschema ergibt, die einen Überblick über die möglichen prinzipiellen Lösungen ergibt.
Z 3.6	Teillösungsprinzipien strukturiert		Ergebnis von Teillösungsprinzipien strukturieren (z.B. morphologischer Kasten)
S 3.7	Teillösungsprinzipien auswählen und kombinieren	2	Zu den einzelnen Teilproblemen wird jeweils eine Variante ausgewählt, woraus sich – aus der Kombination dieser Auswahl – eine Gesamtkonzeptalternative ergibt.
Z 3.3 zugleich Z 3.7	Gesamtkonzeptalternativen erstellt		Diese beinhalten die Auswahl der Lösungen für die jeweiligen Teilfunktionen sowie deren Kombination.
S 4	Gesamtkonzept entwickeln	1	Ausarbeitung der Konzepte und Auswahl eines Gesamtkonzeptes zur Umsetzung im Produkt.
S 4.1	Modularisieren	1	Definieren der Hardwarebaugruppen/Softwaremodule des Produktes.
Z 4.1	Schnittstellen definiert und domänenspezifische Zuordnung durchgeführt		Ergebnis von Modularisieren.
S 4.1.1	Produktschnittstellen festlegen	1	Hardwareschnittstellen (z.B. Energieübertragung, Signalübertragung Anschlussmaße), Softwareschnittstellen zwischen Baugruppen festlegen.

Nummer	Name des Elementes	Kategorie	Kurzbeschreibung
Z 4.1.1	Schnittstellen definiert		Randbedingungen und Schnittstellen der Produktmodule bestimmt, simultane Entwicklung ab hier möglich.
S 4.1.2	Domänenspezifische Verantwortlichkeiten für Teillösungsprinzipien zuordnen	1	Verteilung der Arbeitspakete, hier ist bekannt, welche Funktion/Anforderung durch welche Domäne (Maschinenbau, Elektrotechnik, Informatik) umgesetzt wird.
Z 4.1.2	Domänenspezifische Zuordnung durchgeführt		Ergebnis der domänenspezifischen Zuordnung.
S 4.2	Modulare Strukturen auf Konsistenz prüfen	1	Zusammenführen der Produktschnittstellen und Lösungsprinzipien, Überprüfen ob modulare Struktur konsistent ist (doppelte Funktionen, nicht verträgliche Schnittstellen?)
Z 4.2a	Modulare Strukturen nicht konsistent		Möglicher Zustand nach Konsistenzprüfung, wenn dieser Zustand eintritt erfolgt eine Iteration zu Modularisieren, Vorhandene Lösungsmöglichkeiten suchen, oder Klären der Anforderungen
Z 4.2b	Modulare Strukturen konsistent		Möglicher Zustand nach Konsistenzprüfung, wenn dieser Zustand eintritt folgt Grobgestaltung
S 4.3	Grobgestaltung	1	Tätigkeiten zur Vorauslegung der Konzeptalternativen
S 4.3.1	Energieversorgung planen	1	Energieart festlegen (z.B. elektrisch, mechanisch, chemisch, thermisch), Energiebereitstellung vorsehen (z.B. mobil, stationär)...
S 4.3.2	Energiefluss definieren	1	Energieeingang/-ausgang der einzelnen Module, Energieart, Energiemenge /Leistung, Verteilung etc. definieren.

Nummer	Name des Elementes	Kategorie	Kurzbeschreibung
S 4.3.3	Signalfluss definieren	2	Eingangs-/Ausgangsgrößen der einzelnen Module, Signalart, Leistung, Verteilung, Menge, Qualität etc. definieren.
S 4.3.4	Signalverarbeitung festlegen	2	Unter anderem das Klären folgender Fragen: Regeln oder Steuern? Wo und wie findet Signalverarbeitung statt? Aus der Signalverarbeitungsart: Software, elektronische Schaltungen, mechanisch etc.
S 4.3.5	Energiewandlung bestimmen	1	Eingangs- und Ausgangsenergieart festlegen, Art der Wandlung bestimmen.
S 4.3.6	Geometrische Anordnung	1	Gegenseitige räumliche Positionierung der Bauteile und Module zueinander.
S 4.3.7	Materialvorauswahl treffen	1	Benötigte Materialeigenschaften bewerten und zumindest Materialklassen für Module bzw. einzelne Bauteile auswählen.
S 4.3.8	Überschlägige Dimensionierung	1	Auslegung und grobe Gestaltung der Module (Wandstärken, Durchmesser...)
S 4.3.9	Fertigungsverfahren Vorauswahl treffen	1	Verschiedene Fertigungsverfahren bewerten, auswählen (was kann im eigenen Unternehmen gefertigt werden, was müsste je nach Auswahl zugekauft werden?)
S 4.3.10	Bauraum aufteilen	1	Ausgehend vom Gesamtvolumen (Design) des Produktes die zulässigen Volumina für die Module festlegen.
S 4.3.11	Softwarekonzept erstellen	3	Definition der Softwarearchitektur, Definition der Programmiersprache etc.
Z 4.3 zugleich Z 4.3.x	Produkt grob gestaltet		Wesentliche Elemente des Gesamtsystems definiert, dimensioniert und dargestellt.

Nummer	Name des Elementes	Kategorie	Kurzbeschreibung
S 4.4	Gesamtkonzepte erstellen und „Make or Buy“-Entscheidung treffen	1	Spätestens hier muss eine erste Make or Buy Entscheidung fallen, Sammlung der Informationen über mögliche Anbieter, ob Fremdvergabe möglich ist, Wirtschaftliche Abwägungen und fertigungstechnische Kompetenz (auch eigene).
Z 4.4	Gesamtkonzepte erstellt		Alternative Gesamtkonzepte dargestellt.
S 4.5	Eigenschaften analysieren	1	Eigenschaften der Gesamtkonzepte ermitteln und untersuchen.
Z 4.5	Eigenschaften analysiert		Reaktion des Systems auf Umwelteinflüsse, sowie innere Wechselwirkungen bekannt.
S 4.6	Konzepte bewerten	1	Auf Grundlage der Eigenschaften Anforderungserfüllung überprüfen und bewerten.
Z 4.6a	Kein Konzept positiv bewertet		Ein möglicher Zustand nach Konzeptbewertung, wenn dieser eintritt erfolgt eine Iteration zu Grobgestaltung, Modularisieren, Vorhandene Lösungsmöglichkeiten suchen, oder Klären der Anforderungen.
Z 4.6b	Mindestens ein Konzept positiv bewertet		Ein möglicher Zustand nach Konzeptbewertung, wenn dieser eintritt geht der Prozess weiter zur Konzeptauswahl.
S 4.7	Gesamtkonzept auswählen	1	Reduktion der Alternativen auf <b>ein</b> Gesamtkonzept auf Basis der Konzeptbewertung.
Z 4.7	Gesamtkonzept ausgewählt		Abgesichertes Konzept, das alle geforderten Funktionen und Anforderungen erfüllt.
S 4.8	Erkenntnisgewinn dokumentieren	1	Gewonnene Erfahrung strukturiert festhalten.

