

Lehrstuhl für Produktentwicklung
der Technischen Universität München

**Situative Unterstützung der
methodischen Konzeptentwicklung
technischer Produkte**

Josef Christian Ponn

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. Hartmut Hoffmann
Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christian Weber
Universität des Saarlandes

Die Dissertation wurde am 23.11.2006 bei der Technischen Universität München eingereicht
und durch die Fakultät für Maschinenwesen am 07.03.2007 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 978-3-89963-654-3

© Verlag Dr. Hut, München 2007
Sternstr. 18, 80538 München
Tel.: 089/66060798
www.dr.hut-verlag.de

Die Informationen in diesem Buch wurden mit großer Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler, z.B. bei der Beschreibung des Gefahrenpotentials von Versuchen, 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 2007

Druck und Bindung: fm-kopierbar, München (www.fm-kopierbar.de)

*„Wer glaubt, seine Methode gefunden zu haben,
mag in sich gehen und gründlich nachforschen,
ob nicht ein Teil seines Gehirns eingeschlafen ist.“*

Henry Ford

VORWORT DES HERAUSGEBERS

Problemstellung

Entwicklungsprozesse bedürfen einer situationsspezifischen Unterstützung. Entwicklungssituationen sind jedoch sehr unterschiedlich und geprägt durch eine Vielzahl von Einflussfaktoren, die teilweise große Unterschiede in ihrer Dynamik und Relevanz für die Prozessgestaltung aufweisen. Für die Unterstützung eines systematischen Vorgehens existiert in der Entwicklungsmethodik eine Vielzahl von Vorgehensmodellen. Probleme in deren Anwendung in konkreten Entwicklungssituationen entstehen unter anderem durch ihren hohen Anspruch an Allgemeingültigkeit, der geringen Granularität der Aufgabenbeschreibung und der unzureichenden Unterstützung einer flexiblen Handhabung des Vorgehensmodells. Methoden der Produktentwicklung unterstützen eine zielgerichtete Ausführung von Aufgaben. Die in der industriellen Praxis teilweise vorherrschende Skepsis gegenüber Entwicklungsmethoden hat ihre Ursache unter anderem darin, dass in konkreten Entwicklungssituationen kein zielgerichteter Zugriff auf geeignete Methoden möglich ist oder dass Methoden aufgrund mangelnder Kenntnis des Anwenders hinsichtlich der Ziele und Grenzen der Methoden falsch angewandt werden. Auch liegt der Fehler oft in den Methoden selbst: sie erweisen sich zu starr und unflexibel, um konkrete Aufgabenstellungen wirksam zu unterstützen.

Zielsetzung

Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit stellt die Entwicklung eines Lösungsansatzes zur situativen Unterstützung von Produktentwicklungsingenieuren bei ihrer täglichen Arbeit, insbesondere bei der Erarbeitung von Lösungskonzepten für technische Produkte dar. Als Grundlage für eine situationsgerechte Unterstützung wird ein möglichst einfaches Werkzeug benötigt, das der Entwickler zur aufwandsarmen Analyse seiner Situation nutzen kann. Die Unterstützung selbst konzentriert sich auf zwei Aspekte: zum einen auf die Festlegung geeigneter Aufgaben und Schritte im operativen Vorgehen, zum anderen auf die zielgerichtete Auswahl adäquater Arbeitsmethoden zu deren Ausführung.

Ergebnisse

Der Lösungsansatz dieser Arbeit zeichnet sich dadurch aus, dass eine integrierte Betrachtung und konsistente Verknüpfung der drei Themenbereiche Entwicklungssituation, systematisches Vorgehen und Methodeneinsatz vorgenommen wird. Um eine situationsgerechte Unterstützung zu ermöglichen, wurde zunächst die Notwendigkeit gesehen, eine greifbare Vorstellung darüber zu gewinnen, was unter dem Begriff „Situation“ zu verstehen ist, und welche Form die „Unterstützung“ annehmen soll. Die wesentlichen Ergebnisse dieser Arbeit umfassen ein Beschreibungsmodell, eine Informationssammlung und eine Anwendungsmethodik.

Im Beschreibungsmodell sind die relevanten Begriffe und Parameter zur Beschreibung von Entwicklungssituationen, Aufgaben und Methoden definiert. Ein wesentlicher Bestandteil des Modells ist darüber hinaus die Verknüpfungsstruktur zwischen diesen drei Bereichen. Die Informationssammlung stellt die Instanziierung bzw. Befüllung des Beschreibungsmodells

dar mit Inhalten, die für das Anwendungsgebiet der Arbeit, die Konzeptentwicklung technischer Produkte, relevant sind. Zur Informationssammlung gehören eine Morphologie der Entwicklungssituation, ein Prozessbaukasten sowie ein Methodenbaukasten. Die Anwendungsmethodik beschreibt die Nutzung der Informationssammlung für die Unterstützung von operativen Entwicklungsprozessen. Sie wurde als Vorgehensmodell formuliert, das aus den vier Schritten Situationsanalyse, Aufgabenauswahl, Methodenauswahl und Methodenanwendung besteht. Jeder Schritt ist jeweils in Teilschritte gegliedert, denen geeignete Methoden und Werkzeuge zugeordnet sind. Zur Unterstützung des Aufbaus der Informationssammlung und der Anwendung der Methodik in konkreten Entwicklungsprozessen wurde ein webbasiertes Rechnerwerkzeug konzeptionell entwickelt und prototypisch implementiert.

Folgerungen für die industrielle Praxis

Die Ergebnisse dieser Arbeit beinhalten konkrete Hilfsmittel, die Produktentwickler in der Praxis in ihrer operativen Arbeit direkt nutzen können, insbesondere den Prozess- und Methodenbaukasten. Die darin enthaltenen Prozessbausteine bzw. Methoden sind derart strukturiert und aufbereitet, dass ein schnelles Erfassen relevanter Informationen und somit die gezielte Auswahl von Aufgaben und Methoden ermöglicht wird. Die Akzeptanz von Instrumentarien der Entwicklungsmethodik bei potenziellen Anwendern in der Industrie ist abhängig vom Verhältnis zwischen dem verursachten Aufwand und dem generierten Nutzen. Der Einstieg erfolgt hier über die Analyse der Entwicklungssituation als Basis für die Identifikation adäquater Aufgaben und Methoden. Den Schlüssel für eine aufwandsarme Situationsanalyse stellt die Unterscheidung in direkten und indirekten Kontext der Entwicklungssituation dar. Die Erfassung des direkten Kontextes, der ausschlaggebend für die Wahl geeigneter Aufgaben ist, ist jederzeit im Prozess schnell möglich. Konkret wird der Analysevorgang durch ein System von Checklisten realisiert, die vordefinierte Situationskonstellationen enthalten.

Folgerungen für Forschung und Wissenschaft

In der Arbeit wurde die zentrale Bedeutung einer differenzierten Sicht auf die Entwicklungssituation herausgestellt. Damit wurde dem Umstand Rechnung getragen, dass eine situationsgerechte Unterstützung zwar häufig gefordert wird, dass es aber bisher an einer allgemein anerkannten Definition des Situationsbegriffs mangelt. Hier führt die vorliegende Arbeit die Erkenntnisse des bestehenden Stands der Forschung zusammen und bietet eine schlüssige Definition. Die Konkretisierung des Lösungsansatzes erfolgte für das Themengebiet der Konzeptentwicklung technischer Produkte. Das Beschreibungsmodell für Situationen, Aufgaben und Methoden ist jedoch bewusst allgemein formuliert, so dass eine Übertragung auf weitere Anwendungsgebiete denkbar ist und somit für Arbeiten auf dem Gebiet der Methodenforschung eine wertvolle Grundlage bietet.

Garching, im August 2007

Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann

Lehrstuhl für Produktentwicklung
Technische Universität München

DANKSAGUNG

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Produktentwicklung der Technischen Universität München von Juli 2001 bis August 2007.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Professor Dr.-Ing. Udo Lindemann für das in mich gesetzte Vertrauen und das Engagement sowie die Unterstützung, mit der er meine Arbeit begleitete. Die mir entgegengebrachte stets konstruktive Kritik gepaart mit der Gewährung gestalterischer Freiheit bildete die Grundlage für das Gelingen der Arbeit.

Professor Dr.-Ing. Christian Weber vom Lehrstuhl für Konstruktionstechnik/CAD der Universität des Saarlandes danke ich ganz herzlich für die Übernahme der Zweitberichterstattung sowie für die konstruktive Diskussion bei der Präsentation meiner Arbeit in Saarbrücken. Für die Übernahme des Vorsitzes der Prüfungskommission und die damit einhergehende organisatorische Abwicklung der Dissertation danke ich Professor Dr.-Ing. Hartmut Hoffmann vom Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen der Technischen Universität München.

Mein aufrichtiger Dank geht an alle meine Kolleginnen und Kollegen am Lehrstuhl für die gute Zusammenarbeit in Projekten, Forschung und Lehre. Die freundschaftliche Atmosphäre hat wesentlich dazu beigetragen, dass meine Verweildauer am Lehrstuhl überdurchschnittlich lang ausfiel und dass ich die Lehrstuhlzeit immer in guter Erinnerung behalten werde. Stellvertretend für alle, die hier nicht explizit genannt sind, danke ich Alexandra Nißl für die tolle Zusammenarbeit in der gemeinsamen Betreuung des „Ruderroboter“-Produktentwicklungsseminars und des Tutorensystems Garching.

Ebenso möchte ich mich bei den zahlreichen Diplomanden, Semestranden und wissenschaftlichen Hilfskräften für ihr Engagement und ihre kreativen Ideen bedanken. Besonders hervorheben möchte ich dabei Constantin von Saucken und Tobias Dirndorfer.

Jöran Grieb und Thomas Braun bin ich für die Durchsicht meiner Dissertation und die wertvollen konstruktiven Anmerkungen in hohem Maße dankbar. Frank Deubzer, Thomas Braun, Christoph Baumberger und Maik Maurer danke ich herzlich für das intensive Feedback zu meinen Probevorträgen, was wesentlich zum Erfolg meiner Doktorprüfung beigetragen hat.

Ein außerordentlicher Dank gebührt meiner Familie, insbesondere meinen Eltern, die mir auf meinem Weg stets uneingeschränkte Unterstützung und Förderung entgegenbrachten. Am allermeisten danke ich meiner wundervollen Frau Yoohee, der ich diese Arbeit widme. Sie hat die langen Monate des Schreibens mit viel Geduld und Verständnis begleitet und mir den Rückhalt sowie die notwendige Motivation dafür gegeben, um die Dissertation endlich zu einem Abschluss bringen zu können.

Garching, im August 2007

Josef Christian Ponn

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation	1
1.2	Motivation und Problemstellung	3
1.3	Zielsetzung der Arbeit	8
1.4	Aufbau der Arbeit	10
2	Grundlagen der Arbeit	13
2.1	Grundverständnis	13
2.2	Themeneingrenzung	15
2.3	Erfahrungsgrundlage	19
2.4	Forschungsmethodik	21
2.4.1	Wissenschaftlicher Rahmen	21
2.4.2	Rahmenbedingungen untersuchter Entwicklungsprozesse	24
2.4.3	Methoden zur Erfassung von Entwicklungsprozessen	26
2.4.4	Analyse der Dokumentation studentischer Entwicklungsprojekte	28
3	Entwicklungssituationen in der Konzeptentwicklung	29
3.1	Konzeptentwicklung	29
3.1.1	Begriffsklärung	29
3.1.2	Konzipieren als Teil des Produktentwicklungsprozesses	32
3.1.3	Konzipieren als Informationsverarbeitung und Modellbildung	35
3.1.4	Konzipieren als Problemlösung und kreativer Prozess	38
3.1.5	Konzipieren als dynamischer, schwer strukturierbarer Prozess	40
3.1.6	Problematik und Fazit	41
3.2	Entwicklungssituationen	43
3.2.1	Der Begriff der Entwicklungssituation	43
3.2.2	Beschreibung und Darstellung der Entwicklungssituation	47
3.2.3	Einflussfaktoren der Entwicklungssituation	50
3.2.4	Ansätze zur situationsgerechten Unterstützung der Entwicklung	55
3.2.5	Problematik und Fazit	60
3.3	Analyse studentischer Entwicklungsprojekte	61

3.4	Anforderungen an einen Lösungsansatz	65
4	Bestehende Ansätze für eine systematische Produktentwicklung	67
4.1	Unterstützung eines systematischen Vorgehens	67
4.1.1	Begriffsklärung: Vorgehen, Prozesse, Aufgaben	67
4.1.2	Beschreibung und Modellierung von Aufgaben und Prozessen	69
4.1.3	Vorgehensmodelle der Produktentwicklung	70
4.1.4	Einsatz von Vorgehensmodellen in der Praxis	79
4.1.5	Umgang mit Vorgehensmodellen in Studentenprojekten	83
4.1.6	Problematik und Fazit	86
4.2	Gezielter Einsatz von Arbeitsmethoden	90
4.2.1	Methode: Begriffsdefinition und Abgrenzung	90
4.2.2	Beschreibung und Charakterisierung von Methoden	92
4.2.3	Methodensammlungen der Produktentwicklung	94
4.2.4	Einsatz von Methoden im Entwicklungsprozess	102
4.2.5	Einsatz von Methoden in Studentenprojekten	107
4.2.6	Problematik und Fazit	110
4.3	Begleitende Aspekte aus weiteren Themenbereichen	113
4.3.1	Denkpsychologie	113
4.3.2	Einsatz von Produktmodellen	114
4.3.3	Informations- und Wissensmanagement	117
4.4	Handlungsbedarf für diese Arbeit	119
5	Ansatz zur situativen Unterstützung der methodischen Konzeptentwicklung	121
5.1	Beschreibungsmodell als Grundlage des Lösungsansatzes	122
5.1.1	Beschreibungsmodell der Entwicklungssituation	122
5.1.2	Beschreibungsmodell für Prozessbausteine	125
5.1.3	Beschreibungsmodell für Methoden	126
5.1.4	Verknüpfungsstruktur: Integration der drei Themenbereiche	129
5.2	Aufbau einer Informationssammlung	135
5.2.1	Generierung einer Morphologie der Entwicklungssituation	136
5.2.2	Aufbau eines Prozessbaukastens	139
5.2.3	Aufbau eines Methodenbaukastens	141
5.2.4	Erstellung von Zuordnungen	143

5.3	Anwendung zur situativen Prozessunterstützung	147
5.3.1	Situationsanalyse	149
5.3.2	Aufgabenauswahl	152
5.3.3	Methodenauswahl	155
5.3.4	Methodenanwendung	157
5.4	Rechnertechnische Umsetzung des Ansatzes	158
5.4.1	Grundlagen der rechnerischen Umsetzung	158
5.4.2	Administrationsumgebung	161
5.4.3	Redaktionsumgebung	161
5.4.4	Anwendungsumgebung	162
6	Diskussion und Bewertung des Lösungsansatzes	163
6.1	Aufbau einer Informationssammlung	163
6.1.1	Überarbeitung eines Lehrbuchs für die methodische Produktentwicklung	163
6.1.2	Implementierung eines firmenspezifischen Methodenhandbuchs	165
6.2	Operative Unterstützung von Entwicklungsprojekten	167
6.2.1	Entwicklung eines Transportsystems für Stahlbetonblöcke	167
6.2.2	Entwicklung eines Konzepts zum Knacken von Nüssen	169
6.3	Allgemeine Diskussion und Bewertung des Ansatzes	172
6.3.1	Bewertung hinsichtlich Anforderungserfüllung	172
6.3.2	Bewertung hinsichtlich Erfüllung wissenschaftlicher Kriterien	174
6.4	Offene Punkte und zukünftiges Forschungspotenzial	177
7	Zusammenfassung und Ausblick	179
7.1	Zusammenfassung	179
7.2	Ausblick	182
8	Literaturverzeichnis	183
9	Glossar	205
10	Anhang	215
10.1	Ordnungsschema für die Produktentwicklung	215
10.2	Stand der Forschung zur Entwicklungssituation	224
10.3	Stand der Forschung zu Vorgehensmodellen	231
10.4	Stand der Forschung zu Methoden der Produktentwicklung	232
10.5	Analyse studentischer Entwicklungsprojekte	243

10.6	Morphologie der Entwicklungssituation	247
10.7	Prozessbaukasten für die Konzeptentwicklung	250
10.8	Methodenbaukasten für die Konzeptentwicklung	260
11	Dissertationsverzeichnis des Lehrstuhls für Produktentwicklung	283

1 Einleitung

Im Mittelpunkt dieser Arbeit steht der Begriff der *Entwicklungssituation* bzw. *Situation des Produktentwicklers*. „Entwickler müssen immer mit den wesentlichen Aspekten der Situation vertraut sein, um sich mit ihren Handlungen darauf einzustellen.“ [LINDEMANN 2007, S. 29]. Eine *Situationsanalyse* bildet auch den Anfang dieser Arbeit. In Kapitel 1.1 wird zunächst allgemein die *Situation der Produktentwicklung in der heutigen Zeit* beschrieben, indem auf *Einflussbereiche auf den Entwicklungsprozess* und *wichtige aktuelle Herausforderungen* eingegangen wird. Daraufhin wird in Kapitel 1.2 das betrachtete Themenfeld eingegrenzt. Anhand zweier konkreter *Entwicklungssituationen*, d. h. zweier beispielhafter *Situationen aus beobachteten Entwicklungsprojekten*, werden die *Motivation* und die *Problemstellung* der vorliegenden Arbeit verdeutlicht. Danach erfolgt in Kapitel 1.3 die *Formulierung einer konkreten Zielsetzung*. Kapitel 1.4 gibt einen *Überblick über Struktur und Inhalte der Arbeit*.

1.1 Ausgangssituation

Die Produktentwicklung sieht sich heutzutage mit einer Reihe von **Herausforderungen** konfrontiert, von denen einige wesentliche Aspekte in Bild 1 dargestellt sind. Es sind hierbei sowohl externe als auch interne Einflussbereiche zu unterscheiden.

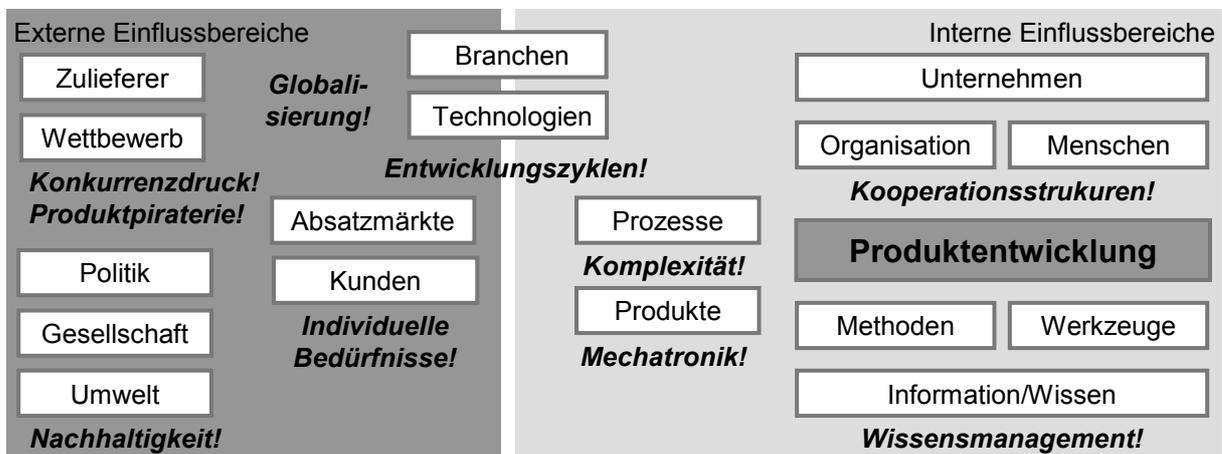


Bild 1: Einflussbereiche auf die Produktentwicklung und Herausforderungen

Zu den **externen Rahmenbedingungen** der Produktentwicklung zählen die Bedürfnisse von Kunden und Absatzmärkten. Das Anspruchsniveau der Kunden ist in den vergangenen Jahrzehnten gestiegen, die Kundenanforderungen sind heute wesentlich differenzierter und in vielen Branchen hat sich ein Wandel von Verkäufer- zu Käufermärkten vollzogen [PICOT ET AL. 2003, S. 3]. Kunden verlangen immer häufiger Produkte, die auf ihre individuellen Bedürfnisse hin angepasst sind [LINDEMANN ET AL. 2006, S. 1]. Die Globalisierung – im Sinne einer zunehmenden Integration und Verbindung der einzelnen Teile der Welt – geht einher mit dem Trend zur Individual- und Informationsgesellschaft [PULM 2004, S. 13]. Die Wettbe-

werbssituation hat sich für viele Unternehmen verschärft: eine höhere Anzahl an Konkurrenten, eine zunehmende Produktkomplexität und eine Verkürzung der Produktlebenszyklen erhöhen den Wettbewerbsdruck [GAUSEMEIER ET AL. 2004, S. 1]. Um die langfristige Wettbewerbsfähigkeit zu sichern, müssen Unternehmen innovative Produkte innerhalb kürzester Zeit entwickeln, was eine besondere Herausforderung ist, da eine höhere Produktkomplexität eher eine Verlängerung der Entwicklungsdauer bedingt [EVERSHEIM & SCHUH 2005, S. 5].

Außerdem bedroht das Phänomen der Produktpiraterie zunehmend den Absatz und schädigt dadurch die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen. Der Schutz vor Produktpiraterie und ungewolltem Know-how-Transfer ist deshalb für ein Land wie Deutschland, dessen wertvollste Ressourcen Wissen und Know-how sind und dessen Unternehmen sich weltweit starke Markennamen erarbeitet haben, von herausragender Bedeutung [WILDEMAN ET AL. 2007, S. 2]. Schließlich erhält auch die Optimierung von Produkten bzgl. ihrer Umweltauswirkungen einen immer größeren Stellenwert in der Gesellschaft. Es bedarf einer Nachhaltigen Entwicklung (Sustainable Development), bei der die Erschließung von Rohstoffen, die Durchführung von Investitionen und die technologische Entwicklung einem kontinuierlichen Prozess der Veränderung unterliegen, bei welchem aktuelle wie zukünftige Bedürfnisse berücksichtigt werden [WBCSD 2007, S. 9].