Nummer	Name des Elementes	Kategorie	Kurzbeschreibung
Z 4 zugleich Z 4.8	Erkenntnisgewinn dokumentiert		Erreichter Zustand nach Erkenntnisgewinn dokumentieren. Endzustand von Schritt 4 Gesamtkonzept entwickeln.
S 4.8.1	Lösungsprinzipien dokumentieren	1	Gefundene Lösungsprinzipien systematisch strukturieren und nachvollziehbar darstellen/erläutern.
Z 4.8.1	Lösungsprinzipien dokumentiert		Erreichter Zustand nach Dokumentation der Lösungsprinzipien.
S 4.8.2	Produktschnittstellen dokumentieren	1	Endgültige Festlegung der Schnittstellen (Grobkonzept) klare Aufgabenverteilung, Ansprechpartner klar.
Z 4.8.2	Produktschnittstellen dokumentiert		Erreichter Zustand nach Dokumentation der Produktschnittstellen.
S 5	Gestaltung des Gesamtsystems	1	Detailkonstruktion, Auslegung, Programmierung und Absicherung des Produktes.
S 5.1	Bauteilgestaltung	1	Definition der geforderten Eigenschaften des Bauteils.
S 5.1.1	Gestaltung Bauteil	1	Computergestützte Festlegung von Merkmalen.
S 5.1.2	Berechnung Bauteil	2	Konstruktionsnahe Vorabberechnung des Bauteiles.
Z 5.1	Bauteil mechanisch gestaltet		Mechanische Merkmale des Bauteils vollständig definiert.
S 5.2	Eigenschaftsabsicherung Bauteil	1	Erstellen des Eigenschaftsprofils des Bauteils.
S 5.2.1	Funktionserfüllung absichern	1	Geforderte Funktionen und Eigenschaften anhand einschlägiger Verfahren absichern.
S 5.2.2	Wechselwirkung Signal Stoff Energie berücksichtigen	1	Überprüfung gewünschter Wechselwirkungen, Analyse und Dokumentation negativer Wechselwirkungen.

Nummer	Name des Elementes	Kategorie	Kurzbeschreibung
S 5.2.3	Fertigungs- und Liefereigenschaften absichern	1	Entwicklung eines Produktionssystems, welches eine virtuelle Produktion des Bauteils ermöglicht. Beinhaltet auch die Einbeziehung des Einkaufs sowie der Material- und Fertigungslogistik.
S 5.2.4	Kosten absichern	1	Abgleich der Produktionskosten mit den geforderten Absatzpreisen.
S 5.2.5	Mechatronische Integrationseigenschaften absichern	2	Zusammenspiel von mechanischen, elektronischen und mechatronischen Komponenten im dafür vorgesehenen Bauraum.
S 5.2.6	Lebenszyklus berücksichtigen	1	Aspekte des Design for X über den gesamten Lebenszyklus hinweg berücksichtigen.
S 5.2.7	Prototyp erstellen	3	Physisches Funktionsmodell des Bauteils erstellen.
Z 5.2	Eigenschaftsprofil Bauteil erstellt		Strukturiertes Ergebnis der Eigenschaftsermittlung und – absicherung.
S 5.3	Bewertung Bauteil	1	Abgleich des geforderten mit dem tatsächlichen Leistungsprofil des Bauteils.
Z 5.3a	Eigenschaften Bauteil nicht abgesichert		Möglicher Zustand nach der Bewertung. Wenn dieser Zustand eintritt erfolgen situationspezifisch vorgeschlagene Iterationen.
Z 5.3b	Eigenschaften Bauteil abgesichert		Möglicher Zustand nach der Bewertung. Wenn dieser Zustand eintritt erfolgt die weitere (Teil)Systemintegration.
S 5.4	Teilsystemintegration	2	Kombination der domänenspezifischen Komponenten.
S 5.4.1	Programmierung	3	Erstellung des für die Teilsystemfunktion erforderlichen Softwareanteils.

Nummer	Name des Elementes	Kategorie	Kurzbeschreibung
Z 5.4.1	Teilsystem softwaretechnisch gestaltet		Softwarearchitektur inklusive Schnittstellen und Softwaremodulen und technischen Elementen definiert.
S 5.4.2	Berechnung Teilsystem	2	Konstruktionsnahe Vorabberechnung des Teilsystems.
S 5.4.3	Zusammenbau Teilsystem	2	Kombination der Bauteile unter Berücksichtigung der vordefinierten Produktschnittstellen.
Z 5.4.2	Teilsystem mechanisch gestaltet		Mechanische Merkmale des Teilsystems vollständig definiert.
S 5.4.4	Teilsystem integrieren	2	Integration von Software- und Mechanikanteil des Teilsystems.
Z 5.4.4	Teilsystem integriert		Teilsystem liegt vollständig vor.
S 5.5	Eigenschaftsermittlung Teilsystem	2	Erstellen des Eigenschaftsprofils des Teilsystems
S 5.5.1 – S 5.5.7	Analog S 5.2.1 - S 5.2.7	analog	Analog S 5.2.1 - S 5.2.7
S 5.5.8	Systemverhalten absichern	2	Überprüfung, ob Reaktion des Systems auf äußere Einflüsse den Anforderungen entspricht.
Z 5.5	Eigenschaftsprofil Teilsystem erstellt		Strukturiertes Ergebnis der Eigenschaftsermittlung und – absicherung.
S 5.6	Bewertung Teilsystem	2	Abgleich des geforderten mit dem tatsächlichen Leistungsprofil des Teilsystems.
Z 5.6a	Eigenschaften Teilsystem nicht abgesichert		Möglicher Zustand nach der Bewertung. Wenn dieser Zustand eintritt erfolgen situationsspezifisch vorgeschlagene Iterationen.
Z 5.6b	Eigenschaften Teilsystem abgesichert		Möglicher Zustand nach der Bewertung. Wenn dieser Zustand eintritt erfolgt die weitere (Teil)Systemintegration.
S 5.7	Gesamtsystemintegration	2	Kombination der Teilsysteme unter Berücksichtigung der vordefinierten Produktschnittstellen.

Nummer	Name des Elementes	Kategorie	Kurzbeschreibung
S 5.7.1 – S 5.7.4	Analog S 5.4.1 – S 5.4.4	analog	Analog S 5.4.1 – S 5.4.4
Z 5.7.1 – Z 5.7.4	Analog Z 5.4.1 – Z 5.4.4		Analog Z 5.4.1 – Z 5.4.4
S 5.8	Eigenschaftsermittlung Gesamtsystem	2	Erstellen des Eigenschaftsprofils des Gesamtsystems
S 5.8.1 – S 5.8.8	Analog S 5.5.1 – S 5.5.8	analog	Analog S 5.5.1 – S 5.5.8
Z 5.8	Eigenschaftsprofil Gesamtsystem erstellt		Strukturiertes Ergebnis der Eigenschaftsermittlung und – absicherung
S 5.9	Bewertung Gesamtsystem	2	Abgleich des geforderten mit dem tatsächlichen Leistungsprofil des Gesamtsystems.
Z 5.9a	Eigenschaften Gesamtsystem nicht abgesichert		Möglicher Zustand nach der Bewertung. Wenn dieser Zustand eintritt erfolgen situationspezifisch vorgeschlagene Iterationen.
Z 5.9b	Eigenschaften Gesamtsystem abgesichert		Möglicher Zustand nach der Bewertung. Wenn dieser Zustand eintritt kann mit der Produktion fortgefahren werden.
Z 5	System gestaltet		Es liegt eine vollständige Dokumentation zur Fertigung und Integration des Produktes vor.
S 6	Produktionsanlauf und – betreuung	1	Betreuung der Fertigung durch die Entwicklung in finaler Fertigungsvorbereitung und nach Produktionsstart
S 6.1	Vorserie produzieren / Bewertung Vorserie	3	Als Vorserie werden Produkte bezeichnet, die kurz vor Markteinführung unter Serienbedingungen zur Überprüfung der endgültigen Serienreife des Produktes produziert wurden. Die positiv abgeschlossene Überprüfung der Serienreife ist zugleich die Serienfreigabe.