Zu den **internen Rahmenbedingungen** der Produktentwicklung zählt die Herausforderung einer steigenden Komplexität im Unternehmen, welche ein Maß erreicht hat, das die Kontroll- und Koordinationskosten aus dem Ruder laufen lässt, weshalb die Handhabung der Komplexität zum Kern der Managementaufgabe wird [SCHUH & SCHWENK 2001, S. 3]. WEBER bricht die Komplexität auf vier Hauptkomponenten herunter: eine erhöhte Produktkomplexität, eine erhöhte Anzahl an Produktvarianten, eine erhöhte Produktinnovationsgeschwindigkeit sowie neue Formen der Arbeitsverteilung und Organisation (z. B. Integration der Zulieferer) [WEBER 2005B, S. 1]. Die Produktkomplexität wächst, da die Mechatronik Einzug in die Erzeugnisse des Maschinenwesens hält und zunehmend Aufgaben übernimmt, die bisher klassisch durch mechanische Lösungen verrichtet wurden. Hierbei steuern die Disziplinen Mechanik, Elektrotechnik und Informationstechnik jeweils ihren Anteil zur Funktionserfüllung bei [BENDER ET AL. 2005, S. 7]. Mechatronische Systeme zeichnen sich dabei durch eine große Bandbreite an möglichen Ausprägungen aus und können beispielsweise durch eine räumliche Integration von Mechanik und Elektronik oder ein kontrolliertes Bewegungsverhalten von Mehrkörpersystemen realisiert werden [GAUSEMEIER & FELDMANN 2006].

Die Komplexität der Produkte wirkt sich auch auf die Prozesse und Organisation der Produkterstellung aus. Moderne Organisationsstrukturen erfordern effiziente und flexible Koordinations-, Kommunikations- sowie Kooperationsstrukturen für räumlich und zeitlich getrennt ablaufende Planungs-, Entwicklungs-, Entscheidungs- und Überwachungsprozesse [KRAUSE ET AL. 2007, S. 61]. Die Ressource Wissen wird heutzutage als fundamentale Einflussgröße auf den wirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmens angesehen [PROBST ET AL. 1997, S. 18]. Einem effektiven und effizienten Wissensmanagement in der Produktentwicklung, die ein höchst wissensintensiver Prozess ist, kommt daher eine entscheidende Bedeutung zu. In der Praxis führen jedoch Erscheinungen wie Informationsflut, unbeabsichtigte Doppelarbeit, Fehlerwiederholung, Mangel an Wissensträgern sowie benötigtem Wissen (am richtigen Ort zur richtigen Zeit) zu typischen Problemsituationen [SCHOEN 2000, S. 2].

Schon diese kurze Beschreibung der Ausgangssituation der Produktentwicklung zeigt den Umfang der aktuellen Herausforderungen. Hierbei wurden noch nicht einmal alle denkbaren Aspekte erwähnt und zudem sind die einzelnen Einflussfaktoren hochgradig miteinander vernetzt. Aus diesen Herausforderungen ergeben sich jedoch wiederum Chancen bzw. **Potenziale für Innovation** [KRAUSE ET AL. 2007]. So bietet unter anderem ein erfolgreiches Komplexitätsmanagement die Chance auf schwer einholbare Vorteile im Wettbewerb und die Nutzung zusätzlicher profitabler Marktnischen [S. 3]. Der Nutzen mechatronischer Systeme liegt vor allem in der Erhöhung der Funktionsvielfalt [S. 35]. Den gestiegenen Herausforderungen in der Gestaltung von Entwicklungsprozessen kann mittels flexiblierter Prozessstrukturen und einer verstärkten methodischen Unterstützung begegnet werden [S. 89]. Dadurch können auch individuelle Kundenwünsche besser erfüllt und kundengetriebene Innovationen ermöglicht werden [S. 107]. Chancen zur Bewältigung der Prozesskomplexität bieten zudem neuartige Organisationsstrukturen und Kollaborationstechnologien [S. 61].

Die globalen Rahmenbedingungen der Produktentwicklung, die hier kurz umrissen wurden, wirken sich auf die **operativen Aktivitäten von Entwicklern** in der tagtäglichen Projektarbeit aus. Angesichts der Vielzahl an Herausforderungen und insbesondere der Dynamik, mit der sich Situationen ändern, müssen Entwickler immer mit den für sie wesentlichen Aspekten der Entwicklungssituation vertraut sein, um sich mit ihren Handlungen darauf einzustellen [LINDEMANN 2007, S. 29]. Um Handlungen systematisch und zielgerichtet durchzuführen, stellt die Entwicklungsmethodik eine Reihe von Hilfsmitteln bereit, von denen im Rahmen dieser Arbeit insbesondere Vorgehensmodelle und Arbeitsmethoden im Fokus stehen. Diese bieten dem Entwickler potenziell Unterstützung im Prozess, aber nur wenn sie sinnvoll, d. h. situationsgerecht und zielgerichtet eingesetzt werden.

Bedingt durch die große Zahl der Freiheitsgrade in den frühen Phasen, in welchen die Weichen für den weiteren Entwicklungsprozess gestellt werden, ist hier das Potenzial für Verbesserungen und Innovationen am größten [KRAUSE ET AL. 2007, S. 99]. Deshalb findet im Rahmen der Arbeit eine Konzentration auf die frühen Phasen der Produktentwicklung statt. Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Ansatzes zur methodischen Unterstützung von Produktentwicklungsingenieuren bei der Erarbeitung von Lösungskonzepten für technische Aufgabenstellungen, im Folgenden als Konzeptentwicklung bezeichnet.

1.2 Motivation und Problemstellung

Zur Veranschaulichung der Thematik und Problemstellung werden zwei Fallbeispiele herangezogen. Diese stammen aus Entwicklungsprojekten, die am Lehrstuhl für Produktentwicklung der TU München durchgeführt wurden. Der Autor war nicht persönlich an diesen Projekten beteiligt, sondern nahm die Rolle eines externen Beobachters ein. Die zwei Beispiele sollen verdeutlichen, dass der Einsatz von Entwicklungsmethodik zwar prinzipiell einen Beitrag zu einem erfolgreichen Entwicklungsprojekt leisten kann. Jedoch hat die Auswahl und Anwendung konkreter Vorgehensweisen und Methoden gezielt und unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen der Entwicklungssituation zu erfolgen. Ist das Gegenteil der Fall, kann das zu Frustration und Skepsis gegenüber den Instrumentarien der Entwicklungsmethodik führen.

Fallbeispiel 1: Konzeptentwicklung für einen Auslösemechanismus

Inhalt des ersten Fallbeispiels ist die Entwicklung eines Systems, das einen Lawinenairbag ferngesteuert auslöst [GRAMANN 2004, S. 59-62]. Der hier dargestellte Ausschnitt aus dem Projekt bezieht sich auf die Konzeptfindung für eine elektromagnetische Verriegelung, die bei Bedarf eine gespannte Feder freigibt, um einen Schlagbolzen zu beschleunigen, damit eine Platzpatrone gezündet wird. Die Aufgabe wurde von zwei erfahrenen Entwicklern durchgeführt, beide wissenschaftliche Mitarbeiter am Lehrstuhl für Produktentwicklung und nach eigenen Worten „ein erfahrenes und eingespieltes Entwicklerteam“. Die Herausforderung lag in den besonderen Anforderungen an den Auslösemechanismus: hohe Rückhaltekraft der Feder bei wenig Bauraum für den Elektromagneten. Es wurde folgende Fragestellung formuliert: „Finde eine geeignete Übersetzung, welche die Feder mit geringer Kraft freigibt.“

Im Prozess fand zunächst eine Suche nach verfügbaren Lösungsprinzipien mit Hilfe der Konstruktionskataloge nach [ROTH 1994] statt. Es wurde die Prinziplösung ‚Kraftmultiplikation durch Ausnutzen des Reibungseffekts‘ ausgewählt (Bild 2, Skizze 1). Eine Überschlagsrechnung zeigte, dass die Hebelverhältnisse nicht die benötigte Übersetzung brachten. Nach mehreren Iterationsschleifen und Variationen am Konzept (Skizze 2 und 3) wurde erkannt, dass ein Hebel überflüssig war und praktisch keine Übersetzung bot. Daher wurde ein Konzept mit lediglich einem Hebel (Skizze 4) konstruktiv umgesetzt und bot die erwünschte Funktion. In der Reflexion des Prozesses kamen die Entwickler zu dem Schluss, dass „regelrecht dumme Fehler unterlaufen“ waren [GRAMANN 2004, S. 62]. Durch die Skizze im Konstruktionskatalog war eine Fixierung auf eine Lösung mit zwei Hebeln entstanden. Als Vorschlag für eine zielführendere Unterstützung des Kreativprozesses wurde daher genannt, dass abstrakte Formulierungen des Lösungsprinzips (etwa in der Art „Nutze zur Übersetzung Reibung und verstärke diese gegebenenfalls durch einen Hebel“) bereitgestellt werden könnten.

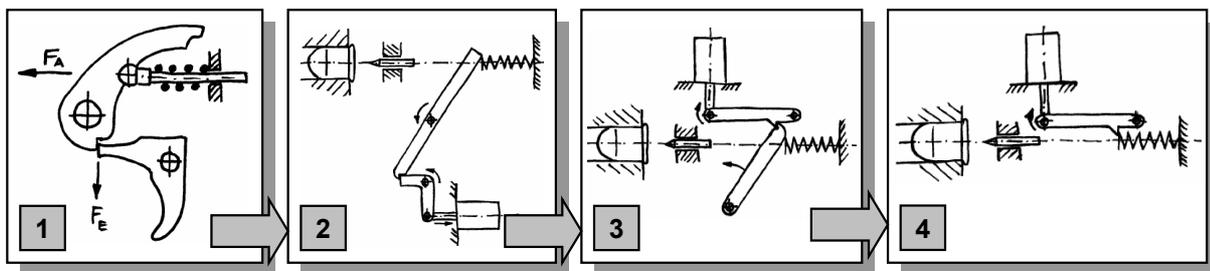


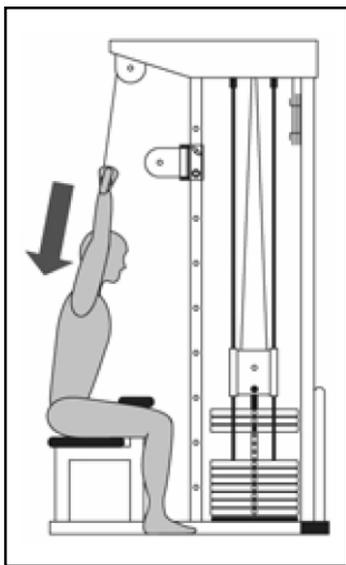
Bild 2: Konzeptentwicklung für einen Auslösemechanismus (Fallbeispiel 1)

Aus produktbezogener Sicht verdeutlicht das Beispiel, dass die Orientierung an bekannten Lösungsprinzipien sicherlich wichtig ist, um das Rad nicht neu zu erfinden. Jedoch war in diesem Falle eine Anpassung der Lösung an die Randbedingungen der Aufgabenstellung unbedingt notwendig. Aus prozessbezogener Sicht ist es ebenfalls wichtig, auf bestehendes Wissen zurückzugreifen, was sich hier beispielsweise auf bewährte Vorgehensweisen, Methoden und Werkzeuge bezieht. Dabei besteht auch hier die Notwendigkeit, situative Gegebenheiten zu berücksichtigen, z. B. die Charakteristika der Aufgabenstellung aber auch die Eigenschaften der involvierten Entwickler oder des Umfelds. Aus dem Beispiel zu schließen, die praktische Anwendbarkeit von Konstruktionskatalogen sei generell zu bezweifeln, wäre sicherlich nicht gerechtfertigt. Dennoch wird der Bedarf deutlich, Vorgehensweisen und Methoden situativ auszuwählen und anzupassen. Im konkreten Beispiel könnte

dies durch den Vorschlag von GRAMANN realisiert werden, Konstruktionskataloge um abstrakte Prinzipformulierungen zu ergänzen oder ganz auf grafische Repräsentationen zu verzichten, da sie Strukturänderungen erschweren [GRAMANN 2004, S. 62].

Fallbeispiel 2: Konzeptentwicklung für ein lastvariables Krafttrainingsgerät

Das zweite Fallbeispiel stammt aus einem studentischen Entwicklungsprojekt in Zusammenarbeit mit einem Lehrstuhl der Fakultät für Sportwissenschaften der TU München. Zielsetzung war hier die Entwicklung eines Krafttrainingsgeräts, eines Geräts für den Rückenzug (siehe Bild 3), wie man es in Fitnessstudios vorfindet. Als besondere Funktion war eine lastvariable Übersetzung zu integrieren, d. h. die Möglichkeit der Veränderung des Trainingsgewichts während der Übung. Im Prozess orientierte sich der Student laut eigener Aussage am Vorgehensplan der VDI-Richtlinie 2221 [VDI 1993] und dem Münchener Vorgehensmodell [LINDEMANN 2007]. Erste Arbeitsschritte umfassten die Erstellung einer Anforderungsliste, die Recherche nach existierenden Geräten, eine Funktionsbetrachtung, die Erstellung eines Morphologischen Kastens, eine Punktbewertung und die Auswahl eines weiter zu verfolgenden Lösungskonzepts.



	Lsg 1 Fahrrad- schal- tung	Lsg 2 Zahn- radge- triebe	Lsg 3 Fla- schen- zug	Lsg 4 2 vari- able Rollen	Lsg 5 1 vari- able Rolle	Lsg 6 variable Hebel	Lsg 7 Keil- riemen
lineare Zugkraft möglich	3	3	3	3	3	0	3
frei wählbare Übersetzungen	2	2	0	3	2	3	3
Reibung im System	1	2	1	3	3	3	1
Rucken beim Gangwechsel	1	2	2	2	3	2	3
Geräuschentwicklung	1	2	2	3	3	3	2
Bauraumbedarf	2	3	1	3	2	1	2
Entwicklungsrisiko	3	2	1	1	1	3	1
Fertigungsaufwand	3	1	2	2	2	3	1
Herstellkosten	3	1	2	2	2	3	1
gesamt (max. 27)	19	18	14	22	21	21	17

Bild 3: Konzeptentwicklung für ein lastvariables Krafttrainingsgerät (Fallbeispiel 2)

Im Bewertungsschritt standen insgesamt sieben Lösungen zur Auswahl (siehe Bild 3), von denen in der Punktbewertung zwei durch KO-Kriterien ausgeschlossen wurden (Lösung drei und sechs). Punktsieger war zwar Lösung vier, die nach Aussage des Studenten das technisch beste Konzept darstellte. Weiter verfolgt wurde jedoch Lösung eins, die nach Punkten Viertbeste. Hier stellt sich die Frage nach der Bedeutung dieses Bewertungsschritts für den Projektverlauf und die Projektergebnisse. Das Schema zur Ermittlung des technischen Punktsiegers hatte der Student alleine generiert und ausgefüllt. In der Präsentation gegenüber Betreuern und Auftraggebern stellten sich insbesondere die Kriterien Entwicklungsrisiko und Fertigungsaufwand für die Konzeptauswahl als ausschlaggebend heraus. Daher wurden nur die Lösungen eins und zwei diskutiert, Lösung eins schließlich für eine prototypische Realisierung ausgewählt.

Der hier beschriebene Entwicklungsprozess entspricht insgesamt einem typischen studentischen Entwicklungsprojekt. Das Beispiel der Punktbewertung wurde zur Diskussion eines „richtigen“ Vorgehens und Methodeneinsatzes herangezogen. Studentische Entwickler weisen in der Regel noch nicht die Erfahrung von Ingenieuren in der Praxis auf, was die Bedeutung einer methodischen Vorgehensweise unterstreicht. Aufgabe der Betreuer ist die Anleitung zum selbstständigen Arbeiten, d. h. die Gratwanderung zwischen einer detaillierten Vorgabe von Schritten und Methoden und dem Gewähren nahezu vollständiger Planungs- und Entscheidungsfreiheiten im Prozess.

Das Münchener Vorgehensmodell, auf welches im Verlauf der Arbeit noch detaillierter eingegangen wird, wurde mit dem Anspruch entwickelt, eine flexible Planung und Gestaltung von Entwicklungsprozessen zu unterstützen [LINDEMANN 2007, S. 49]. Die praktische Umsetzung, insbesondere die Flexibilität in der Anwendung, bedarf jedoch einer gewissen Expertise. Somit fällt nach der Erfahrung des Autors insbesondere methodisch unerfahrenen Entwicklern der Umgang mit dem Modell schwer. Oftmals erfolgt eine starre Abarbeitung der Schritte in der vorgeschlagenen Standardsequenz. Ferner ist gerade in Studentenprojekten zu beobachten, dass zwar eine Vielzahl an Methoden eingesetzt wird. Jedoch werden Methoden teilweise nur „um der Methode willen“ angewandt. Ihr konkreter Beitrag für weitere Arbeitsschritte und das Endergebnis bleibt unklar. Methoden werden oftmals auch falsch angewandt.

Im oben beschriebenen Prozess der Konzeptauswahl für das Rückenzuggerät hätte sich z. B. eine Vorauswahl angeboten, um zunächst durch KO-Kriterien die Zahl der zu betrachtenden Alternativen zu reduzieren. In der Punktbewertung wäre eine Gewichtung der Kriterien zweckmäßig gewesen. Und letztendlich hätten bei der Durchführung der Bewertung alle am Projekt Beteiligten eingebunden werden müssen, damit das Befüllen des Punkteschemas einen tatsächlichen Nutzen für den weiteren Verlauf des Projektes bringt.

Themengebiete und Problemfelder dieser Arbeit

Bild 4 gibt einen Überblick über die in dieser Arbeit fokussierten Themengebiete und methodischen Ansätze, sowie die zugehörigen Problemfelder, für welche Lösungsansätze zu erarbeiten sind. Das erste Themengebiet ist die Entwicklungssituation, deren Anforderungen es zu berücksichtigen gilt. Das zweite Themenfeld ist das systematische Vorgehen von Produktentwicklern und dessen Planung in Abhängigkeit von der Situation. Das dritte Themenfeld ist schließlich der Einsatz von Methoden im Produktentwicklungsprozess. Die einzelnen Themenblöcke werden im Folgenden diskutiert.

Themengebiete	Methodische Ansätze	Problemstellungen, Problemfelder
Situationsspezifische Anforderungen an die Prozessunterstützung	Beschreibung, Klassifikation und Analyse der Entwicklungssituation	Mangel an adäquaten Möglichkeiten zur Beschreibung relevanter Situationsaspekte als Basis für eine gezielte Unterstützung
Systematisches Vorgehen im Prozess	Vorgehensmodelle, situative Prozessplanung	Mangel an flexibler, situativer Unterstützung der Festlegung operativer Aktivitäten
Einsatz von Methoden der Produktentwicklung	Methodensammlungen, Methodenmodelle	Mangel an Unterstützung eines situationsgerechten Methodeneinsatzes

Bild 4: Fokussierte Ansätze der Entwicklungsmethodik und zugehörige Problemfelder

In der Literatur findet sich häufig eine Betonung der Notwendigkeit einer **situationspezifischen Unterstützung** des Entwicklungsprozesses, z. B. bei [BIRKHOFER ET AL. 2005]. Entwicklungssituationen sind jedoch sehr unterschiedlich. Sie sind geprägt durch eine Vielzahl von Einflussfaktoren, beispielsweise den Eigenschaften der beteiligten Personen, den Merkmalen der zu entwickelnden Produkte, den zeitlichen und finanziellen Rahmenbedingungen des Entwicklungsprojekts etc. Daher bedürfen diese Situationen auch entsprechend angepasster Ansätze zu ihrer Unterstützung. Als Grundlage hierfür wird zunächst die Notwendigkeit gesehen, den schwammigen Begriff der „Entwicklungssituation“ greifbar zu machen, d. h. mithilfe geeigneter Kriterien adäquat beschreiben und charakterisieren zu können. Zahlreiche empirische Forschungsarbeiten beschäftigen sich mit der detaillierten Analyse von situativen Einflussfaktoren und deren Auswirkungen auf den Prozess und das Ergebnis (z. B. [FRANKENBERGER 1997], [GÜNTHER 1998]). Jedoch herrscht ein Mangel an einfachen Möglichkeiten zur Identifikation und Beschreibung relevanter Situationsaspekte in konkreten Situationen, die eine Zuordnung geeigneter Maßnahmen der Unterstützung erlauben.

Mit einem **systematischen Vorgehen** im Entwicklungsprozess ist die Wahl geeigneter Aktivitäten in Abhängigkeit von der Entwicklungssituation gemeint, also der situativen Prozessgestaltung (Planung, Steuerung, Durchführung). Hierfür existiert eine Vielzahl von Vorgehensmodellen, die ein Vorgehen entweder im Sinne einer deskriptiven Beschreibung oder einer präskriptiven Vorgabe von Arbeitsschritten aufzeigen. Probleme im Umgang mit Vorgehensmodellen entstehen durch ihren hohen Anspruch an Allgemeingültigkeit. Dadurch sind sie zum einen prinzipiell für viele Situationen gültig, aber in spezifischen Situationen schwer anwendbar, da die Anpassung auf die situativen Gegenheiten eine hohe Transferleistung erfordert. Andererseits weisen domänenspezifische Vorgehensmodelle auf übergeordneter Ebene (Makrologik) eine sehr geringe Granularität auf, welche die Planung und Steuerung des Vorgehens auf der Ebene operativer Arbeitsschritte erschweren. Darüber hinaus wird in der Literatur häufig eine gewisse Flexibilität im Umgang mit Vorgehensmodellen gefordert [LINDEMANN 2007, S. 37]. Die Unterstützung der flexiblen Handhabung beschränkt sich oftmals jedoch nur auf den Hinweis zur iterativen bzw. rekursiven Anwendung. Dabei werden nur wenige konkrete Anhaltspunkte gegeben, in welchen Situationen an welcher Stelle im Ablauf beispielsweise eine Iteration bzw. das Verlassen des Standardpfads durch das Modell zweckmäßig ist. Diese Einschätzung bleibt dem Entwickler selbst überlassen.

Die zielgerichtete Ausführung von Aktivitäten im Entwicklungsprozess kann durch den **Einsatz von Methoden** erreicht werden. Beobachtungen in der Praxis zeigen jedoch, dass verfügbare Methoden der Produktentwicklung noch nicht in dem Maße genutzt werden, wie man es sich von Seiten der Methodenforschung erhofft (z. B. [GRABOWSKI & GEIGER 1997, S. 38], [ZANKER 1999, S. 47], [BIRKHOFER ET AL. 2005]). Hierfür existiert eine Reihe von Gründen, von denen für diese Arbeit vor allem das Argument von Bedeutung ist, dass Methoden nicht situationsgerecht eingesetzt werden. Im Einzelnen kann das bedeuten, dass kein zielgerichteter Zugriff auf geeignete Methoden in konkreten Entwicklungssituationen erfolgt oder dass Methoden aufgrund mangelnder Kenntnis des Anwenders hinsichtlich der Ziele und Grenzen der Methoden falsch angewandt werden. Auch liegt der Fehler oft in den Methoden selbst: sie erweisen sich zu starr und zu unflexibel, um konkrete Aufgabenstellungen wirksam zu unterstützen. Diese und viele Gründe mehr führen zu Distanz und Skepsis gegenüber Produktentwicklungsmethoden.

1.3 Zielsetzung der Arbeit

Basierend auf der im vorherigen Abschnitt geschilderten Problemstellung werden im Folgenden die Ziele dieser Arbeit formuliert (siehe Bild 5). Diese besteht aus einer übergeordneten Zielsetzung und einzelnen konkreten Fragestellungen, die jeweils den oben beschriebenen Problemfeldern zugeordnet wurden.

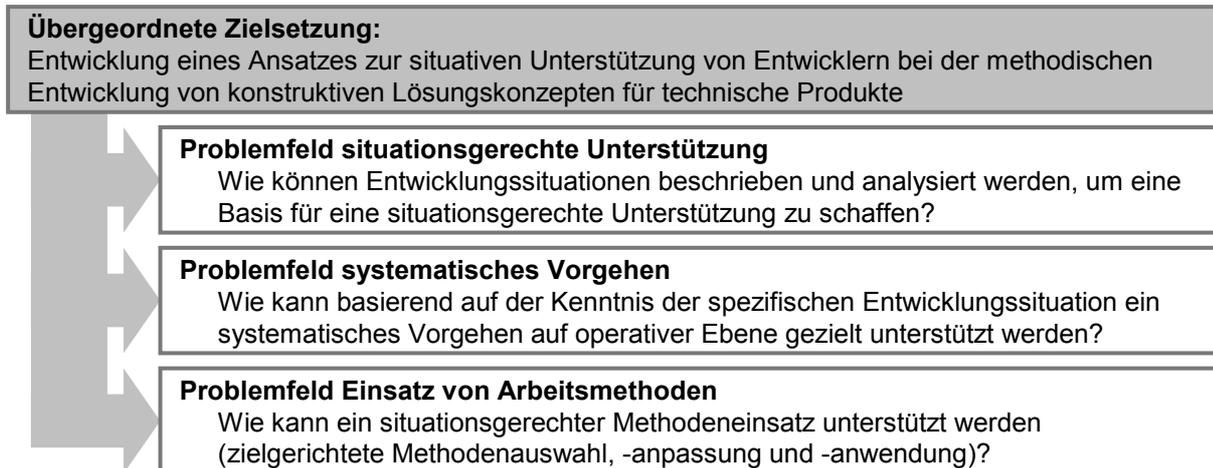


Bild 5: Zielsetzung der Arbeit

Als übergeordnete Zielsetzung der Arbeit wird die Entwicklung eines Ansatzes zur situativen Unterstützung von Entwicklern bei der methodischen Entwicklung von konstruktiven Lösungskonzepten für technische Produkte verfolgt. Dabei konzentriert sich die Unterstützung auf die Bestimmung des operativen Vorgehens im Entwicklungsprozess und den Einsatz von Arbeitsmethoden der Produktentwicklung. Als besondere Anforderung an den Lösungsansatz gilt die Berücksichtigung der Anforderungen der konkreten Entwicklungssituation im Hinblick auf eine zielgerichtete Unterstützung. Die Betrachtung der Konzeptentwicklung (als Teilbereich der Produktentwicklung) schafft einen Fokus in Bezug auf die zu untersuchenden Prozesse. Eine detailliertere Eingrenzung des betrachteten Themenfelds wird in Kapitel 2.2 vorgenommen. Im Folgenden wird auf die einzelnen Fragestellungen, deren Beantwortung zur Erarbeitung des Lösungsansatzes beitragen soll, eingegangen.

Problemfeld situationsgerechte Unterstützung

Wie können Entwicklungssituationen beschrieben und analysiert werden, um eine Basis für eine situationsgerechte Unterstützung zu schaffen? Zur Beantwortung dieser Frage ist es notwendig, geeignete Parameter zu ermitteln, die für die Beschreibung der Entwicklungssituation herangezogen werden können. Da zu erwarten ist, dass prinzipiell eine große Vielzahl an Situationsparametern identifiziert werden können, ist zudem zu klären, welche Parameter Einfluss auf das Vorgehen und den Methodeneinsatz besitzen. Diese relevanten Parameter gilt es vor allem im Rahmen dieser Arbeit näher zu betrachten. Die Identifikation von Situationsparametern und deren Ausprägungen soll die Grundlage für die Ableitung von adäquaten Maßnahmen im Entwicklungsprozess bilden. Um dies zu ermöglichen, ist zu klären, zu welchen Zeitpunkten und in welcher Form eine Situationsanalyse bestmöglich in den Entwicklungsprozess auf Ebene operativer Arbeitsschritte integriert werden kann.

Problemfeld systematisches Vorgehen

Wie kann basierend auf der Kenntnis der spezifischen Entwicklungssituation ein systematisches Vorgehen auf operativer Ebene gezielt unterstützt werden? Um auf diese Frage eine Antwort geben zu können, ist zu untersuchen, wie bestimmten Ausprägungen von Situationsparametern geeignete Handlungsoptionen zugeordnet werden können. Hierzu ist eine Bandbreite von Aktivitäten zu ermitteln, die sich prinzipiell zur Bearbeitung von Aufgabenstellungen im Bereich der technischen Konzeptentwicklung eignen. In spezifischen Entwicklungssituationen sollen diejenigen Aktivitäten identifiziert werden, die sich jeweils als Handlungsoptionen anbieten. In diesem Zusammenhang sind verfügbare Vorgehensmodelle der Produktentwicklung zu berücksichtigen, deren operativer Einsatz in Entwicklungsprozessen mit diesem Ansatz verbessert werden soll. Dabei wird kein Fokus auf ein bestimmtes Vorgehensmodell gelegt. Nach Möglichkeit soll eine Vielzahl von relevanten Vorgehensmodellen in den Ansatz integriert werden können. Ein weiteres Ziel ist es, die Entscheidungsfindung zwischen den aufgezeigten Handlungsoptionen zu unterstützen.

Problemfeld Einsatz von Arbeitsmethoden

Wie kann ein situationsgerechter Methodeneinsatz unterstützt werden (zielgerichtete Methodenauswahl, -anpassung und -anwendung)? Zur Beantwortung dieser Frage ist zu untersuchen, wie zur Durchführung bestimmter Arbeitsschritte im Vorgehen geeignete Methoden identifiziert werden können, die den Anforderungen der Aufgabe und der Situation gerecht werden. Hierfür müssen relevante Informationen zu den Methoden in einer geeigneten Form aufbereitet sein, die dem Entwickler eine Entscheidungsunterstützung hinsichtlich des Methodeneinsatzes bieten. Neben der Aufbereitung stellt auch der zielgerichtete Zugriff auf Methodeninformation einen wichtigen Aspekt dar.

Konkrete angestrebte Ergebnisse der Arbeit

Basierend auf der formulierten Zielsetzung und den einzelnen Fragestellungen, die als Rahmen für die Erarbeitung eines Lösungsansatzes dienen, werden folgende konkreten Ergebnisse im Rahmen dieser Forschungsarbeit angestrebt:

- Ein Konzept für die Verknüpfung von Entwicklungssituation, Vorgehen im Entwicklungsprozess und Methodeneinsatz. Damit ist ein Modell zu schaffen, das konsistente Zusammenhänge von Parametern aus den drei Themenbereichen darstellt.
- Die konkrete Ausprägung dieses Modells für das Anwendungsgebiet der Konzeptentwicklung technischer Produkte. Dies entspricht einer Instanziierung oder „Befüllung“ der definierten Struktur mit Inhalten aus dem Anwendungsgebiet.
- Eine Methodik zur Anwendung des Konzepts im Rahmen von operativen Entwicklungsprozessen. Damit soll das Arbeiten mit den geschaffenen Inhalten zur Unterstützung konkreter Prozesse ermöglicht werden.
- Die prototypische Realisierung in einem Rechnerwerkzeug, um mit der zu erwartenden Fülle an Informationen umgehen zu können und die Grundlage für die Überprüfung des Lösungsansatzes zu schaffen.

Zielgruppen der Arbeit

Diese Arbeit adressiert folgende Zielgruppen: Produktentwickler in der industriellen Praxis, Lehrende und Studierende der Entwicklungsmethodik im akademischen Umfeld sowie Forscher im Themengebiet der Produktentwicklung.

- Produktentwicklern in der Praxis möchte diese Arbeit einen besseren Zugang zur „Methodentheorie“ vermitteln. Es soll bei Ihnen ein Bewusstsein für die Notwendigkeit einer aktiven Auseinandersetzung mit der Entwicklungssituation geschaffen werden. Ferner soll eine konkrete Prozessunterstützung in Form eines gezielten Zugriffs auf systematische Vorgehensweisen und operative Entwicklungsmethoden realisiert werden.
- Systematische Vorgehensweisen und Entwicklungsmethoden werden im akademischen Umfeld gelehrt und angewandt. Diese Arbeit soll zum einen Lehrenden, deren Aufgabe die Vermittlung der Methodik ist, neue Impulse geben. Zum anderen soll sie Studierenden, welche die Inhalte in Vorlesungen vermittelt bekommen und in Übungen, Praktika und Seminaren eintrainieren, ein Hilfsmittel an die Hand geben. Es soll eine Unterstützung sowohl bei dem Erlernen der Methodik begleitend zu Vorlesungen und Übungen als auch bei der Anwendung der Inhalte im Rahmen studentischer Entwicklungsprojekte gegeben werden.
- In Bezug auf die Forschung will diese Arbeit einen Beitrag zur situativen Unterstützung von Entwicklungsprozessen durch flexible, an die Situation angepasste Vorgehensmodelle und Entwicklungsmethoden leisten. Die Arbeit stützt sich dabei auf eine Vielzahl bestehender Forschungsarbeiten, die in einen neuen Ansatz integriert werden. Ziel ist es, die Struktur des Lösungskonzepts möglichst allgemein zu formulieren und deren Erarbeitung transparent und nachvollziehbar zu gestalten, damit Forscher im Bereich der Produktentwicklung die für sie relevanten Aspekte aufgreifen und auf den eigenen Themenbereich übertragen können.

1.4 Aufbau der Arbeit

Nach der Klärung der Zielsetzung folgt nun die Beschreibung von Aufbau und Struktur der Arbeit, über welche Bild 6 einen Überblick gibt.

In **Kapitel 2** werden die Grundlagen dieser Arbeit beschrieben. Diese beinhalten zunächst die Definition wesentlicher Begriffe und ihrer Zusammenhänge, wodurch für den Leser ein Grundverständnis geschaffen wird. Zudem wird eine Definition und Eingrenzung des behandelten Themengebiets vorgenommen, d. h. es erfolgt eine thematische Fokussierung innerhalb des Forschungsfelds der Produktentwicklung. Ferner wird auf die Erfahrungsgrundlage des Autors eingegangen und schließlich die Forschungsmethodik dieser Arbeit erläutert.

Mit **Kapitel 3** beginnt der Kern der Arbeit. Hier wird der Kenntnisstand in Forschung und Technik in Bezug auf das Problemfeld der Arbeit beschrieben. Das ist zum einen die Konzeptentwicklung als das Anwendungsgebiet, für das Unterstützung geschaffen werden soll. Die Konzeptentwicklung wird in den Gesamtkontext der Produktentwicklung eingeordnet und hinsichtlich verschiedener Blickwinkel charakterisiert. Dadurch wird ein Bewusstsein

für die Herausforderungen geschaffen, denen bei einer methodischen Unterstützung der Konzeptentwicklung zu begegnen ist. Zum anderen findet eine Auseinandersetzung mit dem Themenkomplex der Entwicklungssituation statt. Hier werden bestehende Ansätze zur Beschreibung, Analyse und Unterstützung von Entwicklungssituationen diskutiert. Ferner werden die Ansätze aus dem Stand der Forschung an konkreten Entwicklungssituationen aus konstruktiven Studentenprojekten und damit den konkreten Erfahrungen des Autors gespiegelt. Abschließend werden im letzten Abschnitt von Kapitel 3 auf Basis der vorangegangenen Untersuchungen Anforderungen an einen Lösungsansatz zur situativen Unterstützung der Konzeptentwicklung aufgestellt.

In **Kapitel 4** wird der Stand der Forschung in Bezug auf das Lösungsfeld der Arbeit vorgestellt. Es werden also bestehende Ansätze seitens der Entwicklungsmethodik untersucht, die das Ziel verfolgen, Entwickler bei der Generierung von technischen Lösungskonzepten zu unterstützen. Einen ersten Themenblock stellt dabei die Unterstützung eines systematischen Vorgehens in Entwicklungsprozessen mit Hilfe von Vorgehensmodellen dar. Als zweiter Themenblock folgt die Diskussion von Ansätzen für die Unterstützung eines gezielten Einsatzes von Produktentwicklungsmethoden. Danach werden begleitende Aspekte, die zwar von Bedeutung aber nicht zentral sind, in einem Abschnitt zusammengefasst. Hier werden die drei Themen Denkpsychologie, Einsatz von Produktmodellen sowie Informations- und Wissensmanagement behandelt. Als Fazit von Kapitel 4 werden schließlich Defizite in den bestehenden Lösungsansätzen in Bezug auf die zuvor formulierten Anforderungen abgeleitet und somit der Handlungsbedarf für die Entwicklung eines Lösungsansatzes formuliert.

Kapitel 5 enthält den Lösungsansatz dieser Arbeit, ein Konzept zur situativen Unterstützung der methodischen Konzeptentwicklung technischer Produkte. Der Lösungsansatz besteht aus drei wesentlichen Bestandteilen: einem Beschreibungsmodell, einer Informationssammlung und einer Anwendungsmethodik. Im Beschreibungsmodell sind die wesentlichen Begriffe und Parameter zur Beschreibung von Entwicklungssituationen, Aufgaben und Methoden sowie deren Verknüpfungsstruktur definiert. Die Informationssammlung repräsentiert die Befüllung des Beschreibungsmodells mit Inhalten, die für das Anwendungsgebiet relevant sind, also die Konzeptentwicklung technischer Produkte. Der dritte Bestandteil des Lösungsansatzes ist die Anwendungsmethodik, welche die Anwendung der Informationssammlung zur Unterstützung von operativen Entwicklungsprozessen beschreibt. Schließlich wird ein webbasiertes Rechnerwerkzeug präsentiert, in welchem der Lösungsansatz prototypisch umgesetzt wurde.

In **Kapitel 6** wird der Lösungsansatz diskutiert und bewertet. Teile des Lösungsansatzes sind in die Bearbeitung von Forschungs- und Studienprojekten eingeflossen. Zum einen wurde in Projekten der Aufbau von Informationssammlungen für die Produktentwicklung (Methodenbaukästen) unterstützt. Zum anderen fand der Ansatz Anwendung bei der konkreten Unterstützung des Vorgehens und Methodeneinsatzes in konstruktiven studentischen Entwicklungsprojekten. Nach der Beschreibung der konkreten Erfahrungen in der Anwendung wird der Lösungsansatz in seiner Gesamtheit bewertet. Abschließend werden Fragestellungen, welche im Rahmen der Arbeit nicht behandelt werden konnten, angesprochen.

In **Kapitel 7** erfolgt eine Zusammenfassung von Zielsetzung und Vorgehen sowie der wesentlichen Ergebnisse und Erkenntnisse, die im Rahmen dieser Arbeit erarbeitet wurden. Die Arbeit schließt mit einem Ausblick auf potenzielle zukünftige Forschungsaktivitäten.

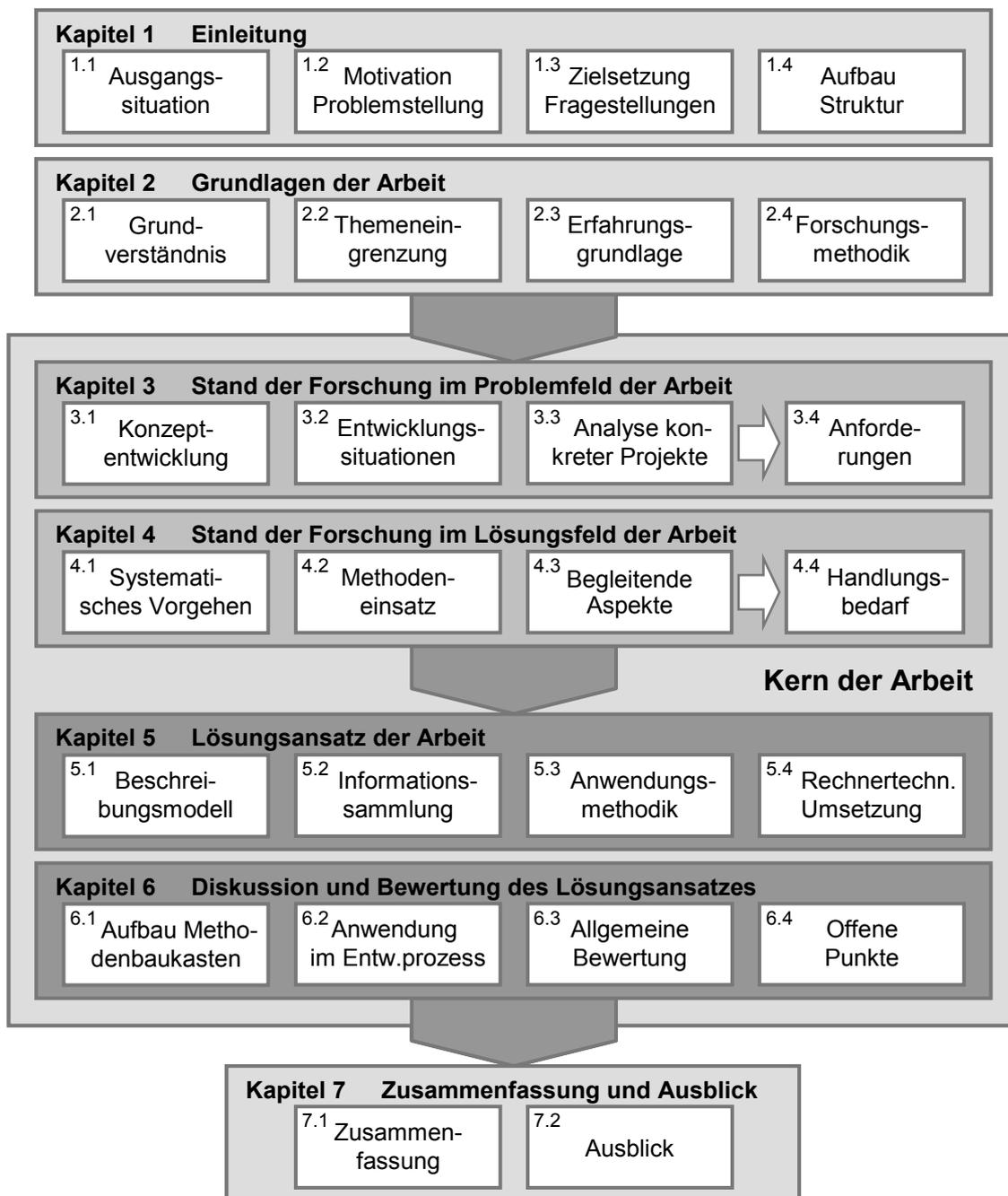


Bild 6: Übersicht über Aufbau und Struktur der Arbeit

2 Grundlagen der Arbeit

In diesem Kapitel werden die Grundlagen der Arbeit dargestellt. Damit sind begriffliche und forschungsmethodische Hintergründe gemeint, die es dem Leser erleichtern, in den eigentlichen inhaltlichen Kern einzusteigen. Zunächst werden in Kapitel 2.1 Arbeitsdefinitionen für wesentliche Begriffe und deren Zusammenhänge erläutert. Angesichts des Mangels an einer einheitlichen Begriffswelt im Bereich der Entwicklungsmethodik wird dies als Notwendigkeit gesehen, um ein Grundverständnis aufzubauen. Die Produktentwicklung stellt ein weites Forschungsfeld dar, innerhalb dessen es einer thematischen Fokussierung bedarf, weshalb in Kapitel 2.2 die Definition und Eingrenzung des behandelten Themengebiets vorgenommen wird. Im Anschluss wird in Kapitel 2.3 die Erfahrungsgrundlage des Autors beschrieben, bevor in Kapitel 2.4 die Erläuterung der Forschungsmethodik dieser Arbeit erfolgt.

2.1 Grundverständnis

Ziel dieses Abschnitts ist es, dem Leser durch die Definition wesentlicher Begriffe dieser Arbeit und deren Zusammenhänge das notwendige Grundverständnis zu vermitteln. Innerhalb des Forschungsgebiets der Entwicklungs- und Konstruktionsmethodik hat sich bisher keine einheitliche, allgemein akzeptierte Begriffswelt durchgesetzt. Bedingt durch die parallele Existenz zahlreicher ‚design methodologies‘ haben sich je nach Forschungsstandort und Schule eigene Modelle des Entwicklungsprozesses mit dazugehörigen Begriffsgebäuden entwickelt. Dies ist schon innerhalb des deutschsprachigen Raums zu beobachten (z. B. [PAHL ET AL. 2005], [ROTH 1994], [EHRENSPIEL 2003], [LINDEMANN 2007]) und gilt darüber hinaus auch für den internationalen Bereich (z. B. [ANDREASEN & HEIN 1987], [ROOZENBURG & EEKELS 1995], [ULRICH & EPPINGER 1999], [OTTO & WOOD 2001]). Daher werden im Folgenden Arbeitsdefinitionen für die zentralen Begriffe dieser Arbeit aufgestellt. Dabei wird weitestgehend auf bestehenden Definitionen aufbaut, sofern diese für die Arbeit zweckmäßig sind. Insbesondere findet das am Lehrstuhl für Produktentwicklung der TU München vorherrschende Begriffsgebäude Berücksichtigung. Einen Überblick über die wesentlichen Begriffe und ihre Zusammenhänge gibt Bild 7. Ebenso wird im Bild darauf hingewiesen, in welchen der folgenden Kapitel eine intensivere Beschäftigung mit den jeweiligen Begriffen stattfindet.