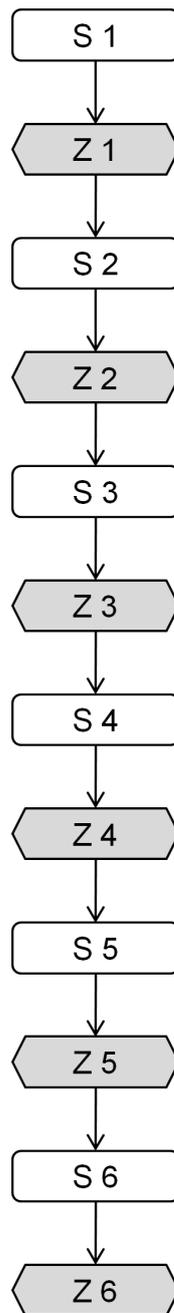
<b>Nummer</b>	<b>Name des Elementes</b>	<b>Kategorie</b>	<b>Kurzbeschreibung</b>
Z 6.1a	Vorserie n.i.O		Ein möglicher Zustand nach der Vorserie, wenn dieser eintritt erfolgt eine Iteration.
Z 6.1b	Vorserie i.O.		Ein möglicher Zustand nach der Vorserie. Wenn dieser eintritt, wird mit dem nächsten Prozessschritt fortgefahren.
S 6.2	Start of Production	1	Hiermit ist der Zeitpunkt gemeint, an dem das erste Produkt auf Serienwerkzeugen aus Serienteilen und unter Serienbedingungen gefertigt wird.
Z 6.2	Erstes verkaufsfähiges Produkt		Das im Idealfall erste nach SOP gefertigte Produkt.
S 6.3	Fertigungsbegleitung	3	Hierunter wird die Betreuung und im Verlauf der Fertigung noch erreichte Optimierung der Fertigungsprozesse verstanden. Ziel ist die Verbesserung hinsichtlich Zeit-Kosten-Qualität durch optimierte Fertigungsprozesse
Z 6.3	Verbesserte Fertigung		Zustand nach Fertigungsbegleitung
S 6.4	Serienbetreuung	3	Hiermit ist die Betreuung des Produktes durch die Entwicklung auch im Verlauf der Fertigung gemeint. Ergebnis aus dieser Betreuung ist ein optimiertes Produkt, welches hinsichtlich Zeit-Kosten-Qualität gegenüber der ursprünglichen Entwicklung optimiert wurde.
Z 6 zugleich Z 6.4	Verbessertes Produkt		Zustand nach Serienbetreuung

### 9.2.3 Darstellung des Prozessmodells

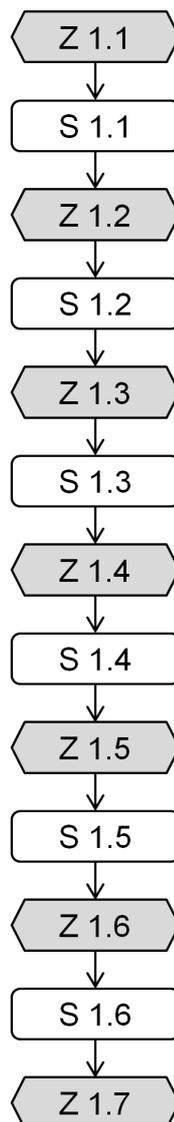
Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden in der Folge nur die Prozessschritte und Zustände dargestellt. Die Stellen im Prozess, an denen Iterationen notwendig sind, werden mit Prozesswegweisern gekennzeichnet. Die Iterationen werden nummeriert und in Tabelle 9.3 die empfohlenen Rücksprungpunkte dargestellt. Weitere mögliche Iterationen, die zunächst nicht vorgeschlagen werden, werden in Klammern aufgeführt. Es werden zunächst immer kurze Iterationen empfohlen, bei größeren Problemen in Bezug auf die Anforderungserfüllung kann es aber auch notwendig werden für Teilsysteme oder Bauteile erneut in die Lösungssuche oder sogar die Anforderungsklä rung zurück zu springen Die Entscheidung zu welchem Prozessschritt zurück gegangen wird, bleibt dem Entwickler überlassen.

**Tabelle 9.3 Iterationen im FORFLOW-Prozessmodell**

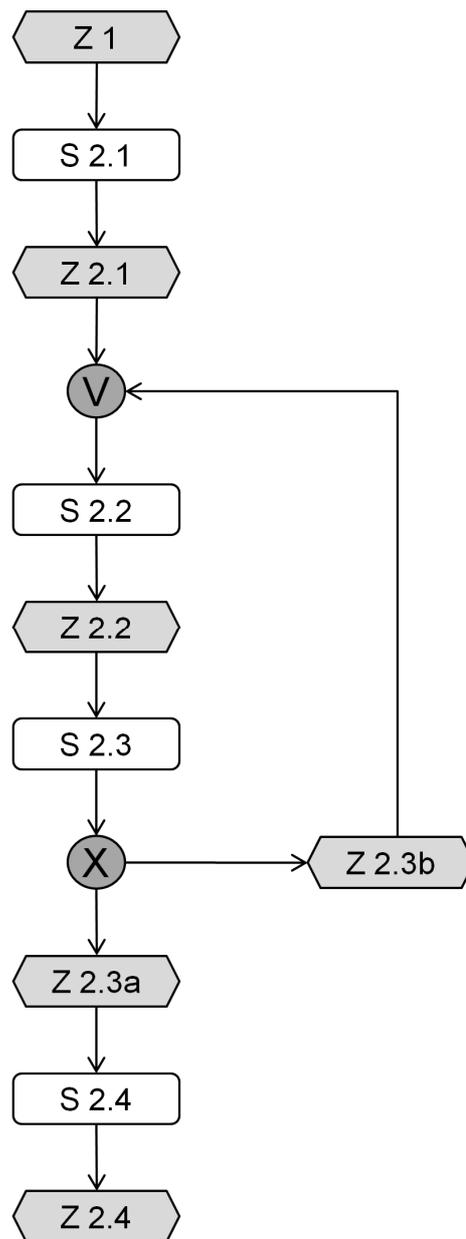
<b>Nummer</b>	<b>Ausstiegzustand</b>	<b>Empfohlene Wiedereinstiegsschritte</b>
I 1	Z 3.3a	S 1.5
I 2	Z 3.5b	S 3.1 (alternativ S 1.5)
I 3	Z 4.2a	S 4.1, S 3.1 (alternativ S 1.5)
I 4	Z 4.6a	S 4.3, S 4.1, S.3.1 (alternativ S 1.5)
I 5	Z 5.3a	S 5.1, S 4.3, S 4.1 (alternativ S 3.1, S 1.5)
I 6	Z 5.6a	S 5.4, S 5.1, S 4.3, S 4.1 (alternativ S 3.1, S 1.5)
I 7	Z 5.9a	S 5.7, S 5.4, S 5.1, S 4.3, S 4.1 (alternativ S 3.1, S 1.5)
I 8	Z6.1a	S 5.7, S 5.4, S 5.1, (alternativ S 4.3)