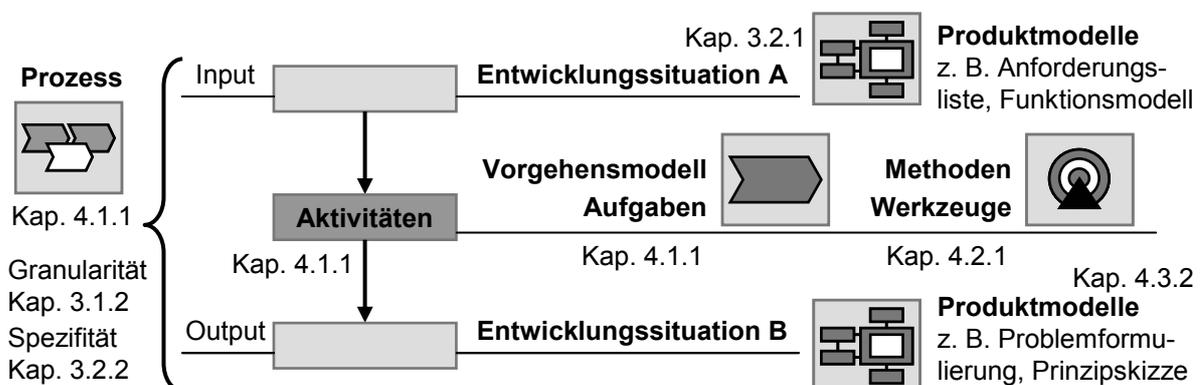


Bild 7: Übersicht über wichtige Begriffe der Arbeit und deren Zusammenhänge

Der Begriff der **Entwicklungssituation** nimmt eine zentrale Rolle in dieser Arbeit ein. Eine Entwicklungssituation repräsentiert einen konkreten Zeitpunkt im Entwicklungsprozess, der sich durch den Zustand des zu entwickelnden Produkts und des Entwicklungsprozesses sowie durch Einflussfaktoren auf Produkt und Prozess beschreiben lässt. Die Situation erfordert adäquate Handlungen bzw. Entscheidungen des Entwicklers, also situationsgerechtes Handeln. Der **Entwicklungskontext** ist der den Entwicklungsprozess umgebende Zusammenhang, der sich durch Kontextfaktoren beschreiben lässt, die Einfluss auf Produkt und Prozess ausüben. Zu den Kontextfaktoren zählen persönliche Einflussfaktoren von Individuen und Gruppen, die Art der Aufgabe und des geforderten Ergebnisses, äußere Rahmenbedingungen etc.

Als **Produkte** werden in dieser Arbeit technische Produkte betrachtet als in sich geschlossene, aus einer Anzahl von Bauteilen, Baugruppen oder Modulen bestehende funktionsfähige Erzeugnisse (z. B. Maschinen, Geräte, Anlagen). **Produktmodelle** stellen formale Abbilder realer oder geplanter Produkteigenschaften dar. Sie entstehen durch Abstraktion komplexerer Sachverhalte und trennen das für die jeweilige Aufgabe Wesentliche vom Unwesentlichen, d. h. sie sind aufgabenspezifisch und zweckorientiert. Produktmodelle können im Gedächtnis des Entwicklers existieren und damit die individuelle, subjektive Sicht auf ein Produkt abbilden. Diese Arbeit fokussiert jedoch auf extern vorliegende Produktmodelle, die entweder als Eingangsinformation (Input) für Arbeitsschritte dienen oder als (Zwischen-)Ergebnisse (Output) entstehen. Produktmodelle und ihre Eigenschaften können somit als ein Bestandteil der Entwicklungssituation angesehen werden.

Unter einem **Prozess** wird eine Folge von Aktivitäten unter Nutzung von Informationen und Wissen sowie materiellen Ressourcen verstanden. Dabei werden Eingangsinformationen (Input) zu Ausgangsinformationen (Output) verarbeitet. Hinsichtlich des Entwicklungsprozesses sind in dieser Arbeit vor allem die Dimensionen Granularität und Spezifität von Bedeutung. Die **Granularität** ist grundsätzlich ein Maß für die Feinkörnigkeit eines Systems. Hier wird damit der Auflösungsgrad des Entwicklungsprozesses bezeichnet. Eine niedrige Granularität ist bei großen Betrachtungsumfängen auf Makroebene gegeben, wenn also beispielsweise der Produktentwicklungsprozess als Ganzes betrachtet wird. Eine hohe Granularität liegt dagegen bei Prozessen auf Mikroebene vor, z. B. bei einzelnen Denk- und Handlungsvorgängen in der Ideenfindung. Mit **Spezifität** ist der Gültigkeitsbereich einer Situations- bzw. Prozessbeschreibung gemeint. Je allgemeiner eine Beschreibung ist, desto mehr Situationen und Prozesse werden damit adressiert, wenn es z. B. um Produkte des Maschinenbaus geht. Je spezifischer ein Sachverhalt beschrieben wird, desto weniger konkrete Situationen und Prozesse fallen in den zugehörigen Gültigkeitsbereich, beispielsweise wenn Bohrmaschinen im Hochleistungssegment im Fokus stehen.

Ein **Arbeitsschritt** stellt einen Prozessschritt auf operativer Ebene dar und ist damit Bestandteil von übergeordneten Prozessschritten bzw. Phasen der Produktentwicklung. Beispiele für Arbeitsschritte sind die Erstellung einer Funktionsstruktur oder die Suche nach Lösungs-ideen für eine Teilfunktion. Durch die Ausführung von Arbeitsschritten ändert sich die Entwicklungssituation, da Produktmodelle weiterentwickelt, neue Produktmodelle erzeugt oder neue Erkenntnisse gewonnen werden. Eine **Aktivität** ist Bestandteil eines Prozesses, eine Handlung, die von Akteuren im Entwicklungsprozess durchgeführt wird. Aktivitäten werden beschrieben durch Betrachtungsobjekte (z. B. Lösungsideen) und Tätigkeiten (z. B. suchen).

Wiederkehrende Aktivitäten im Entwicklungsprozess können als **Aufgaben** formuliert werden. Eine Aufgabe beschreibt die Handlung („Was?“), die notwendig ist, um ein Ziel zu erreichen und damit ein Problem zu lösen. Die Aufgabe beschreibt aber noch nicht die Mittel („Wie?“), die notwendig sind, um die Aufgabe durchzuführen. Während sich die übergeordnete Entwicklungs- bzw. Konstruktionsaufgabe auf das Ergebnis bezieht, das am Ende des Entwicklungsprozesses erarbeitet werden soll, also in der Regel eine anforderungsgerechte Produktdefinition, beziehen sich die Aufgaben auf Ebene operativer Arbeitsschritte zumeist auf Zwischenziele im Prozess. Unter **Vorgehen** wird eine Abfolge einzelner Handlungen bzw. Aufgaben verstanden. In **Vorgehensmodellen** werden bewährte Vorgehensweisen im Sinne deskriptiver Beschreibungsformen oder präskriptiver Vorgaben abgebildet, um damit Entwicklungsprozesse zu unterstützen.

Der Begriff **Methode** kennzeichnet die Beschreibung eines regelbasierten und planmäßigen Vorgehens, nach dessen Vorgabe bestimmte Aktivitäten auszuführen sind, um ein gewisses Ziel zu erreichen. Methoden sind präskriptiv, also als eine Vorschrift zu verstehen. Sie sind zielorientiert und damit auf die Lösung eines Problems oder einer Aufgabenstellung fokussiert. Methoden bieten Vorschläge für die Abfolge bestimmter Aktivitäten an und die Art und Weise, in der diese durchzuführen sind. Außerdem zielen viele Methoden der Produktentwicklung auf die Erzeugung bzw. Veränderung bestimmter Produktmodelle ab. **Arbeitsmethoden** stellen Methoden für die Durchführung konkreter Arbeitsschritte auf operativer Ebene dar. Für etliche Methoden stehen unterstützende **Werkzeuge** zur Verfügung, welche die Anwendung effektiver und effizienter machen sollen. Die Bandbreite, die der Begriff Werkzeug abdeckt, ist groß und reicht von einfachen Hilfsmitteln, wie z. B. Formblättern und Checklisten, bis hin zu komplexer Software, beispielsweise zur Simulation. Generell haben Werkzeuge großen Einfluss auf den Erfolg einer Methodenanwendung. So verändert sich die Situation für den Anwender, wenn die Ressource ‚Werkzeug‘ vorhanden ist und der Anwender zusätzlich Erfahrung im Umgang damit hat. Als **Hilfsmittel** werden allgemein Möglichkeiten der Unterstützung des Entwicklungsprozesses aufgefasst. Somit bilden Hilfsmittel den Oberbegriff für Vorgehensmodelle, Methoden und Werkzeuge.

2.2 Themeneingrenzung

Innerhalb der Produktentwicklung als Forschungsfeld existieren viele mögliche Themen und Problemstellungen, denen sich ein Forscher widmen kann. Diese sind darüber hinaus nicht isoliert zu betrachten, meist besteht eine hochgradige Vernetzung. Eine wissenschaftliche Forschungsarbeit im Gebiet der Produktentwicklung kann nicht alle denkbaren Themen abdecken, sie kann lediglich einen gewissen Beitrag zum Ganzen leisten. Umso wichtiger ist es daher, den behandelten Themenbereich abzugrenzen und eine möglichst exakte Einordnung dieser Arbeit vorzunehmen. Dadurch wird es erst möglich, das Suchfeld für die Identifikation von relevanten Vorarbeiten zu fokussieren. Schließlich muss Klarheit darüber herrschen, zu welcher konkreten Thematik die eigene Arbeit einen Beitrag leistet, und auf welchen vorhandenen Arbeiten und Erkenntnissen hierfür aufgebaut werden kann. Außerdem schafft eine thematische Fokussierung die Chance, eine Problemstellung in der notwendigen Tiefe zu durchdringen und einen detaillierten Lösungsansatz zu erarbeiten.

Im Gegensatz zu wissenschaftlichen Disziplinen, in denen sich eine detaillierte und allgemein akzeptierte Struktur der behandelten Themen etabliert hat (beispielsweise in der Physik, Biologie oder Mathematik), ist es in der Produktentwicklung zunächst schwer, eine eindeutige Einordnung vorzunehmen. Es wurden in der Vergangenheit bereits mehrere Übersichten über Bereiche und Schwerpunkte der Entwicklungs- bzw. Konstruktionsforschung erstellt, jedoch sind diese nicht einheitlich, was u. a. folgende Gründe hat:

- Es gibt nicht lediglich eine Strukturierungsmöglichkeit, sondern es existieren verschiedene Sichten auf die Produktentwicklung. Dies gestaltet eine eindeutige, streng hierarchische Themenstrukturierung schwierig, weshalb die Darstellung des Themenspektrums der Produktentwicklung oftmals in Form einer „Themenwolke“ erfolgt (z. B. [HUBKA & EDER 1996, S. 68], [PULM 2004, S. 76], [BRAUN 2005, S. 17]).
- Neben den vielen internen themenbezogenen Schnittstellen gibt es viele externe Schnittstellen zu anderen Disziplinen. Die Grenzen sind hier zum Teil fließend und nicht eindeutig festgelegt.
- Es handelt sich um ein relativ junges und sehr dynamisches Forschungsgebiet, in welchem ständig neue Themen hinzukommen und Schwerpunkte sich verschieben. Beispielsweise hat die Bedeutung der Rechnerunterstützung der Produktentwicklung (CAE, PDM, VR etc.) in den letzten Jahren massiv zugenommen.

PAHL ET AL. skizzieren das Entwickeln und Konstruieren als eine Ingenieurstätigkeit, die nach verschiedenen Gesichtspunkten beschrieben werden kann [PAHL ET AL. 2005, S. 1-2]. Sie stellen den technischen Entwurf in die Mitte von Einflussbereichen des kulturellen und technischen Lebens mit Schnittstellen u. a. zu den Naturwissenschaften, zu Produktion, Politik, Soziologie, Psychologie, Wirtschaft und Kunst. HUBKA & EDER präsentieren einen Vorschlag für eine kohärente und umfassende Sicht auf das Wissen über die Produktentwicklung („engineering design“) [HUBKA & EDER 1996, S. 68 FF.]. Ausgehend von einer komplexen, unstrukturierten Themenwolke mit der Entwicklungs- bzw. Designstätigkeit im Zentrum entwickeln sie ein strukturiertes System, die „Design Science“ (in etwa: Entwicklungswissenschaft), die sich wie folgt definiert: „The term **Design Science** is to be understood as a system of logically related knowledge, which should contain and organize the complete knowledge about and for designing.“ [HUBKA & EDER 1996, S. 73] Zur Strukturierung des Wissensgebiets findet eine Differenzierung einerseits nach dem Charakter des Betrachtungsobjekts (technisches System vs. Entwicklungsprozess), andererseits nach erkenntnismethodischen Aspekten (präskriptives Wissen vs. deskriptives Wissen) statt. Durch die Kombination dieser Dimensionen ergeben sich vier Unterbereiche der „Design Science“.

PULM präsentiert eine tabellarische Übersicht mit Schwerpunkten der heutigen Konstruktionsforschung und unterscheidet folgende Bereiche: Methoden (Vorgehensmodelle und Methoden), Grundlagenforschung (Interpretation der Entwicklungstätigkeit), Koordination (Organisation und Prozess), Rechnerunterstützung und Automation (Werkzeuge), Berücksichtigung weiterer Bereiche (Design for X) und Lehre [PULM 2004, S. 76]. Den sechs Bereichen ordnet er Einzelthemen und diesen wiederum beispielhafte Ausprägungen zu. Insgesamt wird deutlich, dass es sich um ein umfangreiches und vielfältiges Themenspektrum handelt.

Als **Hilfsmittel für eine Themeneingrenzung** im Rahmen dieser Arbeit wird das in Bild 8 dargestellte Modell herangezogen. Es wird in einer ähnlichen Form seit einigen Jahren dafür verwendet, die Themenschwerpunkte des Lehrstuhls für Produktentwicklung der TU München strukturiert darzustellen. Das Modell basiert auf der Darstellung der Elemente der Integrierten Produktentwicklung, wie sie beispielsweise bei [KLEEDÖRFER 1998, S. 3] zu finden sind, wurde aber auf sechs wesentliche Kernelemente reduziert: Prozesse, Produkte, Methoden, Werkzeuge, Menschen und Situationen.

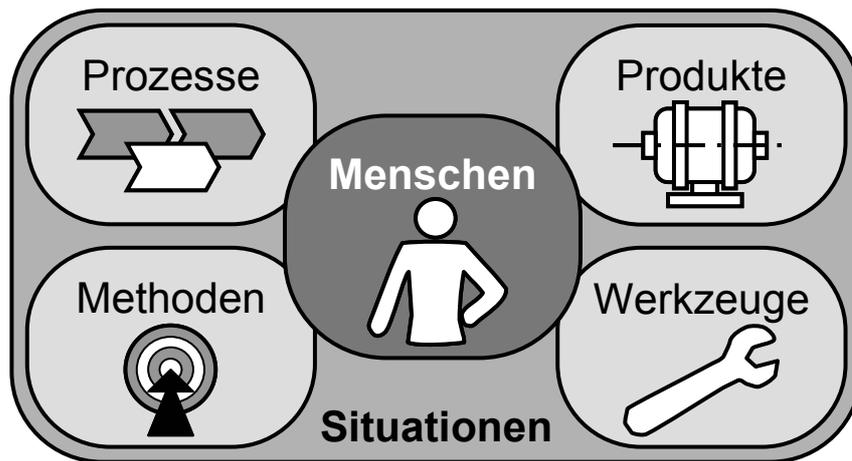


Bild 8: Übersicht über Themengebiete der Produktentwicklung

Ähnlichkeiten existieren zu dem **4P-Modell**, das kreiert wurde, um das vielschichtige Phänomen der Kreativität zu beschreiben. Es beinhaltet folgende Elemente: Person, Process, Product und Press [ISAKSEN 1988, S. 171]. Die ersten drei Elemente sind selbsterklärend, mit ‚Press‘ ist die Beziehung zwischen den handelnden Personen und ihrer Umgebung gemeint bzw. die Situation, die für Kreativität förderlich ist. Das 4P-Modell wird in der Kreativitäts-Literatur intensiv genutzt, um einen Rahmen für das Studium der Kreativität zu schaffen.

Ebenso soll das hier verwendete Modell als **Ordnungsschema für die Produktentwicklung** dienen. Die Elemente des Modells können als Themengebiete bzw. Forschungsfelder aufgefasst werden, auf die je nach konkretem Forschungsprojekt Schwerpunkte gelegt werden. Zwar werden in konkreten Forschungsvorhaben meist alle Elemente des Modells in irgendeiner Form adressiert, da diese zusammenhängen und in Interaktion stehen. Es kommt aber dennoch zu Schwerpunktbildungen, weshalb sich das Modell recht gut zur Einordnung und Abgrenzung des Themenspektrums eignet.

Nicht nur die Konzentration auf die primär im Blickpunkt stehenden Forschungsgegenstände (Prozesse, Produkte etc.) erlaubt eine Ein- und Abgrenzung des Forschungsthemas. Ebenso kann der **Betrachtungsumfang** festgelegt werden, um eine weitere Schwerpunktbildung zu ermöglichen. Für jeden der sechs Forschungsgegenstände werden hinsichtlich des Betrachtungsumfangs drei mögliche Ausprägungen definiert. Diese sind in Bild 9 dargestellt, ebenso sind die Schwerpunkte der vorliegenden Arbeit hervorgehoben. Je nach Forschungsgegenstand ist der Betrachtungsumfang unterschiedlich zu deuten. Eine ausführliche Diskussion dieser Definition ist dem Anhang (Kapitel 10.1) zu entnehmen. Im Folgenden wird die Themeneingrenzung und Schwerpunktsetzung dieser Arbeit im Einzelnen erläutert.

<input checked="" type="radio"/> Prozesse	<input checked="" type="radio"/> Methoden	<input checked="" type="radio"/> Menschen
<input type="radio"/> Elementare Abläufe	<input type="radio"/> Elementarmethodik	<input checked="" type="radio"/> Individuum, Einzelperson
<input checked="" type="radio"/> Arbeitsschritte, Phasen	<input checked="" type="radio"/> Arbeitsmethodik	<input type="radio"/> Gruppe, Team
<input type="radio"/> Makroprozesse	<input type="radio"/> Makromethodik	<input type="radio"/> Organisation
<input checked="" type="radio"/> Produkte	<input checked="" type="radio"/> Werkzeuge	<input checked="" type="radio"/> Situationen
<input type="radio"/> Parameter, Partialmodelle	<input type="radio"/> Einfache Werkzeuge	<input type="radio"/> Hoch spezifische Situationen
<input type="radio"/> Gesamtprodukte	<input type="radio"/> Komplexe Werkzeuge	<input checked="" type="radio"/> Spezifische Situationen
<input type="radio"/> Produktfamilien, -spektren	<input type="radio"/> Hoch komplexe Werkzeuge	<input type="radio"/> Allgemeine Situationen
Legende: <input checked="" type="radio"/> primärer Fokus <input type="radio"/> weiterer Fokus		

Bild 9: Eingrenzung der Thematik dieser Arbeit

Prozesse als Forschungsgegenstand nehmen einen Schwerpunkt in dieser Arbeit ein. Im Hinblick auf die Prozesse stehen vor allem operative Entwicklungsprozesse auf der Ebene von Arbeitsschritten zum Konzipieren technischer Produkte im Fokus der Betrachtung. Vorrangiges Ziel ist die situative Planung von Prozessschritten und die Prozessunterstützung durch Methoden und Werkzeuge. Dabei spielt die Sammlung von Prozessmustern (Prozessbaukasten) eine Rolle, mit der auch eine Prozessflexibilisierung erreicht werden soll. Nebenaspekte stellen die Erfassung, Dokumentation und Analyse von Prozessen (im Rahmen deskriptiver Studien) dar.

Produkte stellen einen untergeordneten Forschungsgegenstand dar. Es werden allgemein technische Produkte betrachtet. Eine Auseinandersetzung mit Produktmodellen erfolgt vor allem im Kontext des Methodeneinsatzes: die Anwendung von Methoden der Produktentwicklung führt zu der Generierung oder Veränderung von Produktmodellen.

Von primärer Bedeutung für diese Arbeit ist außerdem der Themenbereich der **Methoden**. Hier sind insbesondere Arbeitsmethoden zur Unterstützung von Arbeitsschritten von Interesse. Die Beschreibung von Methoden wird betrachtet ebenso wie Mechanismen der Methodenauswahl, -anpassung und -anwendung. Wie bei den Prozessen nimmt die Sammlung von Methoden einen Themenschwerpunkt ein (Methodenbaukasten).

Werkzeuge spielen eine untergeordnete Rolle in dieser Arbeit. Betrachtet werden einfache Werkzeuge zur Unterstützung der Anwendung von Arbeitsmethoden. Der gesamte Lösungsansatz soll letztendlich in einem komplexeren, datenbankbasierten Werkzeug prototypisch umgesetzt werden.

In Bezug auf den Themenbereich **Menschen**, der hier auch nicht im Vordergrund steht, werden hauptsächlich Individuen und Kleingruppen betrachtet. Deren Einbettung in den Kontext der Organisation (Unternehmen, Abteilungen etc.) liegt außerhalb der Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit.

Der Bereich **Situationen** wurde schließlich hervorgehoben, da eine ausführliche Auseinandersetzung mit der Thematik der Entwicklungssituation erfolgt. Die Forschungsarbeit wurde als spezifisch eingestuft, da innerhalb der Produktentwicklung ein gewisser Fokus geschaffen wird: es erfolgt eine Konzentration hinsichtlich des Problemfelds der Konzeptentwicklung, in Bezug auf das Lösungsfeld findet eine Fokussierung auf die Unterstützung von Vorgehen und Methodeneinsatz statt.

2.3 Erfahrungsgrundlage

Im Folgenden wird die Erfahrungsgrundlage der Arbeit näher beschrieben. Hierbei sind zunächst generelle Erfahrungen zu nennen, die der Autor durch die Bearbeitung einer Reihe von Forschungsprojekten (öffentlich geförderte, industrienah wie auch institutsinterne) am Lehrstuhl für Produktentwicklung der TU München gewinnen konnte. Diese Projekte beeinflussten die Themenfokussierung in einem erheblichen Maße. Bild 10 gibt eine Übersicht über Forschungsprojekte, welche die **allgemeine Erfahrungsgrundlage** dieser Arbeit bilden. Neben Titel und Kurzbeschreibung des Projekts sind jeweils die wesentlichen relevanten Erkenntnisse hervorgehoben, welche in die Erstellung dieser Arbeit eingeflossen sind.

Projekt	Kurzbeschreibung	Relevante Erkenntnisse
Sonderforschungsbereich SFB 582 „Marktnahe Produktion individualisierter Produkte“; Teilprojekt I2 „Adaption individualisierter Produkte“	Entwicklung eines Konzepts zur Ableitung konkreter Produktausprägungen ausgehend von vorliegenden individuellen Kundenwünschen und den Möglichkeiten eines vorgeplanten Produktspektrums	Notwendigkeit zur Flexibilisierung von Entwicklungsprozessen und Aufbau von Erfahrung und Wissen, das wiederverwendet werden kann (Prozessbaukasten)
ForFlow: Bayerischer Forschungsverbund für Prozess- und Workflowunterstützung zur Planung u. Steuerung der Abläufe in der Produktentwicklung	Entwicklung eines Konzepts zur Unterstützung eines Produktentwicklungs-Workflows; Ermöglichung einer gezielten Prozessnavigation und Integration relevanter Informationen in den Prozess	Überlegungen hinsichtlich der Übertragbarkeit von Workflow-Ansätzen auf Produktentwicklungsprozesse; Bedeutung eines zielgerichteten Einsatzes von Produktmodellen
Ontologiebasiertes Wissensmanagement in Konstruktionsprozessen der Automobilindustrie	Optimierung eines intranetbasierten Systems, das der Speicherung von Konstruktionswissen dient und zu Erfahrungstransfer bzw. Fehlervermeidung in der Konstruktion führen soll	Bedeutung eines zielgerichteten Zugriffs auf relevantes Wissen in Abhängigkeit von der spezifischen Suchsituation
Pilotstudie zum Thema „Anwendungsklassifikation und Suche“ in der Antriebs- und Automatisierungstechnik	Konzeptentwicklung für eine Methodik und ein System zur Unterstützung einer anwendungsorientierten Suche nach relevanten Wissensinhalten aus einem digitalen Datenbestand	Bedeutung eines zielgerichteten Zugriffs auf Wissen; Notwendigkeit zur Integration verschiedener Sichten (Entwicklung, Vertrieb, Kunden ...)
Entwicklung eines firmenspezifischen Methodenhandbuchs für das Product Lifecycle Management (PLM)	Analyse eines existierenden PLM-Referenzprozesses; Konzipierung und Implementierung eines Methodenhandbuchs als Papierversion und im Intranet	Auswahl eines Methodenpools; Entwicklung einer geeigneten Beschreibungsform für Methoden sowie von Zugriffssichten auf Methoden
Weiterentwicklung des Methodenportals CiDaD (Competence in Design and Development) des Lehrstuhls	Definition und Untersuchung von Potenzialen zur Optimierung der Inhalte des Portals sowie der Mechanismen (zur Vernetzung der Inhalte, zur Navigation etc.)	Bedeutung einer flexiblen Vernetzung der Portalinhalte (Prozesse, Methoden, Fallbeispiele etc.) und eines zielgerichteten Zugriffs darauf
Überarbeitung des Lehrbuchs „Methodische Entwicklung technischer Produkte“	Überarbeitung zweier Kapitel im Hauptteil (mit Schwerpunkt auf Vorgehensmodellen und Methoden) sowie des Methodenanhangs	Bedeutung strukturierter Methodenbeschreibungen und der unterschiedlichen Funktion einzelner Methodenattribute

Bild 10: Allgemeine Erfahrungsgrundlage dieser Arbeit

Daneben sind eine Reihe studentischer Entwicklungsprojekte im Sinne von Einzelfallstudien beobachtet und untersucht worden, die damit die **konkrete Datengrundlage** der Arbeit darstellen. Eine Übersicht über die für diese Arbeit herangezogenen Projekte zeigt Bild 11. Die Zielsetzung der Projekte bestand zumeist in der Entwicklung, Bewertung und Auswahl sowie der prototypischen Realisierung von Lösungskonzepten für technische Produkte.

Nr.	Titel bzw. Inhalt des Projekts	Studienarbeiten
01	Methodische Entwicklung von Anzeigevorrichtungen für Schienenfahrzeuge	Anton 2003, Walther 2003
02	Entwicklung eines innovativen Klapprads	Müller 2004
03	Entwicklung eines Force-Feedback-fähigen Kommunikationswerkzeugs zur Unterstützung der Teambildungsprozesse in verteilten Teams	Braedt 2004
04	Weiterentwicklung eines Force-Feedback-fähigen Kommunikationswerkzeugs zur Unterstützung verteilter Teambildungsprozesse	Lauer 2005
05	Entwicklung einer Messeinheit für Bodenreaktionskräfte	Kiefmann 2005, Krinninger 2005
06	Methodische Entwicklung eines innovativen Umwerfersystems für Liegeräder	Kuß 2005
07	Methodische Entwicklung eines innovativen Haartrockners	Fuchs 2005, Norrefeldt 2005
08	Methodische Entwicklung innovativer Großschalungen für Betonfertigteile	Gesenhues 2005, Monz 2005
09	Methodische Entwicklung eines strukturellen Schutzbleches für Motorroller	Eisele 2006
10	Methodische Entwicklung eines Beförderungsgerätes für Stahlbetonstücke	Raykov 2006
11	Methodische Entwicklung innovativer Lösungen zur mobilen Sicherung von Fahrrädern	Dirndorfer 2006
12	Entwicklung und Konstruktion eines innovativen Nussknackers unter Verwendung von situationsabhängig ausgewählten Methoden	von Saucken 2007

Bild 11: Studentische Entwicklungsprojekte als konkrete Erfahrungsgrundlage dieser Arbeit

In Bezug auf die **Einbindung des Autors** in diese Projekte ist eine Unterscheidung zu treffen. Die Arbeiten 01 bis 05 waren nicht vom Autor, sondern von anderen Lehrstuhlmitarbeitern betreut worden und waren zu Beginn der Untersuchungen bereits abgeschlossen. Die Untersuchung konzentrierte sich in erster Linie auf die Analyse der hervorgegangenen Projektdokumentation in Form einer Semester- oder Diplomarbeit. Ebenfalls fanden intensive Gespräche mit den Projektbearbeitern statt, um relevante Projektdetails in Erfahrung zu bringen, die nicht aus der Dokumentation ersichtlich waren. Dahingegen fand in den Projekten 06 bis 12 eine Begleitung der Entwicklungstätigkeit durch den Autor als Betreuer der Studienarbeit statt. Dies beinhaltet einen gewissen Einfluss der Forschungsinhalte des Autors auf die Vorgehensweise der studentischen Projektbearbeiter.

Die **Bedeutung der Projekte** für diese Arbeit ist unterschiedlich: Die Projekte 01 bis 09 halfen dabei, die Problemstellung zu untersuchen und den Lösungsansatz zu entwickeln. Die Projekte 10 bis 12 dienten demgegenüber der Diskussion und Bewertung des Lösungsansatzes anhand konkreter Entwicklungsprojekte. Im Verlauf der vorliegenden Arbeit werden Inhalte aus den aufgelisteten Projekten an gegebener Stelle herangezogen und diskutiert.

2.4 Forschungsmethodik

Wissenschaftliche Erkenntnisse hängen stark von den angewandten Methoden ab, mit denen sie erzielt wurden. Transparenz in Bezug auf die Forschungsmethodik ist eine wichtige Voraussetzung, um eine Diskussion über die Gültigkeit von Ergebnissen und Erkenntnissen führen und um Ergebnisse aus unterschiedlichen Forschungsprojekten mit ähnlichen Inhalten vergleichen zu können. In diesem Abschnitt findet zunächst eine knappe Auseinandersetzung mit dem wissenschaftlichen Rahmen für eine Forschungsarbeit im Bereich der Produktentwicklung statt. Da die Untersuchung von Entwicklungsprozessen eine bedeutende Rolle für diese Arbeit spielt, werden im Anschluss die Rahmenbedingungen der betrachteten Prozesse analysiert. Daraufhin werden mögliche Methoden der Erfassung von Prozessinhalten in Abhängigkeit der betrachteten Prozesse diskutiert. Schließlich werden die im Rahmen dieser Arbeit eingesetzten Methoden beschrieben.

2.4.1 Wissenschaftlicher Rahmen

„It is no simple matter to define the contents, the research approach or the community behind research in engineering design.“ [CANTAMESSA 2001] Laut CANTAMESSA ist es keine einfache Angelegenheit, die Inhalte im Forschungsfeld der Produktentwicklung zu definieren, was bereits in Kapitel 2.2 im Zuge der Themenein- und abgrenzung dieser Arbeit diskutiert worden war. Darüber hinaus existiert auch bisher keine Einheitlichkeit, was die Forschungsmethodik anbelangt. Als Ursachen für diese Herausforderungen gibt CANTAMESSA unter anderem das junge Alter des Forschungsgebiets und die hohe Zahl an involvierten Disziplinen an.

BLESSING diskutiert die **Ziele der Forschung** im Bereich Produktentwicklung („Engineering Design Research“) und die typischen Merkmale, welche diesen Forschungsbereich von anderen unterscheiden [BLESSING 2002, S. 1 ff.]. Das übergeordnete Ziel ist die Verbesserung der Produktentwicklung: die Prozesse als auch die resultierenden Produkte. Die Forschung beinhaltet zwei Aspekte: zum ersten die Verbesserung des Verständnisses über das Phänomen der Produktentwicklung durch das Aufstellen von Erklärungsmodellen und Theorien, zum zweiten die Entwicklung von Hilfsmitteln (Methoden, Werkzeugen etc.) um die Produktentwicklung zu unterstützen. PULM spricht in diesem Zusammenhang von phänomenalen Interessen (Wie funktionieren Designprozesse im Sinne einer ‚design theory‘?) und aktionalen Interessen (Welche Hilfsmittel können Designprozesse unterstützen?) [PULM 2004, S. 57]. In der Regel würden laut BLESSING im Rahmen von Forschungsarbeiten beide Aspekte in Kombination adressiert. Die Betrachtung der vorherrschenden Praxis der Forschung schließt sie mit der Schlussfolgerung ab, dass deutliche Mängel existieren. Im Wesentlichen sind das der Mangel an Überblick über verfügbare Forschungsergebnisse, die mangelhafte Anwendung von Forschungsergebnissen in der Praxis und das Fehlen eines streng wissenschaftlichen Vorgehens („scientific rigour“).

Als Forschungsmethode haben **Einzelfallanalysen und Beobachtung** eine gewisse Verbreitung und Akzeptanz gefunden. Bei WULF beispielsweise erfolgte die Gewinnung der empirischen Grundlage seiner Arbeit aus der Beobachtung von Entwicklungsprojekten heraus [WULF 2002, S. 33-36]. In den Projekten wurde zumeist ein Konzept für ein technisches System soweit entwickelt, dass Funktionsprototypen aufgebaut werden konnten. Der Erfah-

rungsgewinn erfolgte sowohl durch Selbstbeobachtung individuell durchgeführter Prozessabschnitte als auch durch teilnehmende Beobachtung eines Entwicklungsteams. WULF bediente sich dieser Forschungsmethode, da sie ihm zum Zeitpunkt seiner Arbeit als die einzige geeignete erschien, um die von ihm gestellten Fragestellungen zu untersuchen. Er betont, dass er sich der Einschränkungen der Methode bewusst sei, die eine Verallgemeinerung der Ergebnisse nicht zuließen. Die im Verlauf der Arbeit entwickelten methodischen Konzepte kämen deshalb nicht über den Status von Arbeitshypothesen hinaus, die sich aber als äußerst hilfreich erwiesen hätten.

GRAMANN gewann seine Erkenntnisse im Wesentlichen durch Beobachtungen in Industrieprojekten, in denen er beteiligt war, und in von ihm betreuten Studienarbeiten, in denen technische Konzepte entwickelt und prototypisch umgesetzt wurden [GRAMANN 2004, S. 5-8]. Diese Entwicklungsprozesse wurden reflektiert und diskutiert, sie dienten der Thesenbildung und dem expliziten Testen methodischer Ansätze. Zwar sei es mit dieser Forschungsmethodik kritisch, verallgemeinbare Aussagen zu generieren, da reale Problemlösungsprozesse einer unüberschaubaren Vielzahl von Einflussfaktoren unterlägen. Die Reflexion des Entwicklungsprozesses bekomme damit auch einen stark spekulativen Charakter („Was wäre gewesen wenn...?“). Immerhin könnten auf Basis solcher Gedankengänge Thesen gebildet werden. Deren Validierung sei jedoch außerordentlich schwierig, da man hierfür unmöglich alle Randbedingungen einer zu beobachtenden Situation konstant halten könne. Zumindest könnten Indizien, die für die Richtigkeit oder Falschheit einer These sprechen, abgeleitet werden.

Allen Einschränkungen zum Trotz hat die Forschungsmethodik in Form von Einzelfallstudien und Selbstbeobachtungen im Rahmen der Konstruktionsforschung eine gewisse Anerkennung gefunden, „weil es im Moment nichts Besseres zu geben scheint.“ [GRAMANN 2004, S. 8] Für DÖRNER stellen Einzelfallanalysen zudem die geeignetste Methode dar, um zu einer Theorie des Konstruktionshandelns zu gelangen. Er begründet das mit der Tatsache, dass beim Lösen technischer Problemstellungen meist mehrere Wege zum Ziel führten. Den idealen Prozessablauf gäbe es nicht, Erfolgsfaktoren in einer konkreten Situation könnten unter anderen Umständen zum Misserfolg führen. Gruppenstatistische Methoden greifen in derart komplexen Situationen nicht, da sie letztlich nur triviale Aussagen ermöglichten ([DÖRNER 1998, S. 8 ff.], zitiert nach [WULF 2002, S. 34]).

Trotz aller Schwierigkeiten existieren Bestrebungen in Richtung einer solideren **wissenschaftlichen Grundlage** der Entwicklungsmethodik- und Konstruktionsforschung. Zur Vergleichbarkeit von Forschungsergebnissen und zum Aufbau kumulativer Erkenntnisse im Bereich der Produktentwicklung ist die Orientierung an einem wissenschaftlichen Rahmen notwendig. PULM beschäftigt sich intensiv mit Wissenschaftstheorie und wissenschaftlichen Ansätzen in der Produktentwicklung. Im Rahmen seiner Definition von Wissenschaft fasst er beispielsweise Kriterien wissenschaftlicher Arbeit zusammen, verweist aber auch explizit auf Schwierigkeiten, die der Einhaltung dieser Kriterien im Wege stehen [PULM 2004, S. 53]. BLESSING stellt eine Forschungsmethodik vor als einen möglichen Ansatz, um Forschung im Bereich der Produktentwicklung in Richtung einer etablierten wissenschaftlichen Disziplin weiterzuentwickeln (siehe Bild 12). Die wesentlichen Ziele des ‚Design Research Methodology Framework‘ sind es, Forscher dabei zu unterstützen, Forschungsgebiete und -projekte zu identifizieren und geeignete Forschungsmethoden hierfür auszuwählen [BLESSING 2002, S. 4].

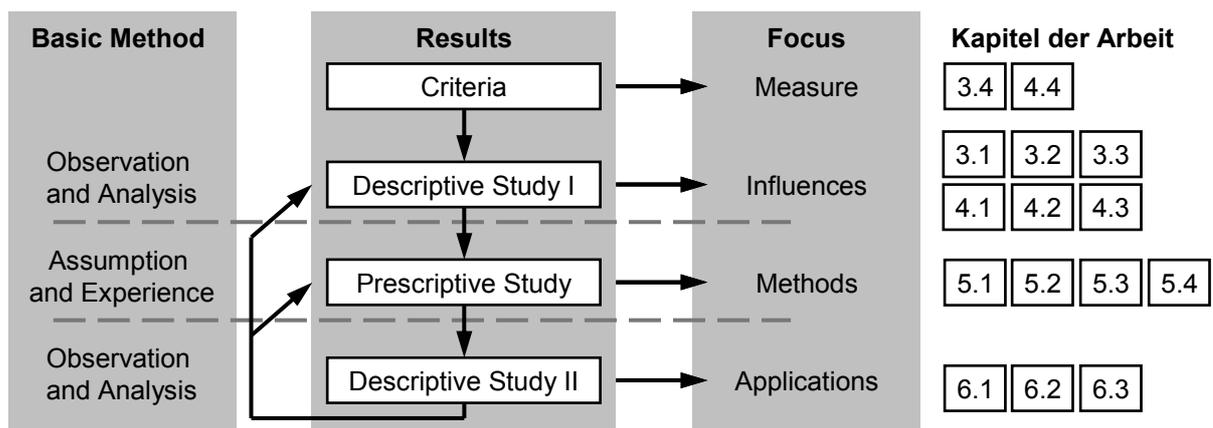


Bild 12: Design Research Methodology Framework (nach [BLESSING 2002, S. 4])

Das wissenschaftliche Vorgehen der vorliegenden Arbeit wird im Folgenden anhand der Einordnung in diese Forschungsmethodik näher charakterisiert. Im Rahmen der Arbeit wurden die einzelnen Phasen des vorgestellten Modells nicht streng sequenziell durchlaufen. BRAUN, der sein wissenschaftliches Vorgehen ebenfalls anhand des ‚Design Research Methodology Framework‘ spiegelt, schreibt: „Im Grundsatz handelt es sich bei dem wissenschaftlichen Vorgehen der vorliegenden Arbeit um einen iterativen Prozess aus Beobachtung, Analyse und Intervention, durch dessen Durchlaufen der Lösungsansatz zunehmend an Praxisrelevanz gewinnen konnte. Denn nicht nur die Praxis lernt von der Theorie, auch die Theorie lernt von der Praxis.“ [BRAUN 2005, S. 9-12] Gleiches gilt im Prinzip für die vorliegende Arbeit, treffender hätte es der Autor nicht formulieren können.

Criteria (Phase der Kriteriendefinition)

Die Aufgabe der Phase der Kriteriendefinition ist es, das grundlegende Ziel der wissenschaftlichen Arbeit abzustechen, und dem Forschungsprojekt damit einen Fokus zu geben. Es werden Kriterien festgelegt, deren Beitrag zum Erfolg (oder Misserfolg) im Rahmen der ersten deskriptiven Phase zu untersuchen ist. In der präskriptiven Phase ist darauf zu achten, dass die erarbeiteten Lösungsansätze insbesondere auf eine Beeinflussung der als bedeutend eingestuften Kriterien abzielen. Schließlich bilden die Erfolgskriterien den Rahmen für eine Bewertung in der zweiten deskriptiven Phase. Diese Arbeit verfolgt als Hauptziel die Unterstützung einer situationsgerechten Konzeptentwicklung mit geeigneten Vorgehensweisen und Methoden. Die Kriterien werden zunächst als Anforderungen formuliert (Kapitel 3.4) und später zu Handlungsschwerpunkten verdichtet (Kapitel 4.4). Bei der Diskussion und Bewertung des Lösungsansatzes werden diese Kriterien wieder aufgegriffen (Kapitel 6.3).

Descriptive Study I (Erste deskriptive Phase)

Die erste deskriptive Phase sieht vor, die Einflüsse auf den Betrachtungsgegenstand detailliert durch Beobachtungen und Auswertung dieser Beobachtungen zu analysieren, um daraus einen Handlungsbedarf abzuleiten. Die erste deskriptive Phase im Rahmen dieser Arbeit ist zweigeteilt. Im ersten Schritt wird das Problemfeld ‚Konzeptentwicklung‘ unter dem besonderen Aspekt der ‚Entwicklungssituation‘ untersucht. Dies geschieht zum einen durch das Studium des Stands der Forschung (Kapitel 3.1 und 3.2), um eine Übersicht über verfügbare Erkenntnisse und Forschungsergebnisse zu erlangen, auf denen aufgebaut werden kann. Zum

anderen erfolgt eine Analyse von studentischen Entwicklungsprojekten (Kapitel 3.3), an denen die theoretischen Erkenntnisse gespiegelt werden. Daraus werden Anforderungen an Lösungsansätze zur situativen Unterstützung der Konzeptentwicklung generiert. Im zweiten Schritt werden bestehende Lösungsansätze zur Unterstützung der Konzeptentwicklung durch Studium des Stands der Forschung und eigene Beobachtungen untersucht (Kapitel 4.1 bis 4.3). Daraus wird der Handlungsbedarf für die Entwicklung eines neuen Lösungsansatzes abgeleitet. Dieses Vorgehen soll gewährleisten, dass bestehende Forschungsergebnisse so weit wie möglich integriert werden und „das Rad nicht neu erfunden wird“. Hier ist eine flexible Anwendung des Modells zu erkennen: die Kriterien wurden nicht vor der ersten deskriptiven Phase aufgestellt, sondern in deren Verlauf ermittelt und abschließend formuliert.

Prescriptive Study (Präskriptive Phase)

Die präskriptive Phase dient der Erarbeitung von Lösungsansätzen in Form von Modellen, Methoden oder Werkzeugen, basierend auf den Ergebnissen der ersten deskriptiven Phase sowie Annahmen und gewonnenen Erfahrungen. Diese Phase stellt im Prinzip einen eigenen Entwicklungsprozess dar, dessen „Produkte“ Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung des Produktentwicklungsprozesses sind. Die Entwicklung des Lösungsansatzes zur situativen Unterstützung einer methodischen Konzeptentwicklung erfolgt basierend auf den Ergebnissen der vorangegangenen Phasen. Es wird ein allgemeines Beschreibungsmodell als Fundament einer Unterstützung entwickelt (Kapitel 5.1). Dieses wird am Themengebiet der Konzeptentwicklung technischer Produkte in Form einer Informationssammlung ausgeprägt (Kapitel 5.2). Die operative Prozessunterstützung wird durch die Definition einer Anwendungsmethodik ermöglicht (Kapitel 5.3). Die Konzipierung und prototypische Implementierung in einem Rechnerwerkzeug (Kapitel 5.4) schließt letztlich die präskriptive Phase ab.

Descriptive Study II (Zweite deskriptive Phase)

Die zweite Beschreibungsphase beinhaltet die Anwendung und Evaluation der entwickelten Lösungsansätze. Damit ist zu klären, ob die geschaffenen Hilfsmittel in den Situationen erfolgreich Anwendung finden können, für welche sie geschaffen wurden. Analog der ersten Beschreibungsphase ist wiederum durch Beobachtung und Analyse zu untersuchen, ob und wie die entwickelten Lösungsansätze zur Erreichung der eingangs aufgestellten Zielsetzung beitragen. Die Überprüfung der entwickelten methodischen Ansätze dieser Arbeit findet auf verschiedene Arten und Weisen statt: zum einen wird beschrieben, wie bestimmte Teile des Lösungsansatzes in konkrete Projekte einfließen, woraus sich letztlich Indizien für dessen Erfolg ergaben (Kapitel 6.1 und 6.2). Zum anderen wird der Lösungsansatz allgemein anhand der zuvor formulierten Erfolgskriterien diskutiert und kritisch hinterfragt (Kapitel 6.3).