**Bild 9.1 FORFLOW-Prozessmodell auf Ebene 1**



**Bild 9.2 Schritt 1 des FORFLOW-Prozessmodells**



**Bild 9.3 Schritt 2 des FORFLOW-Prozessmodells**

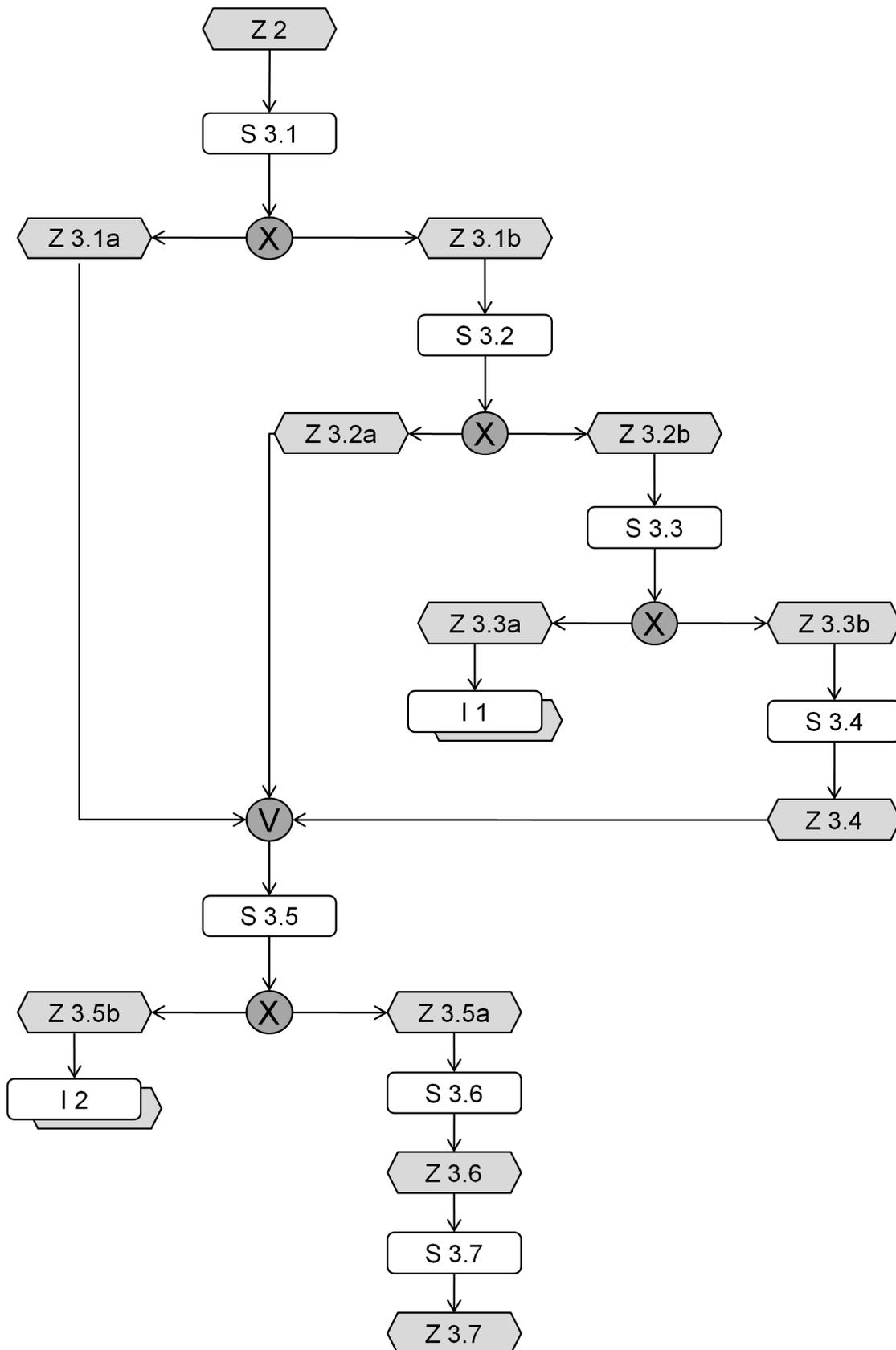


Bild 9.4 Schritt 3 des FORFLOW-Prozessmodells

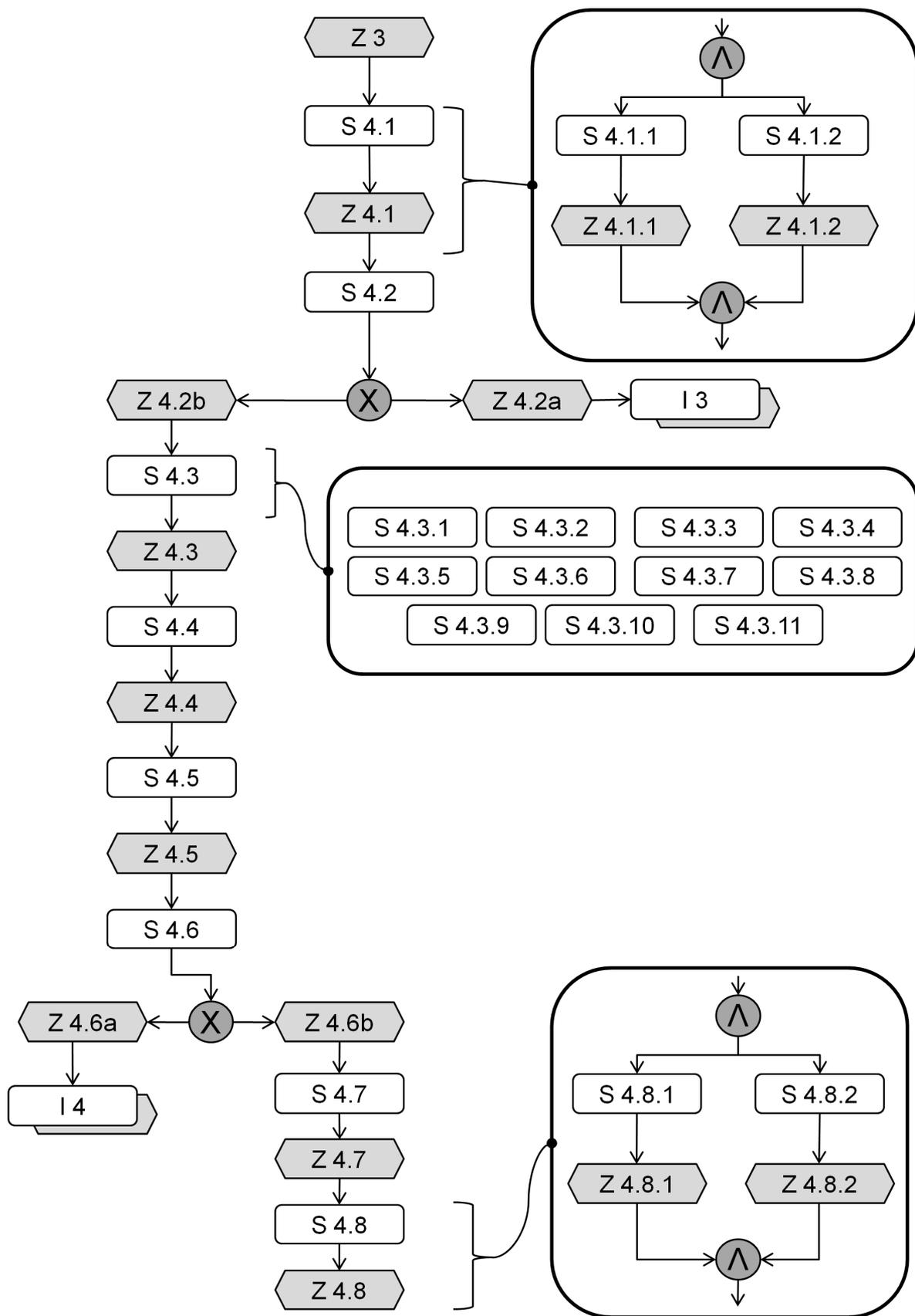