2.4.2 Rahmenbedingungen untersuchter Entwicklungsprozesse

Deskriptive Studien nehmen eine wichtige Rolle für die Gewinnung von Erkenntnissen über das Phänomen der Produktentwicklung und die Untersuchung der Wirkung von vorgeschlagenen Methoden und Werkzeugen ein [BLESSING ET AL. 1998, S. 47]. In der Vergangenheit wurde eine Vielzahl von empirischen Untersuchungen in dieser Richtung durchgeführt. Übersichten hierzu finden sich z. B. bei [FRANKENBERGER 1997, S. 28] oder [GÜNTHER 1998,

S. 30]. Die Rahmenbedingungen der Prozesse, die Gegenstand der Forschungsaktivitäten sind, wirken sich dabei stark auf die Möglichkeiten aus, Erkenntnisse aus ihnen zu ziehen. Typischerweise wird in Bezug auf die Umgebung der untersuchten Entwicklungsprozesse zwischen Labor- und Praxisuntersuchungen unterschieden (z. B. [GÜNTHER 1998, S. 29], [BLESSING ET AL. 1998, S. 47]). In dieser Arbeit wird eine Differenzierung in die Kategorien Laborstudie, Feldstudie und Universitätsprojekt vorgenommen (siehe Bild 13).

Rahmenbedingungen	Laborstudie (Konstruktionsexperiment)	Feldstudie (Industrieprojekt)	Universitätsprojekt (Forscher, Studenten)
Beobachtungszeitraum	Stunden bis Tage	Wochen bis Monate bzw. Jahre	Wochen bis Monate bzw. Jahre
Komplexität der Aufgabe	gering (einfache Vorrichtungen etc.)	mittel bis hoch (komplexe Anlagen etc.)	mittel bis hoch (Antriebs-elemente, Sportgeräte etc.)
Beobachtete Entwickler	Individuen und Kleingruppen	Kleingruppen, größere Gruppen	Individuen und Kleingruppen
Zahl der Einflussfaktoren	Gering bzw. kontrolliert	Sehr hoch, komplexes Umfeld	In der Regel zwischen Labor- und Feldstudie
Übergeordnete Ziele, Fokus der Studien	Untersuchung ausgewählter Zusammenhänge, Vergleichbarkeit von Erkenntnissen	Untersuchung von Entwicklungsprozessen unter möglichst realen Praxisbedingungen	Untersuchung der Anwendung von Systematik und Methoden beim Entwickeln und Konstruieren
Rolle des Forschers	Forscher als externer Beobachter	Forscher als teilnehmender Beobachter	Forscher selbst als Entwickler bzw. Betreuer von studentischen Entwicklern
Methoden der Datenerfassung	Beobachtung mit hohem Auflösungsgrad, Echtzeit-Protokollierung (Video, Tonband), Befragungen	begleitende Beobachtung mit mittlerem Auflösungsgrad („Shadowing“), Befragungen	Selbstbeobachtung, mit mittlerem Auflösungsgrad, Untersuchung von Arbeitsergebnissen und Berichten
Forscher (exemplarisch)	Dylla 1991, Günther 1998	Hales 1987, Frankenberger 1997	Giapoulis 1998, Gramann 2004

Bild 13: Mögliche Rahmenbedingungen bei der Betrachtung von Entwicklungsprozessen

Konstruktionsexperimente in kontrollierter Laborumgebung bzw. **Laborstudien** werden z. B. von [DYLLA 1991] und [GÜNTHER 1998] beschrieben. Ihre Versuche zielen auf die Beobachtung von Individuen bei der Bearbeitung einer konstruktiven Aufgabenstellung ab. Generell wird versucht, die Zahl möglicher Einflussfaktoren auf den Prozess und das Ergebnis soweit wie möglich einzuschränken bzw. zu kontrollieren, um damit aussagekräftige Zusammenhänge zwischen den fokussierten Parametern zu ermöglichen. Die hier betrachteten Entwicklungsprozesse nehmen in der Regel einen begrenzten Zeitraum ein (mehrere Stunden an mehreren Tagen). Es werden einzelne Entwickler oder Kleingruppen betrachtet. Die Forscher nutzen zumeist Methoden der Beobachtung und Protokollierung mit hohem Auflösungsgrad (Video, Tonband) in Kombination mit Methoden der Befragung (Interviews, Fragebogen).

Praxisnahe Entwicklungsprozesse im industriellen Umfeld werden dagegen im Rahmen von **Feldstudien** z. B. bei [HALES 1987] und [FRANKENBERGER 1997] betrachtet. In der Industrie untersuchte Entwicklungsprozesse lassen sich kaum mit einem ähnlich hohen Auflösungsgrad erfassen, wie es bei Laborstudien der Fall ist. Der Beobachtungszeitraum umfasst Wochen bis Jahre in zum Teil stark arbeitsteiliger Umgebung. Die Zahl der Einflussfaktoren ist sehr hoch, was die Identifikation von Einflüssen zwischen den entscheidenden Variablen erheblich er-

schwert. Daher erfolgt in der Regel eine Konzentration auf ausgewählte Forschungsaspekte, beispielsweise sogenannte „Kritische Situationen“ [FRANKENBERGER 1997, S. 83].

Als **Universitätsprojekte**, die bisher in der Literatur noch nicht intensiv diskutiert wurden, werden Entwicklungsprojekte bezeichnet, wie sie z. B. von [GIAPOULIS 1998] und [GRAMANN 2004] beschrieben werden. Hinsichtlich ihrer Rahmenbedingungen stellen sie eine Zwischenkategorie zwischen Laborstudien und Feldstudien dar. Konstruktive Aufgabenstellungen werden zumeist im akademischen Umfeld bearbeitet, entweder von den Forschern selbst, von Studenten oder in gemischten Teams. Oft ist der Initiator der Themenstellung ein Industrieunternehmen, daher herrschen gewisse praxisähnliche Anforderungen. Da in der Regel keine Einbindung der Entwickler in den Unternehmenskontext stattfindet (Aufbauorganisation, Tagesgeschäft), ist die Zahl der Einflussfaktoren geringer als bei reinen Praxisstudien. Zudem wird im akademischen Umfeld meist hoher Wert auf die Anwendung von Systematik und Entwicklungsmethoden gelegt, was in der Industrie nicht zwangsläufig der Fall ist. Ein Universitätsprojekt endet häufig mit der Validierung eines prototypisch realisierten Lösungskonzepts, nachgelagerte Prozesse (Serienreifmachung etc.) sind nicht Bestandteil des Projekts. Der Forscher nimmt oft die Rolle des Entwicklers ein, der durch Selbstbeobachtung und Reflexion neue Erkenntnisse gewinnt. Zum Teil analysiert der Forscher aber auch Prozesse, die von Studenten im Rahmen von konstruktiven Studienarbeiten durchgeführt werden.

Universitätsprojekte werden deswegen hier diskutiert, da die betrachteten Projekte im Rahmen dieser Arbeit in diese Kategorie einzuordnen sind. Die Rahmenbedingungen studentischer Entwicklungsprojekte als Betrachtungsgegenstand wurden hervorgehoben, um geeignete Methoden zur Erfassung relevanter Inhalte aus diesen Prozessen auswählen zu können, die Aussagen hinsichtlich der behandelten Fragestellungen ermöglichen.

2.4.3 Methoden zur Erfassung von Entwicklungsprozessen

Im Folgenden werden verschiedene Methoden zur Erfassung von Inhalten aus Entwicklungsprozessen diskutiert. Basierend auf den Ausführungen in der Literatur (u. a. [STAUFFER 1989], [DYLLA 1991, S. 43], [BLESSING 1994, S. 97 FF.], [BLESSING ET AL. 1998, S. 50], [BADKE-SCHAUB & FRANKENBERGER 2004, S. 46 FF.]) wurde ein Überblick generiert (siehe Bild 14), um daraus geeignete Methoden ableiten zu können, die für diese Arbeit in Frage kommen.

Kategorie	Einzelmethoden z. B.	Vorteile / Nachteile
Beobachtung	unstrukturiert vs. strukturiert, begleitend vs. teilnehmend	Vorteile: detaillierte Prozessanalyse möglich, Erfassung in Echtzeit / Nachteile: zeitintensiv, geschulte Beobachter notwendig, Subjektivität
Echtzeit- erfassung	Video-/ Tonbandaufnahme, „lautes Denken“, Logfile-recording	Vorteile: sehr detaillierte Prozessanalyse möglich, Erfassung in Echtzeit / Nachteile: hoher Aufwand, nur für kurze Zeiträume geeignet
Befragung	Interview (unstrukturiert vs. strukturiert), Fragebögen	Vorteil: gezielte Ansprache von Themen möglich, keine Störung des Prozesses / Nachteil: Lücken, Wahrnehmungsabhängigkeit
Retrospektive Dokumente	Protokolle, Projektberichte, „Stories“, Arbeitsdokumente	Vorteile: umfangreiches Datenmaterial, keine Störung des Prozesses / Nachteile: Lücken, Verfälschungen, keine Datenerfassung in Echtzeit

Bild 14: Methoden zur Erfassung von Inhalten aus Entwicklungsprozessen

Die **Beobachtung** gilt als eines der grundlegendsten Verfahren für die Erfassung der spezifischen Form eines Verhaltens, seiner Häufigkeit, Intensität und Dauer und damit für die Analyse komplexer Verhaltensabläufe. Grundsätzlich kann zwischen einer freien, unsystematischen Beobachtung und einer kontrollierten, systematischen Beobachtung unterschieden werden [BADKE-SCHAUB & FRANKENBERGER 2004, S. 50]. Eine nicht teilnehmende Beobachtung kann derart erfolgen, dass die Beobachter sozusagen als „Schatten“ den Entwicklern folgen und relevante Aspekte des Entwicklungsprozesses protokollieren („Shadowing-Verfahren“) [S. 54]. Ein Extremfall der Beobacherteilnahme besteht z. B. bei GIAPOULIS, der die Rollen des Entwicklers und Forschers in seiner Person vereint, Selbstbeobachtung betreibt und den eigenen Entwicklungsprozess im Nachhinein analysiert [GIAPOULIS 1998, S. 10].

Es existieren verschiedene Methoden der **Echtzeiterfassung** von Inhalten des Entwicklungsprozesses, wie Video- und Tonbandaufnahmen, die dann sinnvoll sind, wenn Entwicklungsprozesse innerhalb eines überschaubaren Zeitraums mit einem hohen Auflösungsgrad analysiert werden sollen. Die Nutzung von Tonbandaufnahmen in Zusammenhang mit dem „lauten Denken“ der Konstrukteure wird z. B. von BLESSING beschrieben [BLESSING 1994, S. 98-99]. TANG & LEIFER nutzen einen videobasierten Versuchsaufbau zur Erfassung von Entwicklungsaktivitäten in Gruppen [TANG & LEIFER 1991]. Ihre Erfassungsmethode ist weniger reaktiv als eine teilnehmende Beobachtung oder das laute Denken, da Konstrukteure und Beobachter sich in separaten Räumen befinden und die Kameras so angebracht wurden, dass sie den Entwicklungsprozess möglichst wenig stören. Diese Art der Prozesserfassung ist jedoch nur für kürzere Konstruktionsprozesse in Laborsituationen mit einzelnen Probanden geeignet. Aufgrund des hohen Aufwands ist sie nicht praktikabel, wenn der gesamte Prozess zeitlich sehr viel größer betrachtet werden soll, wie es im Rahmen dieser Arbeit der Fall ist. Die rechnergestützte Protokollierung (Logfile-recording) ist ausschließlich für computergestützte Bearbeitung von Konstruktionsproblemen nutzbar [SCHRODA 2000, S. 36].

Befragungen können in schriftlicher Form als Fragebögen mit vorgegebenen Antwortalternativen erfolgen, die schriftlich beantwortet werden. Sie sind aber auch in mündlicher Form mit so genannten unstrukturierten, halb- oder ganz strukturierten Interviews ausführbar, wobei die Fragen in mehr oder weniger standardisierter Form vorgegeben werden. Während beim unstrukturierten Interview nur der thematische Rahmen und damit der Gesprächsverlauf vorgegeben werden, sind bei einem vollständig strukturierten Interview der genaue Wortlaut sowie die Reihenfolge der Fragen genau festgelegt [BADKE-SCHAUB & FRANKENBERGER 2004, S. 47]. Es existieren verschiedene methodische Probleme für die Anwendung der Befragung sowohl bei der Erfassung als auch der Auswertung, z. B. die Begrenztheit der Erfassung durch motivationale Prozesse beim Befragten oder nicht bewusst ablaufende Arbeitsprozesse etc. Die Kombination von Beobachtung mit anschließendem Beobachtungsinterview wird als empfehlenswerte Untersuchungsmethode erachtet, weil zusätzlich zu der Wahrnehmung des beobachtenden Experten die subjektive Wahrnehmung des Handelnden erfasst wird.

Als Vorteile von **retrospektiven Protokollen** werden von STAUFFER unter anderem genannt, dass sie keine Störung des Prozesses verursachen, einfach durchzuführen sind und umfangreiches Datenmaterial erzeugen [STAUFFER 1989]. Als Nachteile werden erwähnt, dass die Inhalte von der Wahrnehmung der protokollierenden Personen abhängig sind und eher Zusammenfassungen als Details liefern. Je nachdem, mit welchem zeitlichen Verzug die Doku-

mente erstellt werden, können Erinnerungslücken zu einer verminderten Qualität der Inhalte führen. Der Bericht vermittelt unter Umständen ein gut geplantes Vorgehen, das ohne größere Zwischenfälle in die Praxis umgesetzt werden konnte, obwohl der reale Prozess in einer Reihe starker Iterationen und kurzfristigen ad hoc geplanten Aktionen bestand.

2.4.4 Analyse der Dokumentation studentischer Entwicklungsprojekte

Die studentischen Entwicklungsprojekte in der Art, wie sie im Fokus der Betrachtungen dieser Arbeit liegen, werden üblicherweise in einem Zeitraum von ungefähr sechs Monaten durchgeführt. Daher wurde auf Methoden der Beobachtung und Echtzeiterfassung verzichtet. Stattdessen stützt sich die Analyse im Wesentlichen auf retrospektive Dokumente über den Entwicklungsprozess. Ferner wurden gezielt Befragungen in Form von Interviews durchgeführt, um relevante Details zu erfassen, welche sich nicht aus der Dokumentation erschließen ließen. Die Projektdokumentation in Form einer Studienarbeit deckt das gesamte Projekt ab. Sie wird von den Studenten parallel zur Projektbearbeitung bzw. im Anschluss angefertigt und enthält typischer Weise Details zur Zielsetzung im Projekt, zu Vorgehen, Methodeneinsatz, Ergebnissen und deren Beurteilung. Ein wichtiger Bestandteil ist in der Regel ebenso die Reflexion hinsichtlich des Prozesses und der Ergebnisse. Die erzielten Ergebnisse beinhalten typischer Weise die Beschreibung einer oder mehrerer Lösungen in Form von Konzeptskizzen, CAD-Modellen und Hardware-Prototypen. Zusätzlich wird meist eine Bewertung und Überprüfung der Lösung, z. B. anhand von Prototypentests, durchgeführt.

Einen großen Nachteil dieser Form der Informationserfassung und Prozessanalyse stellt die Tatsache dar, dass der Entwicklungsprozess nicht „live“ erfasst wird. Der reale Prozess wird nur zu einem gewissen Teil repräsentiert und nur die dokumentierten Inhalte können einer Analyse unterzogen werden. Zudem ergibt sich manchmal eine beträchtliche Diskrepanz zwischen Realität und Dokumentation. Dennoch können aus diesen formalen Berichten wertvolle Erkenntnisse abgeleitet werden. Die Inhalte sind in der Regel wohl durchdacht, gut ausgearbeitet und kritisch reflektiert (abhängig vom Engagement des Studenten). Schließlich werden diese Arbeiten im Anschluss als Studienleistung bewertet, was gewisse Einflüsse auf die Dokumentation hat. Diese Berichte stehen damit im Kontrast zu eher informellen Dokumentationstypen wie dem Logbuch des Ingenieurs (vgl. [MCALPINE ET AL. 2006]), das tendenziell realitätsnähere Details enthält. Positive wie kritische Aspekte der Erkenntnisgewinnung aus studentischen Entwicklungsprojekten anhand der Projektdokumentation als primäre Datenquelle werden in Bild 15 nochmals vergleichend gegenübergestellt.

Positive Aspekte	Kritische Aspekte
<ul style="list-style-type: none"> • Geringere Anzahl und Varianz der Einflussgrößen als bei Entwicklungsprojekten in der Industrie • Stärkere Anwendung von systematischen Vorgehensweisen und Methoden als in der Praxis • Gezielte Reflexion des Prozesses • Anfertigung einer Projektdokumentation als Pflichtbestandteil der Aufgabenstellung • Geheimhaltungsaspekt weniger problematisch 	<ul style="list-style-type: none"> • Nachteile der retrospektiven Informationserfassung (Lücken, Verfälschungen etc.) • Dokumentation des Prozesses entspricht nicht dem realen Prozess • Formalisierung, Nachbearbeitung • Bewertung des Projekts als Studienleistung besitzt Einfluss auf die Erstellung der Dokumentation

Bild 15: Positive und kritische Aspekte hinsichtlich der Analyse von Studentenprojekten

3 Entwicklungssituationen in der Konzeptentwicklung

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Lösungsansatzes zur situativen Unterstützung von Entwicklern bei der methodischen Konzeptentwicklung technischer Produkte. Bevor eine Beschäftigung mit der Form der Unterstützung erfolgen kann, ist zu klären, wo die Herausforderungen im Problemfeld dieser Arbeit liegen. In Kapitel 3.1 wird zunächst die Konzeptentwicklung als derjenige Aufgabenbereich im Rahmen der Produktentwicklung vorgestellt, auf dem hier der Fokus liegt und den es methodisch zu unterstützen gilt. Dazu findet eine Einordnung in den Gesamtkontext der Produktentwicklung statt und es wird der Charakter der Konzeptentwicklung von verschiedenen Seiten her beleuchtet. Ein weiterer Themenschwerpunkt ist die situative Unterstützung, weswegen sich Kapitel 3.2 mit dem Begriff der Entwicklungssituation beschäftigt. Es wird untersucht, wie Situationen beschrieben und analysiert werden können und welche Ansätze einer situativen Unterstützung des Entwicklers in seinem Prozess bereits existieren. Diese zunächst recht allgemeinen Erkenntnisse dienen dazu, in Kapitel 3.3 konkrete Entwicklungssituationen zu charakterisieren, die im Rahmen studentischer Entwicklungsprojekte beobachtet bzw. identifiziert wurden. Abschließend werden in Kapitel 3.4 Anforderungen an einen Lösungsansatz formuliert.

3.1 Konzeptentwicklung

Die Entwicklung innovativer Konzepte spielt eine wichtige Rolle im gesamten Produktentwicklungsprozess. Die Qualität des Produkts und der Erfolg des gesamten Entwicklungsprozesses werden davon maßgeblich beeinflusst. Die Konzeptentwicklung ist in den so genannten „frühen Phasen“ der Produktentwicklung anzusiedeln. Hierbei handelt es sich um einen Zeitpunkt im Gesamtprozess, der die Entwickler vor große Herausforderungen stellt. Gründe dafür sind unter anderem die große Unsicherheit hinsichtlich anforderungsgerechter Lösungen und der hohe Informationsbedarf des Entwicklers bzw. des Teams. Dieser Abschnitt dient der Klärung des Begriffs ‚Konzept‘ und verwandter Begrifflichkeiten sowie der Beleuchtung der Konzeptentwicklung aus unterschiedlichen Blickwinkeln.

3.1.1 Begriffsklärung

EHRENSPIEL und PAHL ET AL. verstehen unter einem **Konzept** allgemein eine erste Fassung, einen Plan, ein Programm. In Bezug auf die Produktentwicklung bzw. Konstruktion bezeichnen sie damit die festgelegte prinzipielle Lösung für ein Produkt ([EHRENSPIEL 2003, S. 667], [PAHL ET AL. 2005, S. 749]). An anderer Stelle wird das Konzept bei EHRENSPIEL etwas detaillierter als „eine aus mehreren Lösungsvarianten ausgewählte prinzipielle Lösung eines Produkts, die die wichtigsten Anforderungen, insbesondere die Funktionsanforderungen am wahrscheinlichsten und optimal erfüllt“ definiert [EHRENSPIEL 2003, S. 236].

Der Prozess, als dessen Ergebnis das Konzept entsteht, wird als **Konzipieren** bezeichnet. Nach EHRENSPIEL heißt Konzipieren „eine Grundidee von etwas gewinnen, Erarbeiten und Darstellen der Funktion, der Funktionsstruktur, der Effekte und Effekträger und deren Glie-

derung sowie der Wirkstruktur aufgrund einer Aufgabenstellung und einer Anforderungsliste“ [EHRENSPIEL 2003, S. 667]. „Beim Konzipieren versucht man, eine Vorstellung darüber zu gewinnen, wie und mit welchen Mitteln die Maschine prinzipiell oder qualitativ funktionieren könnte.“ [EHRENSPIEL 2003, S. 236] Nach PAHL ET AL. ist das Konzipieren „der Teil des Konstruierens, der nach dem Klären der Aufgabenstellung durch Abstrahieren auf die wesentliche Probleme, Aufstellen von Funktionsstrukturen und durch Suche nach geeigneten Wirkprinzipien und deren Kombinationen in einer Wirkstruktur die prinzipielle Lösung (Lösungsprinzip) festlegt“ [PAHL ET AL. 2005, S. 171].

Die Definition nach HUBKA geht in dieselbe Richtung. [HUBKA 1976, S. 10-11]. Das Konzipieren stellt bei ihm eine Etappe des Konstruktionsvorgangs dar, bei dem ausgehend von einem Pflichtenheft bzw. einer Anforderungsliste Prinzipschemata, Konzeptions-skizzen, Berechnungen und Berichte erarbeitet werden. Als wesentliche Operationen, die für die Etappe des Konzipierens charakteristisch sind sieht HUBKA: Arbeitsprinzip wählen, Teilfunktionsträger wählen, über die Übernahme oder Konstruktion von Maschinenteilsystemen entscheiden sowie grundsätzliche Herstellungsart überlegen.

FRENCH bezeichnet die Ergebnisse des Konzipierens (,conceptual design’) als so genannte ,schemes’: „By a scheme is meant an outline solution to a design problem, carried to a point where the means of performing each major function has been fixed, as have the spatial and structural relationships of the principal components. A scheme should be sufficiently worked out in detail for it to be possible to supply approximate costs, weights, and overall dimensions, and the feasibility should have been assured as far as circumstances allow.“ [FRENCH 1999, S. 1] Diese Definition deckt sich damit weitest gehend mit den oben genannten.

ULRICH & EPPINGER formulieren folgende Definition: „A product concept is an approximate description of the technology, working principles, and form of the product. It is a concise description of how the product will satisfy the customer needs.“ [ULRICH & EPPINGER 1995, S. 78] Die Adressierung von Kundenbedürfnissen integriert einen neuen Aspekt in den Konzeptbegriff. In der Tat wird nach HANSEN & ANDREASEN der Begriff des Konzepts in der Literatur zu häufig lediglich auf technische Belange reduziert. Sie betonen, dass bei der Konzeptentwicklung zwei essentielle Aspekte gleichermaßen zu berücksichtigen sind: der entwicklungs-/realisierungsbezogene Aspekt (,idea in the product’) und der bedürfnis-/marktorientierte Aspekt (,idea with the product’) [HANSEN & ANDREASEN 2003, S. 4]. Ein erarbeitetes Konzept schafft in der Regel Klarheit bzgl. mehrerer Dimensionen: einem profitablen Business für das Unternehmen, einem erfolgreichen Produkt für den Kunden und einem handhabbaren Prozess für das Entwicklungsteam [HANSEN & ANDREASEN 2003, S. 6].

ANDREASEN & HEIN definieren die ,Product Principle Phase’, in welcher die Benutzer des Produkts, die Art und Weise, wie das Produkt benutzt werden soll und die Mensch-Maschine-Beziehung festgelegt wird. Darauf aufbauend wird das Produktkonzept erstellt, das die Grundlage für die Festlegung der Art der Produktion bildet ([ANDREASEN & HEIN 1987, S. 26] in der Übersetzung nach [DEMERS 2000, S. 20]).

Im Folgenden findet eine **Diskussion** der aufgeführten Definitionen statt. Die Beschreibungen in der Literatur lassen erkennen, dass das Konzipieren einen Prozess darstellt, der eine Reihe einzelner Aktivitäten beinhaltet, die in ihrer Natur verschieden sind. Es ist sowohl eine Abstraktion durchzuführen, indem das zu realisierende Produkt in Form von Funktionen und

Funktionsstrukturen beschrieben wird. Zum anderen sind Schritte der Konkretisierung nötig, indem Effekte und Effekträger, Wirkprinzipien und Wirkstrukturen erarbeitet werden. Es sind sowohl Einzelelemente (Funktionen, Wirkprinzipien) zu definieren als auch auf deren Zusammenspiel und Vernetzung im Gesamtsystem (Funktionsstruktur, Wirkstruktur).

Für Konzept werden eine Reihe synonyme Begriffe genannt: prinzipielle Lösung, Prinziplösung, Lösungskonzept, Lösungsprinzip. Hier ist ein gewisser Widerspruch erkennbar, wenn man die Tatsache beachtet, dass der Begriff Lösungsprinzip ferner als Synonym zu Wirkprinzip definiert wird ([EHRENSPIEL 2003, S. 670], [PAHL ET AL. 2005, S. 52]). Ein Wirkprinzip bezieht sich auf Einzelaspekte der Lösung, erst durch die Verknüpfung mehrerer Wirkprinzipien in der Wirkstruktur wird daraus ein Lösungskonzept. Demnach meinen die Begriffe Lösungsprinzip (Wirkprinzip) und (Lösungs-)Konzept also nicht dasselbe. Die Diskussion zeigt, dass eine klare Definition schwierig ist. Außerdem ist zu beachten, dass verschiedene Sichten angesprochen werden. Zum einen gibt es eine Problemlösungssicht: zu einer Aufgabe bzw. einem Problem wird eine Lösung gefunden, daher ist von prinzipieller Lösung die Rede. Zum anderen wird eine funktionelle Sicht beschrieben: Funktionen werden durch Wirkprinzipien realisiert, die in ihrer Verknüpfung die Wirkstruktur darstellen. Die Vorsilbe „Wirk-“ deutet dabei auf funktionsrelevante Aspekte hin. Ein Wirkprinzip entspricht einem Lösungsprinzip, gesehen aus der Sicht der Funktionserfüllung [EHRENSPIEL 2003, S. 311].

Folgende Definitionen gelten für diese Arbeit: Ein **Konzept** kann verschiedene Dimensionen enthalten, zum Beispiel eine technische oder eine benutzerrelevante Dimension. Der Fokus in dieser Arbeit liegt auf der technischen Dimension. Ein technisches Konzept oder Lösungskonzept stellt die prinzipielle Lösung für eine technische Aufgabenstellung dar. Es enthält Wirkprinzipien zur Erfüllung vorgegebener Funktionen und deren Verknüpfung in einer Wirkstruktur. Die **Konzeptentwicklung** ist der Prozess, als dessen Ergebnis ein Konzept entsteht. Die Begriffe Konzeptentwicklung und Konzipieren werden im Folgenden synonym verwendet. Die Konzeptentwicklung ist Bestandteil des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses. Die **Produktentwicklung** ist dabei ein Unternehmensprozess, in dem produzierbare und funktionsfähige Produkte entstehen. Die **Konstruktion** ist ein wichtiger Bestandteil der Entwicklung (Details hierzu siehe Kapitel 9). Die Konzeptentwicklung wird oftmals als Phase im gesamten Entwicklungsprozess definiert, ist jedoch in allen Entwicklungsphasen als operative Tätigkeit zu beobachten. Bild 16 fasst diese Definitionen nochmals zusammen.

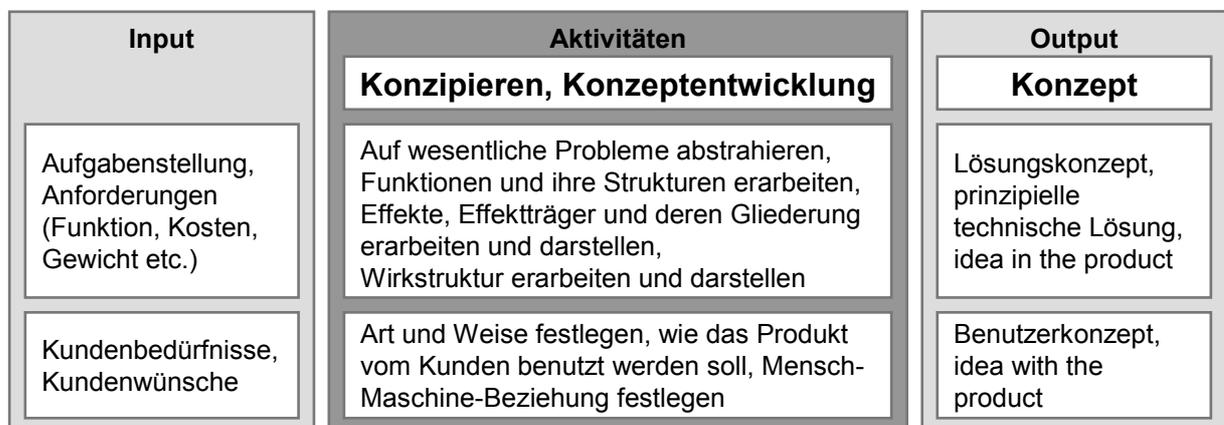


Bild 16: Klärung von Begrifflichkeiten: Konzipieren, Konzeptentwicklung, Konzept

3.1.2 Konzipieren als Teil des Produktentwicklungsprozesses

Aus der Definition der Konzeptentwicklung bzw. des Konzipierens wird ersichtlich, dass es sich hierbei um einen Teilaspekt des Entwicklungs- bzw. Konstruktionsprozesses handelt. Diese strukturellen Beziehungen werden im Folgenden etwas differenzierter betrachtet. Die Frage nach der Struktur des Konstruktionsprozesses hat nach HUBKA mehrere Gründe: die Ermittlung der allgemeinen strukturellen Bestandteile des Konstruktionsprozesses ermöglicht es z. B. „Konstruktionsprozesse zusammenbauen zu können“ [HUBKA 1976, S. 8]. Ferner bilden die strukturellen Elemente des Konstruktionsprozesses einen Katalog des Könnens eines Konstrukteurs. HUBKA stellt den Konstruktionsprozess in einer hierarchischen Struktur auf fünf Ebenen dar: Konstruktionsetappen, Konstruktionsoperationen, Grundoperationen, elementare Tätigkeiten und elementare Operationen ([HUBKA 1976, S. 9], [HUBKA 1987, S. 33]).

Im Rahmen dieser Arbeit wird von der **Granularität** der Prozessdarstellung gesprochen (siehe Bild 17). Grundsätzlich stellt die Granularität ein Maß für die Feinkörnigkeit eines Systems dar. Hier wird damit der Auflösungsgrad des Entwicklungsprozesses bezeichnet. Eine niedrige Granularität ist bei großen Betrachtungsumfängen auf Makroebene gegeben, wenn also beispielsweise der Produktentwicklungsprozess als Ganzes oder in seinen Phasen betrachtet wird. Eine hohe Granularität liegt dagegen bei Prozessen auf Mikroebene vor, z. B. bei einzelnen Denk- und Handlungsvorgängen in der Ideenfindung.

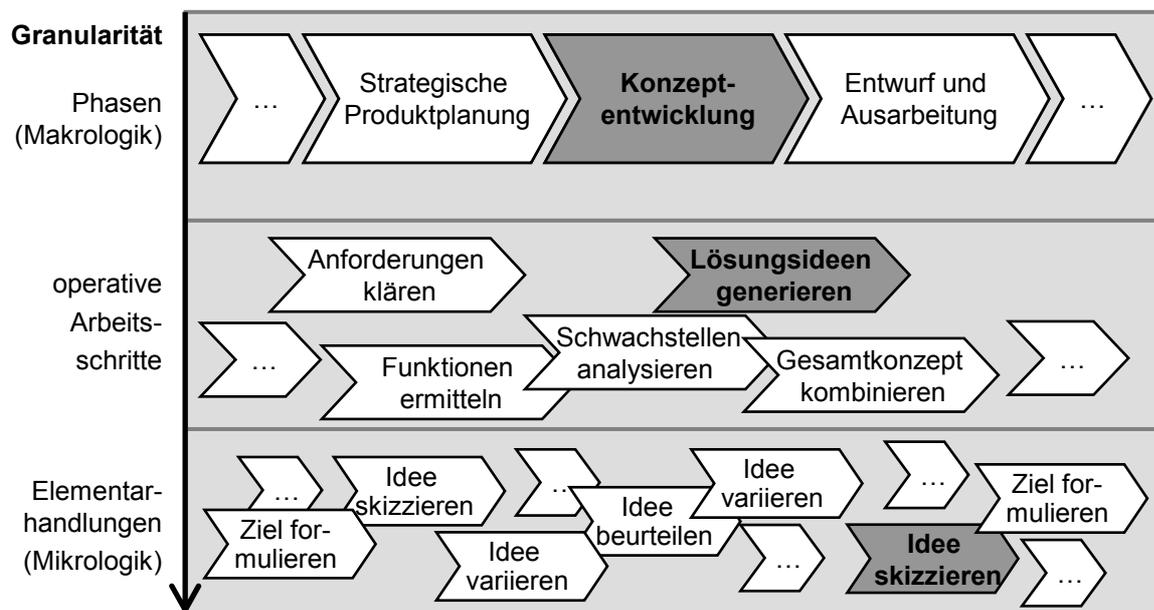


Bild 17: Unterschiedliche Stufen der Granularität im Entwicklungsprozess

Im Systems Engineering wird das Prinzip der Phasengliederung als Makrologik verfolgt, um den Werdegang einer Lösung in überschaubare Teiletappen zu gliedern und damit einen stufenweisen Planungs-, Entscheidungs- und Konkretisierungsprozess mit vordefinierten Marschhalten bzw. Korrekturpunkten zu ermöglichen [DAENZER & HUBER 1999, S. 37 FF]. Das Konzipieren stellt auf dieser Ebene eine Teilphase des gesamten Produktentwicklungsprozesses dar, es ist in diesem Zusammenhang auch häufig von der **Konzeptphase** die Rede. PAHL ET AL. gliedern den Entwicklungs- und Konstruktionsprozess in die vier Hauptphasen Planen und Klären der Aufgabe, Konzipieren, Entwerfen und Ausarbeiten [PAHL ET AL. 2005,

S. 169]. Diese Gliederung ist allgemein in der Forschung anerkannt und wird häufig zitiert. In der Praxis findet sie ebenfalls Anwendung, je nach Produkt und Projekt zum Teil mit Abweichungen. EHRENSPIEL beschreibt z. B. den Prozess der Entwicklung eines Heizgeräts, der in mehreren Phasen verläuft [EHRENSPIEL 2003, S. 163-169]. Das Projekt erstreckt sich dabei über nahezu fünf Jahre, Phasen der Konzeption treten an drei Stellen im Projekt auf und dauern jeweils mehrere Monate (siehe Bild 18).

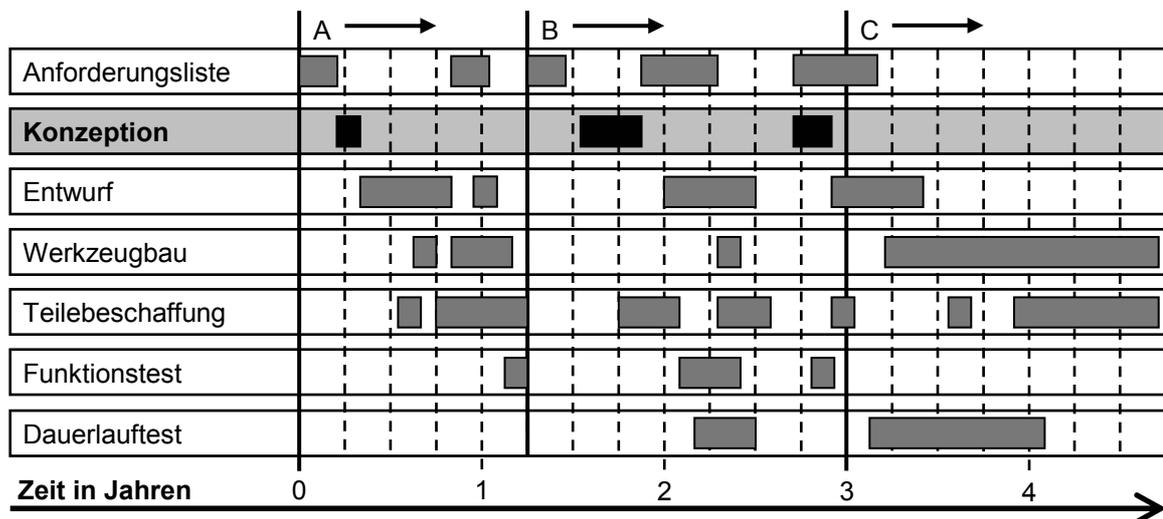


Bild 18: Projektplan einer Produktentwicklung (nach [EHRENSPIEL 2003, S.165])

Die Betrachtung der Konzeptentwicklung als umfassende Phase, die durch definierte Meilensteine (Produktkonzept) abgeschlossen wird, ist nach PACHE hilfreich, wenn nicht sogar notwendig für das Prozessmanagement und die Organisation des Gesamtprozesses einer Produktentwicklung [PACHE 2005, S. 8]. Laut PACHE treten jedoch Sequenzen der Konzeptentwicklung, die keine bestimmte Dauer aufweisen, an jeder beliebigen Stelle im Entwicklungsprozess auf. Daher müssen Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung des Konzipierens zu den Zeitpunkten im Gesamtprozess verfügbar sein, an denen sie benötigt werden. Im Rahmen dieser Arbeit spielen organisatorische Aspekte der Produktentwicklung (Meilensteine, Rollen, Verantwortlichkeiten etc.) eine untergeordnete Rolle, der Schwerpunkt liegt auf dem Aspekt der konstruktiven Systemgestaltung. Außerdem ist die Betrachtung auf der Makroebene für eine konkrete Prozessunterstützung, wie sie in dieser Arbeit angestrebt wird, zu grob. Auch wird der Begriff ‚Konzeptphase‘ weitestgehend vermieden, da der Phasencharakter nur eine Facette des Konzipierens bzw. der Konzeptentwicklung repräsentiert.

Das Konzipieren ist wie bereits angesprochen in allen Entwicklungsphasen als **operativer Arbeitsschritt** zu beobachten. Bild 19 zeigt Zeitanteile verschiedener Tätigkeiten der Einzelarbeit von drei Produktentwicklern, die bei der Bearbeitung ihrer Aufgaben nicht teilnehmend begleitend beobachtet wurden, bei einer Auswertung über 15 Arbeitstage [WALLMEIER 2001, S. 20]. Bemerkenswert ist der hohe Anteil unterstützender Arbeitsschritte, die notwendig sind um die Voraussetzung für die eigentliche kreative Entwicklungsarbeit zu schaffen. Unabhängig von den unterschiedlichen Aufgaben liegen die Zeitanteile der unterstützenden Arbeitsschritte Organisieren und Informieren bei allen drei Entwicklern über 50 %. Dies lässt darauf schließen, dass die Aufgaben eines Produktentwicklers heute, selbst als Sachbearbeiter, einen hohen Organisations- und Koordinationsaufwand besitzen [WALLMEIER 2001, S. 21]. Auch

AMBROSY stellt fest, dass sich die Aufgabenanteile des Produktentwicklers in Richtung koordinierender, überwachender, planender oder organisierender Tätigkeiten verschieben [AMBROSY 1997, S. 79].

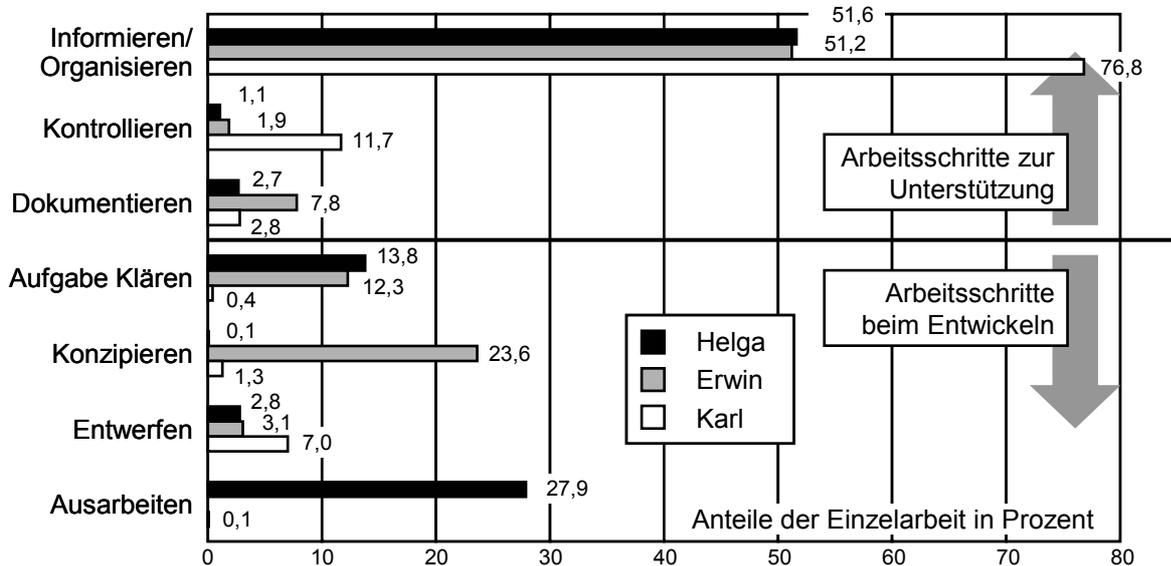


Bild 19: Zeitanteile verschiedener Tätigkeiten von Entwicklern [WALLMEIER 2001, S. 20]

Beim Entwickler Erwin in Bild 19 nimmt das Konzipieren einen Zeitanteil von 23 % ein. Was jedoch steckt hinter dem ‚Konzipieren‘? Letztendlich ist es der Überbegriff für eine Reihe diverser Einzeltätigkeiten. WALLMEIER identifiziert unterschiedliche Bereiche von Tätigkeiten im Entwicklungsprozess (siehe Bild 20): produktbezogene Tätigkeiten beschäftigen sich mit der Definition von Forderungen an das Produkt oder mit der Definition von Produkteigenschaften, beziehungsorientierte Tätigkeiten stehen im Zusammenhang mit Personen und die schon oben angesprochenen unterstützenden Tätigkeiten lassen sich den Bausteinen Organisation und Hilfsmittel zuordnen [WALLMEIER 2001, S. 51].

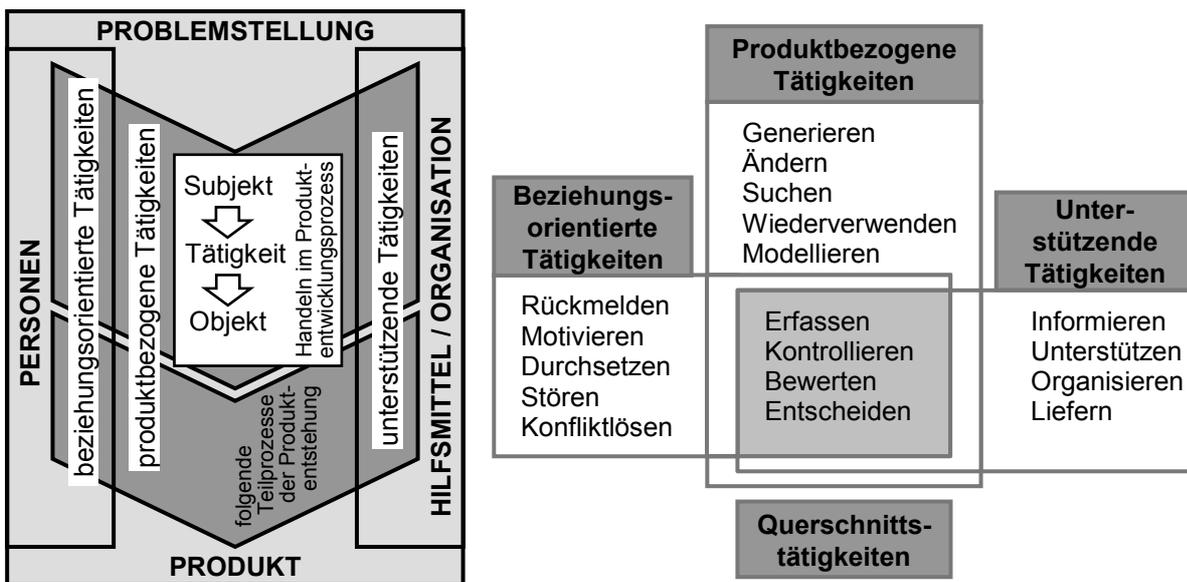


Bild 20: Tätigkeitsbereiche und Einzeltätigkeiten (nach [WALLMEIER 2001, S. 49 UND S. 61])

Innerhalb der genannten Tätigkeitsbereiche identifiziert WALLMEIER Einzelaktivitäten „mit Potenzial“, d. h. Tätigkeiten, deren Ausführung in der Praxis noch verbesserungsfähig ist, um Prozesse und Produkte optimieren zu können [WALLMEIER 2001, S. 61]. Als eine Schwierigkeit bei derartigen Ansätzen zur Klassifikation von Tätigkeiten sieht er die Überschneidungsfreiheit. Tatsächlich wurden vier Tätigkeiten identifiziert, die allen drei Bereichen zugeordnet werden können und daher als Querschnittstätigkeiten bezeichnet wurden (erfassen, kontrollieren, bewerten, entscheiden). Diese operative Ebene des Entwicklungsprozesses ist für die vorliegende Arbeit wichtig, da hier eine konkrete Unterstützung durch die Vorgabe von geeigneten Schritten im Vorgehen und Entwicklungsmethoden erfolgen kann. Von den genannten Tätigkeitsbereichen nach WALLMEIER sind hier vor allem die produktbezogenen Tätigkeiten von Interesse.