Bild 9.5 Schritt 4 des FORFLOW-Prozessmodells

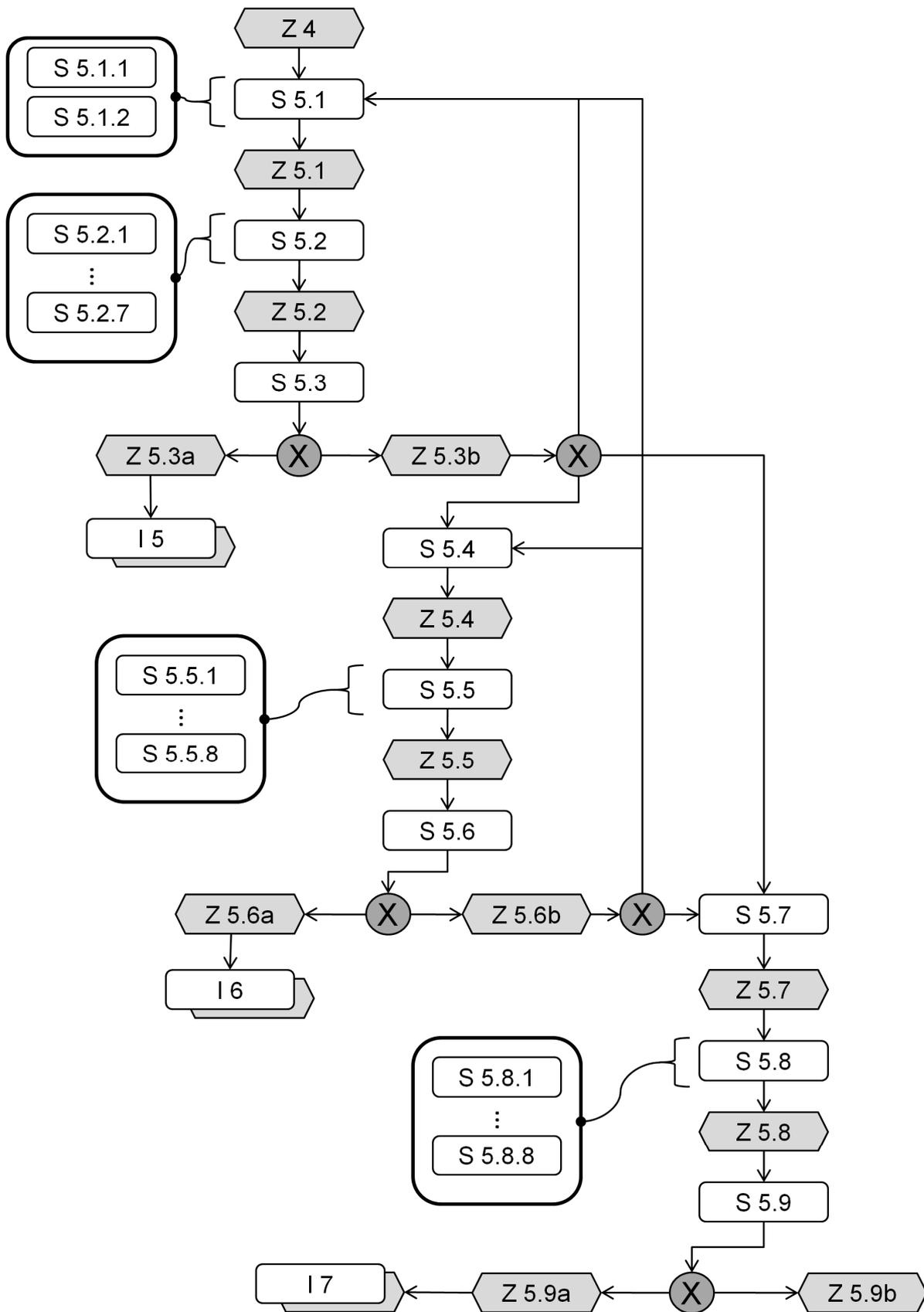


Bild 9.6 Schritt 5 des FORFLOW-Prozessmodells

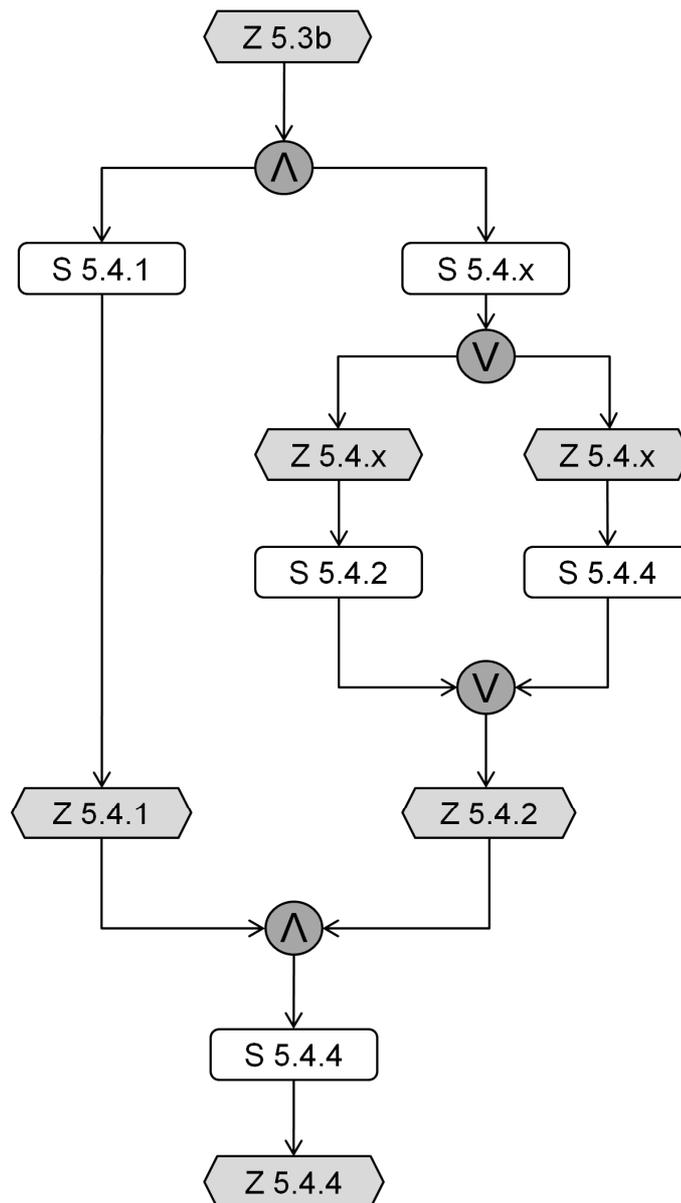


Bild 9.7 Schritt 5.4 des FORFLOW-Prozessmodells

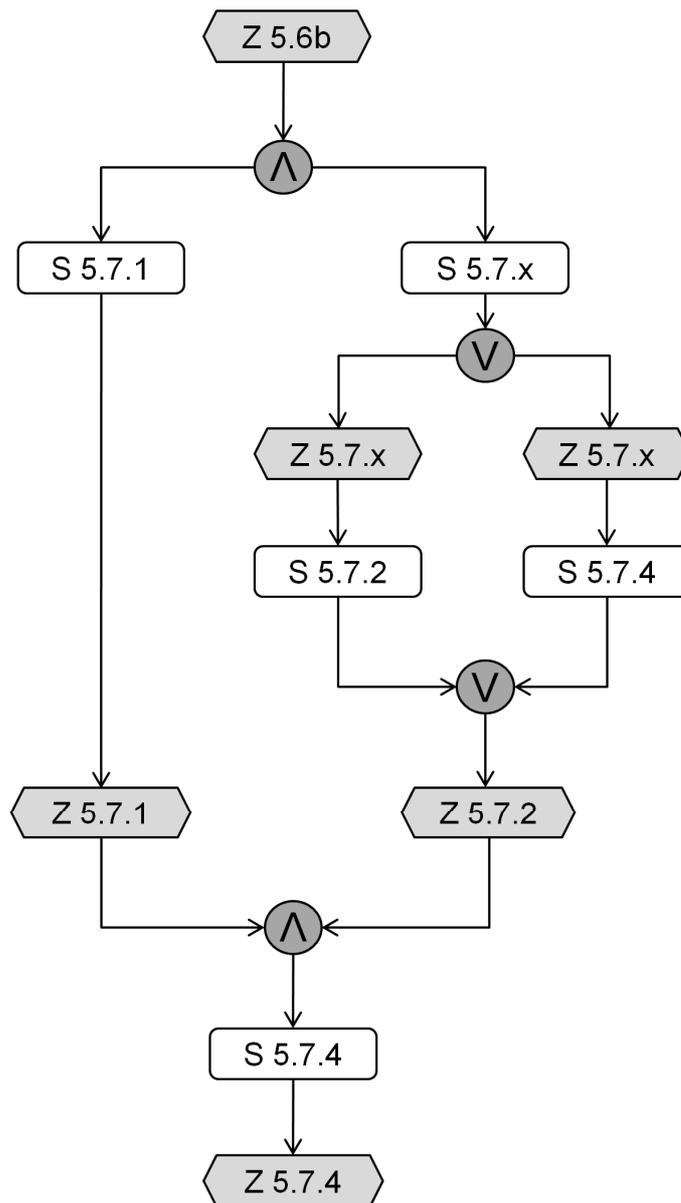
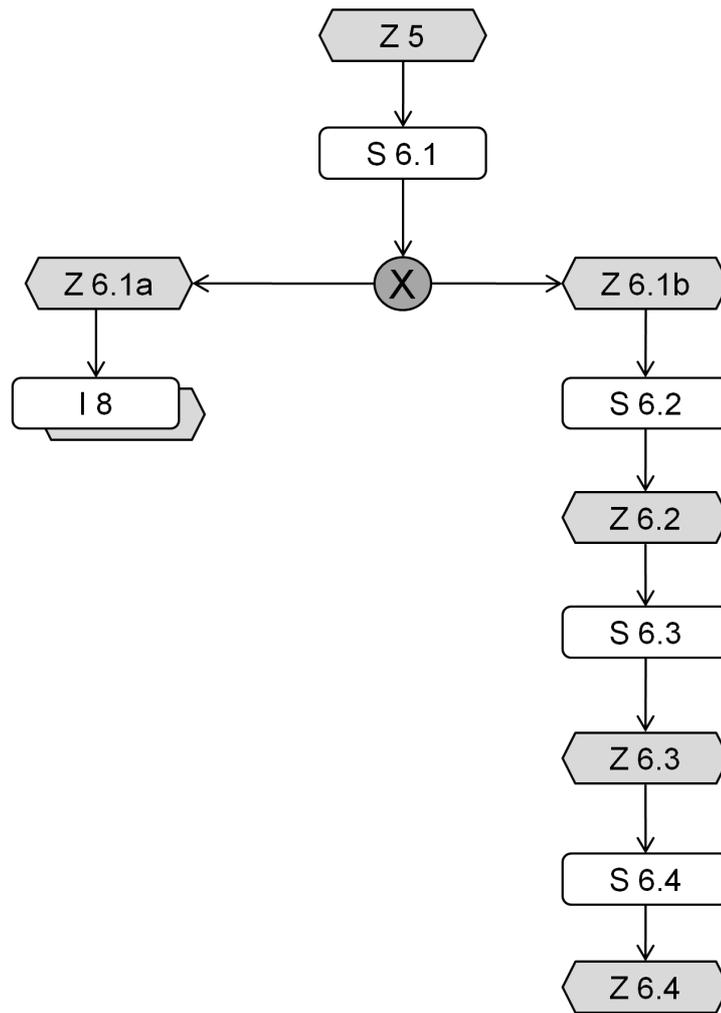


Bild 9.8 Schritt 5.6 des FORFLOW-Prozessmodells



**Bild 9.9 Schritt 6 des FORFLOW-Prozessmodells**



## 10. Dissertationsverzeichnis des Lehrstuhls für Produktentwicklung

Lehrstuhl für Produktentwicklung  
Technische Universität München, Boltzmannstraße 15, 85748 Garching

Dissertationen betreut von

Prof. Dr.-Ing. W. Rodenacker,

Prof. Dr.-Ing. K. Ehrlenspiel und

Prof. Dr.-Ing. U. Lindemann

- D1 COLLIN, H.:  
Entwicklung eines Einwalzenkalenders nach einer systematischen Konstruktionsmethode. München: TU, Diss. 1969.
- D2 OTT, J.:  
Untersuchungen und Vorrichtungen zum Offen-End-Spinnen.  
München: TU, Diss. 1971.
- D3 STEINWACHS, H.:  
Informationsgewinnung an bandförmigen Produkten für die Konstruktion der Produktmaschine.  
München: TU, Diss. 1971.
- D4 SCHMETTOW, D.:  
Entwicklung eines Rehabilitationsgerätes für Schwerstkörperbehinderte.  
München: TU, Diss. 1972.
- D5 LUBITZSCH, W.:  
Die Entwicklung eines Maschinensystems zur Verarbeitung von chemischen Endlosfasern.  
München: TU, Diss. 1974.
- D6 SCHEITENBERGER, H.:  
Entwurf und Optimierung eines Getriebesystems für einen Rotationsquerschneider mit allgemeingültigen Methoden.  
München: TU, Diss. 1974.
- D7 BAUMGARTH, R.:  
Die Vereinfachung von Geräten zur Konstanthaltung physikalischer Größen.  
München: TU, Diss. 1976.
- D8 MAUDERER, E.:  
Beitrag zum konstruktionsmethodischen Vorgehen durchgeführt am Beispiel eines Hochleistungsschalter-Antriebs.  
München: TU, Diss. 1976.
- D9 SCHÄFER, J.:  
Die Anwendung des methodischen Konstruierens auf verfahrenstechnische Aufgabenstellungen.  
München: TU, Diss. 1977.
- D10 WEBER, J.:  
Extruder mit Feststoffpumpe – Ein Beitrag zum Methodischen Konstruieren.  
München: TU, Diss. 1978.
- D11 HEISIG, R.:  
Längencodierer mit Hilfsbewegung.  
München: TU, Diss. 1979.

- D12 KIEWERT, A.:  
Systematische Erarbeitung von Hilfsmitteln zum kostenarmen Konstruieren.  
München: TU, Diss. 1979.
- D13 LINDEMANN, U.:  
Systemtechnische Betrachtung des Konstruktionsprozesses unter besonderer Berücksichtigung der Herstellkostenbeeinflussung beim Festlegen der Gestalt.  
Düsseldorf: VDI-Verlag 1980. (Fortschritt-Berichte der VDI-Zeitschriften Reihe 1, Nr. 60).  
Zugl. München: TU, Diss. 1980.
- D14 NJOYA, G.:  
Untersuchungen zur Kinematik im Wälzlager bei synchron umlaufenden Innen- und Außenringen.  
Hannover: Universität, Diss. 1980.
- D15 HENKEL, G.:  
Theoretische und experimentelle Untersuchungen ebener konzentrisch gewellter Kreisringmembranen.  
Hannover: Universität, Diss. 1980.
- D16 BALKEN, J.:  
Systematische Entwicklung von Gleichlaufgelenken.  
München: TU, Diss. 1981.
- D17 PETRA, H.:  
Systematik, Erweiterung und Einschränkung von Lastausgleichslösungen für Standgetriebe mit zwei Leistungswegen – Ein Beitrag zum methodischen Konstruieren.  
München: TU, Diss. 1981.
- D18 BAUMANN, G.:  
Ein Kosteninformationssystem für die Gestaltungsphase im Betriebsmittelbau.  
München: TU, Diss. 1982.
- D19 FISCHER, D.:  
Kostenanalyse von Stirnzahnrädern. Erarbeitung und Vergleich von Hilfsmitteln zur Kostenfrüherkennung.  
München: TU, Diss. 1983.
- D20 AUGUSTIN, W.:  
Sicherheitstechnik und Konstruktionsmethodiken – Sicherheitsgerechtes Konstruieren.  
Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz 1985. Zugl. München: TU, Diss. 1984.
- D21 RUTZ, A.:  
Konstruieren als gedanklicher Prozess.  
München: TU, Diss. 1985.
- D22 SAUERMAN, H. J.:  
Eine Produktkostenplanung für Unternehmen des Maschinenbaues.  
München: TU, Diss. 1986.
- D23 HAFNER, J.:  
Entscheidungshilfen für das kostengünstige Konstruieren von Schweiß- und Gussgehäusen.  
München: TU, Diss. 1987.
- D24 JOHN, T.:  
Systematische Entwicklung von homokinetischen Wellenkupplungen.  
München: TU, Diss. 1987.
- D25 FIGEL, K.:  
Optimieren beim Konstruieren.  
München: Hanser 1988. Zugl. München: TU, Diss. 1988 u. d. T.: Figel, K.: Integration automatisierter Optimierungsverfahren in den rechnerunterstützten Konstruktionsprozess.

## Reihe Konstruktionstechnik München

- D26 TROPSCUH, P. F.:  
Rechnerunterstützung für das Projektieren mit Hilfe eines wissensbasierten Systems.  
München: Hanser 1989. (Konstruktionstechnik München, Band 1). Zugl. München: TU, Diss. 1988 u. d.  
T.: Tropschuh, P. F.: Rechnerunterstützung für das Projektieren am Beispiel Schiffsgetriebe.
- D27 PICKEL, H.:  
Kostenmodelle als Hilfsmittel zum Kostengünstigen Konstruieren.  
München: Hanser 1989. (Konstruktionstechnik München, Band 2). Zugl. München: TU, Diss. 1988.
- D28 KITTSTEINER, H.-J.:  
Die Auswahl und Gestaltung von kostengünstigen Welle-Nabe-Verbindungen.  
München: Hanser 1990. (Konstruktionstechnik München, Band 3). Zugl. München: TU, Diss. 1989.
- D29 HILLEBRAND, A.:  
Ein Kosteninformationssystem für die Neukonstruktion mit der Möglichkeit zum Anschluss an ein CAD-  
System.  
München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 4). Zugl. München: TU, Diss. 1990.
- D30 DYLLA, N.:  
Denk- und Handlungsabläufe beim Konstruieren.  
München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 5). Zugl. München: TU, Diss. 1990.
- D31 MÜLLER, R.:  
Datenbankgestützte Teileverwaltung und Wiederholteilsuche.  
München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 6). Zugl. München: TU, Diss. 1990.
- D32 NEESE, J.:  
Methodik einer wissensbasierten Schadenanalyse am Beispiel Wälzlagerungen.  
München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 7). Zugl. München: TU, Diss. 1991.
- D33 SCHAAL, S.:  
Integrierte Wissensverarbeitung mit CAD – Am Beispiel der konstruktionsbegleitenden Kalkulation.  
München: Hanser 1992. (Konstruktionstechnik München, Band 8). Zugl. München: TU, Diss. 1991.
- D34 BRAUNSPERGER, M.:  
Qualitätssicherung im Entwicklungsablauf – Konzept einer präventiven Qualitätssicherung für die  
Automobilindustrie.  
München: Hanser 1993. (Konstruktionstechnik München, Band 9). Zugl. München: TU, Diss. 1992.
- D35 FEICHTER, E.:  
Systematischer Entwicklungsprozess am Beispiel von elastischen Radialversatzkupplungen.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 10). Zugl. München: TU, Diss. 1992.
- D36 WEINBRENNER, V.:  
Produktlogik als Hilfsmittel zum Automatisieren von Varianten- und Anpassungskonstruktionen.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 11). Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D37 WACH, J. J.:  
Problemspezifische Hilfsmittel für die Integrierte Produktentwicklung.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 12). Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D38 LENK, E.:  
Zur Problematik der technischen Bewertung.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 13). Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D39 STUFFER, R.:  
Planung und Steuerung der Integrierten Produktentwicklung.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 14). Zugl. München: TU, Diss. 1993.

- D40 SCHIEBELER, R.:  
Kostengünstig Konstruieren mit einer rechnergestützten Konstruktionsberatung.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 15). Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D41 BRUCKNER, J.:  
Kostengünstige Wärmebehandlung durch Entscheidungsunterstützung in Konstruktion und Härterei.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 16). Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D42 WELLNIAK, R.:  
Das Produktmodell im rechnerintegrierten Konstruktionsarbeitsplatz.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 17). Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D43 SCHLÜTER, A.:  
Gestaltung von Schnappverbindungen für montagegerechte Produkte.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 18). Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D44 WOLFRAM, M.:  
Feature-basiertes Konstruieren und Kalkulieren.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 19). Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D45 STOLZ, P.:  
Aufbau technischer Informationssysteme in Konstruktion und Entwicklung am Beispiel eines elektronischen Zeichnungsarchives.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 20). Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D46 STOLL, G.:  
Montagegerechte Produkte mit feature-basiertem CAD.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 21). Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D47 STEINER, J. M.:  
Rechnergestütztes Kostensenken im praktischen Einsatz.  
Aachen: Shaker 1996. (Konstruktionstechnik München, Band 22). Zugl. München: TU, Diss. 1995.
- D48 HUBER, T.:  
Senken von Montagezeiten und -kosten im Getriebebau.  
München: Hanser 1995. (Konstruktionstechnik München, Band 23). Zugl. München: TU, Diss. 1995.
- D49 DANNER, S.:  
Ganzheitliches Anforderungsmanagement für marktorientierte Entwicklungsprozesse.  
Aachen: Shaker 1996. (Konstruktionstechnik München, Band 24). Zugl. München: TU, Diss. 1996.
- D50 MERAT, P.:  
Rechnergestützte Auftragsabwicklung an einem Praxisbeispiel.  
Aachen: Shaker 1996. (Konstruktionstechnik München, Band 25). Zugl. München: TU, Diss. 1996 u. d. T.: MERAT, P.: Rechnergestütztes Produktleitsystem
- D51 AMBROSY, S.:  
Methoden und Werkzeuge für die integrierte Produktentwicklung.  
Aachen: Shaker 1997. (Konstruktionstechnik München, Band 26). Zugl. München: TU, Diss. 1996.
- D52 GIAPOULIS, A.:  
Modelle für effektive Konstruktionsprozesse.  
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 27). Zugl. München: TU, Diss. 1996.
- D53 STEINMEIER, E.:  
Realisierung eines systemtechnischen Produktmodells – Einsatz in der Pkw-Entwicklung  
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 28). Zugl. München: TU, Diss. 1998.
- D54 KLEEDÖRFER, R.:  
Prozess- und Änderungsmanagement der Integrierten Produktentwicklung.  
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 29). Zugl. München: TU, Diss. 1998.

- D55 GÜNTHER, J.:  
Individuelle Einflüsse auf den Konstruktionsprozess.  
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 30). Zugl. München: TU, Diss. 1998.
- D56 BIERSACK, H.:  
Methode für Krafteinleitungsstellenkonstruktion in Blechstrukturen.  
München: TU, Diss. 1998.
- D57 IRLINGER, R.:  
Methoden und Werkzeuge zur nachvollziehbaren Dokumentation in der Produktentwicklung.  
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 31). Zugl. München: TU, Diss. 1999.
- D58 EILETZ, R.:  
Zielkonfliktmanagement bei der Entwicklung komplexer Produkte – am Bsp. PKW-Entwicklung.  
Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 32). Zugl. München: TU, Diss. 1999.
- D59 STÖSSER, R.:  
Zielkostenmanagement in integrierten Produkterstellungsprozessen.  
Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 33). Zugl. München: TU, Diss. 1999.
- D60 PHLEPS, U.:  
Recyclinggerechte Produktdefinition – Methodische Unterstützung für Upgrading und Verwertung.  
Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 34). Zugl. München: TU, Diss. 1999.
- D61 BERNARD, R.:  
Early Evaluation of Product Properties within the Integrated Product Development.  
Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 35). Zugl. München: TU, Diss. 1999.
- D62 ZANKER, W.:  
Situative Anpassung und Neukombination von Entwicklungsmethoden.  
Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 36). Zugl. München: TU, Diss. 1999.

### Reihe Produktentwicklung München

- D63 ALLMANSBERGER, G.:  
Erweiterung der Konstruktionsmethodik zur Unterstützung von Änderungsprozessen in der Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 37). Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D64 ASSMANN, G.:  
Gestaltung von Änderungsprozessen in der Produktentwicklung.  
München: Utz 2000. (Produktentwicklung München, Band 38). Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D65 BICHLMAIER, C.:  
Methoden zur flexiblen Gestaltung von integrierten Entwicklungsprozessen.  
München: Utz 2000. (Produktentwicklung München, Band 39). Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D66 DEMERS, M. T.:  
Methoden zur dynamischen Planung und Steuerung von Produktentwicklungsprozessen.  
München: Dr. Hut 2000. (Produktentwicklung München, Band 40). Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D67 STETTER, R.:  
Method Implementation in Integrated Product Development.  
München: Dr. Hut 2000. (Produktentwicklung München, Band 41). Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D68 VIERTLBÖCK, M.:  
Modell der Methoden- und Hilfsmittelführung im Bereich der Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2000. (Produktentwicklung München, Band 42). Zugl. München: TU, Diss. 2000.

- D69 COLLIN, H.:  
Management von Produkt-Informationen in kleinen und mittelständischen Unternehmen.  
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 43). Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D70 REISCHL, C.:  
Simulation von Produktkosten in der Entwicklungsphase.  
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 44). Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D71 GAUL, H.-D.:  
Verteilte Produktentwicklung - Perspektiven und Modell zur Optimierung.  
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 45). Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D72 GIERHARDT, H.:  
Global verteilte Produktentwicklungsprojekte – Ein Vorgehensmodell auf der operativen Ebene.  
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 46). Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D73 SCHOEN, S.:  
Gestaltung und Unterstützung von Community of Practice.  
München: Utz 2000. (Produktentwicklung München, Band 47). Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D74 BENDER, B.:  
Zielorientiertes Kooperationsmanagement.  
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 48). Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D75 SCHWANKL, L.:  
Analyse und Dokumentation in den frühen Phasen der Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 49). Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D76 WULF, J.:  
Elementarmethoden zur Lösungssuche.  
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 50). Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D77 MÖRTL, M.:  
Entwicklungsmanagement für langlebige, upgradinggerechte Produkte.  
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 51). Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D78 GERST, M.:  
Strategische Produktentscheidungen in der integrierten Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 52). Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D79 AMFT, M.:  
Phasenübergreifende bidirektionale Integration von Gestaltung und Berechnung.  
München: Dr. Hut 2003. (Produktentwicklung München, Band 53). Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D80 FÖRSTER, M.:  
Variantenmanagement nach Fusionen in Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus.  
München: TU, Diss. 2003.
- D81 GRAMANN, J.:  
Problemmodelle und Bionik als Methode.  
München: Dr. Hut 2004. (Produktentwicklung München, Band 55). Zugl. München: TU, Diss. 2004.
- D82 PULM, U.:  
Eine systemtheoretische Betrachtung der Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2004. (Produktentwicklung München, Band 56). Zugl. München: TU, Diss. 2004.
- D83 HUTTERER, P.:  
Reflexive Dialoge und Denkbausteine für die methodische Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2005. (Produktentwicklung München, Band 57). Zugl. München: TU, Diss. 2005.
- D84 FUCHS, D.:  
Konstruktionsprinzipien für die Problemanalyse in der Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2006. (Produktentwicklung München, Band 58). Zugl. München: TU, Diss. 2005.

- D85 PACHE, M.:  
Sketching for Conceptual Design.  
München: Dr. Hut 2005. (Produktentwicklung München, Band 59). Zugl. München: TU, Diss. 2005.
- D86 BRAUN, T.:  
Methodische Unterstützung der strategischen Produktplanung in einem mittelständisch geprägten Umfeld.  
München: Dr. Hut 2005. (Produktentwicklung München, Band 60). Zugl. München: TU, Diss. 2005.
- D87 JUNG, C.:  
Anforderungskklärung in interdisziplinärer Entwicklungsumgebung.  
München: Dr. Hut 2006. (Produktentwicklung München, Band 61). Zugl. München: TU, Diss. 2006.
- D88 HEBLING, T.:  
Einführung der Integrierten Produktpolitik in kleinen und mittelständischen Unternehmen.  
München: Dr. Hut 2006. (Produktentwicklung München, Band 62). Zugl. München: TU, Diss. 2006.
- D89 STRICKER, H.:  
Bionik in der Produktentwicklung unter der Berücksichtigung menschlichen Verhaltens.  
München: Dr. Hut 2006. (Produktentwicklung München, Band 63). Zugl. München: TU, Diss. 2006.
- D90 NIBL, A.:  
Modell zur Integration der Zielkostenverfolgung in den Produktentwicklungsprozess.  
München: Dr. Hut 2006. (Produktentwicklung München, Band 64). Zugl. München: TU, Diss. 2006.
- D91 MÜLLER, F.:  
Intuitive digitale Geometriemodellierung in frühen Entwicklungsphasen.  
München: Dr. Hut 2007. (Produktentwicklung München, Band 65). Zugl. München: TU, Diss. 2006.
- D92 ERDELL, E.:  
Methodenanwendung in der Hochbauplanung – Ergebnisse einer Schwachstellenanalyse.  
München: Dr. Hut 2006. (Produktentwicklung München, Band 66). Zugl. München: TU, Diss. 2006.
- D93 GAHR, A.:  
Pfadkostenrechnung individualisierter Produkte.  
München: Dr. Hut 2006. (Produktentwicklung München, Band 67). Zugl. München: TU, Diss. 2006.
- D94 RENNER, I.:  
Methodische Unterstützung funktionsorientierter Baukastenentwicklung am Beispiel Automobil.  
München: Dr. Hut 2007 (Reihe Produktentwicklung) Zugl. München: TU, Diss. 2007.
- D95 PONN, J.:  
Situative Unterstützung der methodischen Konzeptentwicklung technischer Produkte.  
München: Dr. Hut 2007 (Reihe Produktentwicklung) Zugl. München: TU, Diss. 2007.
- D96 HERFELD, U.:  
Matrix-basierte Verknüpfung von Komponenten und Funktionen zur Integration von Konstruktion und numerischer Simulation.  
München: Dr. Hut 2007. (Produktentwicklung München, Band 70). Zugl. München: TU, Diss. 2007.
- D97 SCHNEIDER, S.:  
Model for the evaluation of engineering design methods.  
München: Dr. Hut 2008 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2007.
- D98 FELGEN, L.:  
Systemorientierte Qualitätssicherung für mechatronische Produkte.  
München: Dr. Hut 2007 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2007.
- D99 GRIEB, J.:  
Auswahl von Werkzeugen und Methoden für verteilte Produktentwicklungsprozesse.  
München: Dr. Hut 2007 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2007.

- D100 MAURER, M.:  
Structural Awareness in Complex Product Design.  
München: Dr. Hut 2007 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2007.
- D101 BAUMBERGER, C.:  
Methoden zur kundenspezifischen Produktdefinition bei individualisierten Produkten .  
München: Dr. Hut 2007 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2007.
- D102 KEIJZER, W.:  
Wandlungsfähigkeit von Entwicklungsnetzwerken – ein Modell am Beispiel der Automobilindustrie.  
München: Dr. Hut 2007 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2007.
- D103 LORENZ, M.:  
Handling of Strategic Uncertainties in Integrated Product Development.  
München: Dr. Hut 2009 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2008.
- D104 KREIMEYER, M.:  
Structural Measurement System for Engineering Design Processes.  
München: Dr. Hut 2010 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2009.
- D105 DIEHL, H.:  
Systemorientierte Visualisierung disziplinübergreifender Entwicklungsabhängigkeiten mechatronischer  
Automobilsysteme.  
München: Dr. Hut 2009 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2009.
- D106 DICK, B.:  
Untersuchung und Modell zur Beschreibung des Einsatzes bildlicher Produktmodelle durch  
Entwicklerteams in der Lösungssuche.  
München: Dr. Hut 2009 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2009.
- D107 GAAG, A.:  
Entwicklung einer Ontologie zur funktionsorientierten Lösungssuche in der Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2010 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2010.
- D108 ZIRKLER, S.:  
Transdisziplinäres Zielkostenmanagement komplexer mechatronischer Produkte.  
München: Dr. Hut 2010 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2010.
- D109 LAUER, W.:  
Integrative Dokumenten- und Prozessbeschreibung in dynamischen Produktentwicklungsprozessen.  
München: Dr. Hut 2010 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2010.
- D110 MEIWALD, T.:  
Konzepte zum Schutz vor Produktpiraterie und unerwünschtem Know-how-Abfluss.  
TU München: 2010. (als Dissertation eingereicht)
- D111 ROELOFSEN, J.:  
Situationsspezifische Planung von Produktentwicklungsprozessen.  
Zugl. München: TU, Diss. 2011
- D112 PETERMANN, M.:  
Schutz von Technologiewissen in der Investitionsgüterindustrie.  
Zugl. München: TU, Diss. 2011
- D113 GORBEA, C.:  
Vehicle Architecture and Lifecycle Cost Analysis in a New Age of Architectural Competition.  
TU München: 2011. (als Dissertation eingereicht)
- D114 FILOUS, M.:  
Lizenzierungsgerechte Produktentwicklung – Ein Leitfaden zur Integration lizenzierungsrelevanter  
Aktivitäten in Produktentstehungsprozessen des Maschinen- und Anlagenbaus.  
TU München: 2011. (als Dissertation eingereicht)