Der Vollständigkeit halber wird auch eine Darstellung des Entwicklungsprozesses auf der Ebene von **Elementarhandlungen (Mikrologik)** erwähnt, wie sie beispielsweise bei PACHE erfolgt, der Denk- und Handlungsvorgänge beim Skizzieren untersucht [PACHE 2005]. Das Konzipieren wird als komplexer Prozess aufgefasst, zusammengesetzt aus einer Menge an zielorientierten Aktivitäten, die sich z. B. nach dem TOTE-Schema [MILLER ET AL. 1973] beschreiben lassen. Diese Ebene ist für die Zwecke der vorliegenden Arbeit zu detailliert.

3.1.3 Konzipieren als Informationsverarbeitung und Modellbildung

Bisher lag der Fokus der Betrachtungen auf den Aktivitäten, die beim Konzipieren durchgeführt werden, und deren Struktur auf unterschiedlichen Ebenen der Granularität. Die nächste Sichtweise konzentriert sich auf die im Entwicklungsprozess genutzten und verarbeiteten **Informationen**. HUBKA sieht die Konstruktion in erster Linie als einen informationsverarbeitenden Prozess: Im Konstruktionsprozess werden die Anforderungen (Information im Zustand eins) in die Beschreibung des Maschinensystems (Information im Zustand zwei) umgewandelt [HUBKA 1976, S. 7].

RUDE spricht von der Herausforderung der Informationsbeherrschung und der Notwendigkeit einer geeigneten Informationslogistik: Für das jeweilige Konstruktionsproblem muss jeweils die richtige Information zur richtigen Zeit am richtigen Ort in der richtigen Qualität und zu angemessenen Kosten verfügbar gemacht werden [RUDE 1998, S. 14]. Dieser Idealzustand liegt aber in der Regel meistens nicht vor, der Arbeitsalltag des Entwicklers ist von Themen wie Informationsflut, Informationsmangel, nicht angewandtem organisational vorhandenem Wissen, Abstimmungsproblemen zwischen Standorten, Mangel an Wissensträgern sowie benötigtem Wissen etc. geprägt [SCHOEN 2000, S. 2].

Die Herausforderung der Informationsbeherrschung gilt übergreifend für die gesamte Produktentwicklung, insbesondere kommt aber hier den frühen Phasen (das schließt die Konzeptentwicklung mit ein) eine besondere Bedeutung zu. EHRENSPIEL veranschaulicht dies am Verlauf der Erkennbarkeit im Gegensatz zur Beeinflussbarkeit von Produkteigenschaften über den Produktlebenslauf hinweg ([EHRENSPIEL 2003, S. 181], siehe Bild 21). Ganz am Anfang kann ein Produkt noch leicht geändert werden, die Freiheitsgrade sind am größten. Es herrscht jedoch ein Informationsmangel, es fehlt die Kenntnis der Ausprägungen zukünftiger Produkteigenschaften, die über Erfolg bzw. Misserfolg entscheiden. Dieser Umstand wird auch

plakativ als „Paradoxon der Konstruktion“ [EHRENSPIEL 2003, S. 180] oder „Dilemma der Produktentwicklung“ [LINDEMANN 2007, S. 8] bezeichnet. EHRENSPIEL fordert daher die Organisation eines Informationsrückflusses von früheren ähnlichen Produkten.

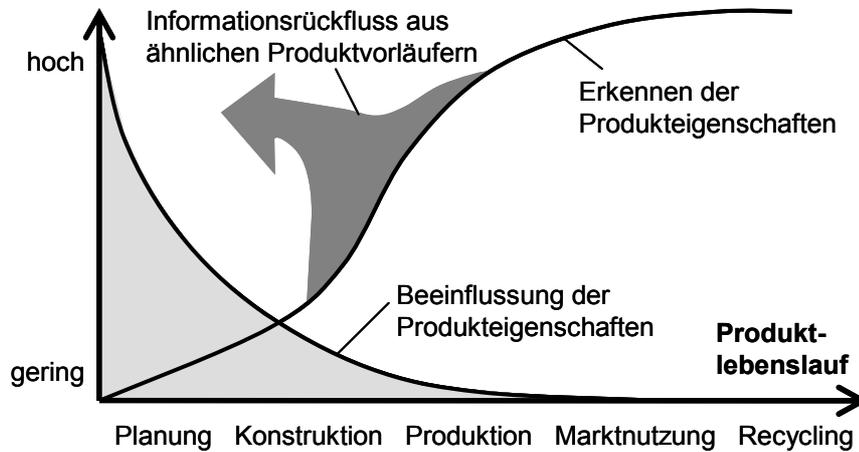


Bild 21: Paradoxon der Konstruktion: Erkennbarkeit und Beeinflussbarkeit von Produkteigenschaften [EHRENSPIEL 2003, S. 181]

Generell sieht sich der Entwickler insbesondere bei der Entwicklung von Konzepten der Herausforderung gegenüber, auf der Basis vager und unsicherer Information wegweisende Entscheidungen treffen zu müssen, z. B. die Wahl der weiter zu verfolgenden Alternative.

Eine Hilfestellung zur Einordnung der vom Entwickler genutzten und verarbeiteten Informationen bietet das **Modell der Informationscluster** in der Produktentwicklung (siehe Bild 22), nach welchem der Entwickler zwischen fünf Partialmodellen wechselt: Wissensstand, Zielmodell, Entwicklungsmodell, Verifikationsmodell und Problemmodell [LINDEMANN 2007, S. 21]. Das Modell basiert auf dem Ansatz von GIAPOULIS, der zwischen Wissenstand, Konstruktionsmodell und Verifikationsmodell unterscheidet [GIAPOULIS 1998, S. 129].

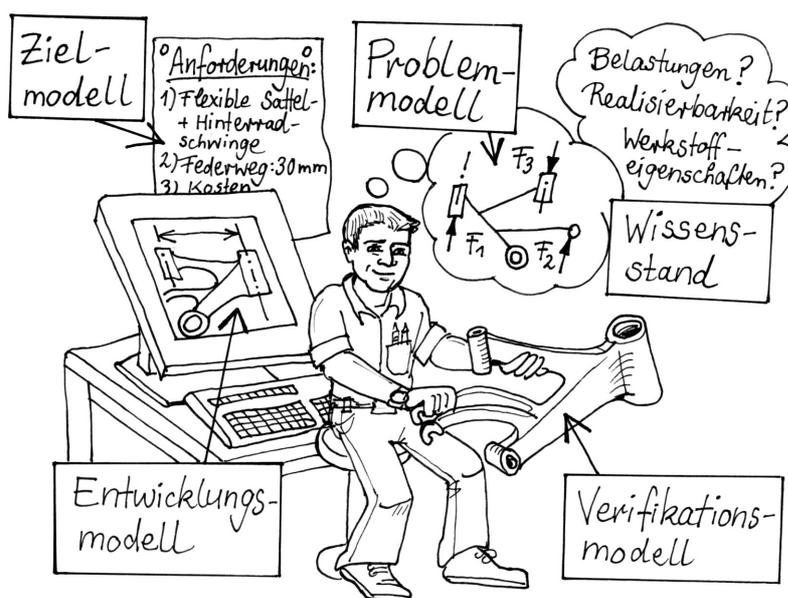


Bild 22: Modell der Informationscluster [LINDEMANN 2007, S. 21]

Der **Wissensstand** des Entwicklers besteht aus seinem Wissen, den Erfahrungen mit der vorliegenden Aufgabe sowie den verfügbaren Informationen und Erkenntnissen bezüglich der aktuellen Situation. Zusätzliche ihm bekannte und nutzbare Informationsquellen (Kollegen, Datenbanksysteme etc.) können seine persönlichen Wissensumfänge ergänzen. Das **Zielmodell** bildet den aktuellen Kenntnisstand über die angestrebten Ziele der Entwicklung ab. Damit sind in erster Linie die Anforderungen an das zu entwickelnde Produkt gemeint, die in einer Anforderungsliste dokumentiert werden. Die Ziele werden in der Regel zu Beginn eines Entwicklungsprozesses geklärt. Sie besitzen jedoch dynamischen Charakter und verändern sich mit zunehmendem Konkretisierungsgrad der Produktmodelle. Daher ist es wichtig, das Zielmodell kontinuierlich mit den anderen Partialmodellen abzugleichen.

Das **Entwicklungsmodell** bildet den momentanen Stand der Entwicklung in Form von Prinzipskizzen, CAD-Modellen, Fertigungszeichnungen etc. ab und dokumentiert die vom Entwickler zu bestimmende Struktur und Gestalt bzw. Beschaffenheit des Produkts. Das **Verifikationsmodell** ist ein Modell zur Lösungsanalyse und Erkenntnisgewinnung hinsichtlich der Eigenschaften des Produkts, die vom Kunden gewünscht, vom Entwickler aber nicht direkt festgelegt werden können (z. B. Kosten, Gewicht, Steifigkeit). Es soll ausgehend vom momentanen Informationsbedarf des Bearbeiters entwickelt werden und kann somit abstrakter oder konkreter, unvollständiger oder vollständiger als das aktuelle Entwicklungsmodell sein. Primäres Ziel des Verifikationsmodells ist der Erkenntniszuwachs und nicht die direkte Weiterentwicklung des Entwicklungsmodells. Die Generierung eines nicht funktionsfähigen Prototyps als Verifikationsmodell kann somit ein erfolgreicher Arbeitsschritt sein, wenn aus diesem entsprechende Erkenntnisse für die Generierung einer anforderungsgerechten Lösung gewonnen werden können [GIAPOULIS 1998, S. 129].

Das **Problemmodell** umfasst die individuelle, subjektiv geprägte Sicht auf ein Problem. Der Grund dafür liegt darin, dass Menschen nicht für das eigentliche, objektiv vorhandene Problem Lösungen suchen, sondern immer für ihre individuelle Interpretation davon. Die intensive Analyse von Zielen und Problemen ist für den Erfolg eines Produktentwicklungsprozesses entscheidend, da auf diesem Weg das individuelle Bild von der Problemstellung maßgeblich geprägt wird. Die bewusste Generierung von Problemmodellen trägt zu einem besseren Problemverständnis und damit zu einer zielgerichteten Lösungssuche bei. Eine mögliche Ausprägung sind physikalische Problemmodelle [GRAMANN 2004, S. 81-94]. Der Wissensstand und das Problemmodell haben einen starken Bezug zum Subjekt Entwickler, während das Zielmodell (in seiner konkreten Ausprägung als Anforderungsliste), das Entwicklungsmodell und das Verifikationsmodell als Objekt dem Produkt zuzuordnen sind.

Für diese Arbeit ist festzuhalten, dass Entwickler im Rahmen der Konzeptentwicklung verschiedene Modelle für unterschiedliche Zwecke generieren: Modelle, die Ziele und Probleme ausdrücken, Modelle, welche die Beschaffenheit einer Lösung beschreiben und Modelle, welche helfen, den Kenntnisstand bzgl. der Zielerreichung festzustellen. Diese Modelle sind miteinander vernetzt und werden vom Entwickler im Laufe des Prozesses weiterentwickelt. Hierbei geht die Tendenz von abstrakten, unvollständigen Modellen hin zu konkreten, vollständigen Modellen. Jedoch sind in Abhängigkeit von der Situation auch Rücksprünge möglich. Der Einsatz von Modellen trägt zur Informationsbeherrschung in der Konzeptentwicklung bei, die dennoch für den Entwickler eine große Herausforderung darstellt.

3.1.4 Konzipieren als Problemlösung und kreativer Prozess

Eine weitere Sichtweise auf die Konzeptentwicklung ist die Auffassung als Prozess der Problemlösung. Nach DÖRNER ist ein **Problem** durch drei Komponenten gekennzeichnet: einen unerwünschten Anfangszustand, einen erwünschten Endzustand und eine Barriere, die den Übergang vom Anfangs- in den Endzustand momentan verhindert [DÖRNER 1979, S. 10]. Eine ähnliche Definition geben DAENZER & HUBER, sie sprechen vom Problem als der Differenz zwischen einem vorhandenen und feststellbaren Ist-Zustand einerseits und der Vorstellung eines Soll-Zustands andererseits. Der Problembegriff beinhaltet laut DAENZER & HUBER eine Vielzahl subjektiver Faktoren seitens der Beteiligten bzw. vom Problem Betroffenen. Diese können sich äußern in unterschiedlichen Vorstellungen über das Soll, abweichenden Einschätzungen des Ist und einer unterschiedlichen Beurteilung der Dringlichkeit, der erforderlichen Zeitdauer, der notwendigen Mittel und Lösungswege, die zur Überbrückung der Differenz zwischen Ist und Soll führen [DAENZER & HUBER 1999, S. XVIII].

EHRENSPIEL nennt Einflussgrößen, mit denen Probleme ihrem Charakter nach erkannt und eingeteilt werden können. Hierbei unterscheidet er Objekt-, Ziel-, Mittel- und Zeitmerkmale [EHRENSPIEL 2003, S. 48 ff.]. Entsprechend dem Einteilungsvorschlag nach [DÖRNER 1979, S. 14] stellt EHRENSPIEL ein einfaches Ordnungsschema für Konstruktionsprobleme auf, in welchem die Zielzustände und Mittel jeweils mit zwei Klassifikationsparametern berücksichtigt werden (siehe Bild 23). Aufgaben (Feld I) sind demnach geistige Anforderungen, für deren Bewältigung Methoden und Mittel bekannt sind, wobei außerdem Klarheit bzgl. des Zielzustands herrscht. Es fehlt die oben angesprochene Barriere, auch wenn für ihre Lösung manchmal große Anstrengungen und viel Zeit erforderlich sind. Die Unklarheit der Ziele oder die Nichtverfügbarkeit der Mittel führt zu Problemen [EHRENSPIEL 2003, S. 52-54].

	Ziele	Klar (Lösungsraum klar begrenzt, Grenzen erkennbar)	Unklar (Lösungsraum unklar, Grenzen schwer erkennbar)
Mittel			
Ausreichend bekannt und verfügbar	I. Aufgabe Einfache Konstruktion nach vorgegebenem Muster	III. Zielproblem Anforderungen für das Produkt können zunächst nicht ermittelt werden	
Nicht ausreichend bekannt und verfügbar	II. Mittelproblem Konstruktion bei sich widersprechenden Zielen und zu engen Lösungsfreiräumen, komplexe Optimierungen		IV. Ziel- und Mittelproblem Anforderungen und Lösungen unklar

Bild 23: Ordnungsschema für Konstruktionsprobleme (nach [EHRENSPIEL 2003, S. 53])

Bei der Lösung von Problemen spielt der Mensch eine ganz entscheidende Rolle. Wesentliche Anteile des Vorgehens und Verhaltens bei der **Problemlösung** sind auf die begrenzte Kapazität des menschlichen Gehirns zurückzuführen. Viele denkpsychologische Untersuchungen beschäftigen sich mit diesen „angeborenen“ menschlichen Grenzen, mit daraus resultierenden Mechanismen fehlerhaften Handelns, mit Modellen des menschlichen Gedächtnisses und Strategien, mit denen der Mensch trotz der begrenzten Gedächtniskapazität mit komplexen Problemen umzugehen vermag. Die Diskussion dieser Aspekte würde den Rahmen der Arbeit sprengen. Hier sei auf einschlägige Literatur aus der Denkpsychologie (z. B. [DÖRNER 1979], [DÖRNER 2000], [VON DER WETH 2001]) sowie auf Arbeiten der Konstruktionsmethodik verwiesen, die sich dieser Thematik widmen (z. B. [DYLLA 1991], [GRAMANN 2004]).

Eine zentrale Eigenschaft, die der Mensch zum Problemlösen benötigt, ist seine **Kreativität**. Kreativität ist die Fähigkeit von Menschen, Ideen, Konzepte, Kompositionen oder Produkte gleich welcher Art hervorzubringen, die in wesentlichen Merkmalen neu sind und die dem Schöpfer vorher unbekannt waren [DAENZER & HUBER 1999, S. 158]. Kreativität stellt somit die Fähigkeit dar, sich einen neuen, bisher nicht bekannten Sachverhalt vorzustellen. Sie schafft neue „Gebilde“, die unter bestimmten Umständen Realität werden können, ohne dass der Realitätsbezug unmittelbar gegeben sein muss. Kreativität bezeichnet auch die Fähigkeit, sich von bekannten Sachverhalten zu lösen und neue Wege aufzuzeigen. Es gilt als erwiesen, dass das vorhandene kreative Potenzial eines Menschen keineswegs konstant ist, sondern durch geeignetes Training angehoben werden kann [SCHLICKSUPP 2004, S. 37].

Für eine kreative Idee spielen neben dem Neuheitsgrad auch die Aspekte Zweckmäßigkeit und Effektivität eine bedeutende Rolle [CHAKRABARTI 2006, S. 479]. Die Zweckmäßigkeit drückt aus, wie gut eine Idee als Lösung für eine betrachtete Problemstellung herangezogen werden kann, wie gut die Idee zum Problem „passt“. Unter Effektivität ist der Aufwand hinsichtlich Kosten, Zeit und Ressourcenverbrauch zu verstehen, den eine neue Idee verursacht. Es existiert ferner eine große Bandbreite an Einflussgrößen auf die Kreativität. CHAKRABARTI nennt hier insbesondere Wissen, Flexibilität und Motivation als drei Hauptfaktoren, die sich gegenseitig beeinflussen. Information und Wissen sind der wesentliche „Rohstoff“ für Kreativität. Ebenso wird die Bedeutung einer flexiblen Wissensverarbeitung betont, die ihrerseits zur Erzeugung von neuem Wissen führen kann. Die Motivation hat im Modell nach CHAKRABARTI (siehe Bild 24) direkten Einfluss auf Wissen und Flexibilität und damit indirekt auf das Resultat eines kreativen Problemlöseprozesses [CHAKRABARTI 2006, S. 482]. Weitere Einflüsse auf die Kreativität resultieren aus den spezifischen Ausprägungen der Entwicklungssituation und können durch das 4P-Modell¹ beschrieben werden. Die vier P's sind im Englischen: Person, Process, Product und Press [ISAKSEN 1988, S. 171].

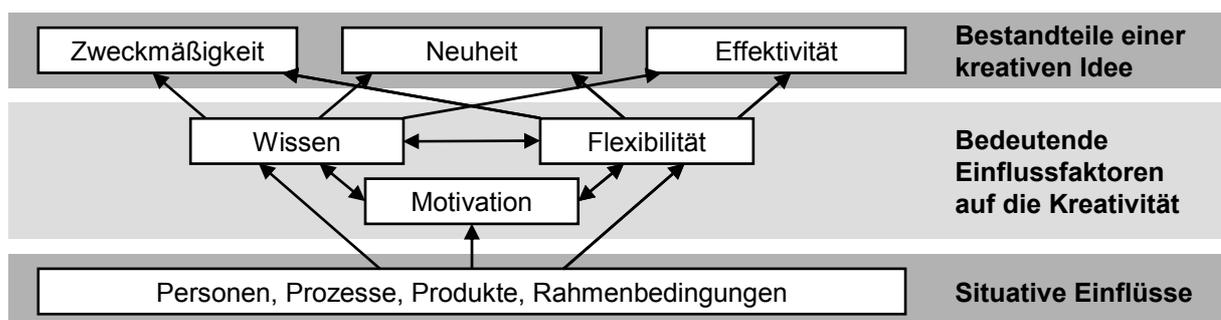


Bild 24: Modell der Einflüsse auf die Kreativität (nach [CHAKRABARTI 2006, S. 482])

Im Entwicklungsprozess und speziell bei der Konzeptentwicklung haben sich Entwickler demnach mit den unterschiedlichsten Problemen auseinanderzusetzen. Sie benötigen Kreativität, um zu Lösungsideen und Konzepten zu gelangen, die idealer Weise in weiteren Prozessen zu echten Lösungsalternativen heranreifen, von denen nach Möglichkeit die beste weiterverfolgt und realisiert wird. Hilfsmittel zur Prozessunterstützung müssen zum einen helfen, die Kreativität des Entwicklers anzuregen, zum anderen müssen sie zur Art des Problems passen.

¹ Das 4P-Modell war bereits Gegenstand der Diskussion in Kapitel 2.2.

3.1.5 Konzipieren als dynamischer, schwer strukturierbarer Prozess

Produktentwicklungsprozesse im Allgemeinen und Prozesse der Konzeptentwicklung im Speziellen zeichnen sich durch eine Reihe von Eigenschaften aus, die sie deutlich von gut determinierbaren Geschäftsprozessen unterscheiden. PAETZOLD diskutiert Anforderungen an Prozesse in Bezug auf die Eignung für Workflow-Systeme. Diese dienen vorrangig der Automatisierung von Aktivitäten und verfolgen das Ziel, die Koordination von Dokumenten, Aufgaben und Aktivitäten zwischen allen Beteiligten zu optimieren [PAETZOLD 2004, S. 56]. Um für die Darstellung als Workflow geeignet zu sein, weisen Arbeitsprozesse idealer Weise eine gute Strukturierbarkeit, eine hohe Ausführungshäufigkeit, eine geringe Veränderlichkeit und eine geringe Komplexität auf.

Stellt man diesen Anforderungen die tatsächliche **Charakteristik von Entwicklungsprozessen** gegenüber, ergibt sich folgendes Bild: eine strenge Strukturierung des Prozesses ist für kreative Ideen vor allem in frühen Entwicklungsphasen eher hinderlich als zielführend. Die Ausführungshäufigkeit hängt stark von der Art der Konstruktion, den Unternehmenszielen und der Produktpalette des Unternehmens ab. Produktentwicklungsprozesse können meist nicht mit hoher Häufigkeit identisch ausgeführt werden, sondern sind im Allgemeinen sehr variabel. Als wesentliche Gründe gibt PAETZOLD hierfür die Dynamik der Märkte, die rasche Zunahme an neuen technischen Herausforderungen und die starke Veränderlichkeit von Kundenwünschen an. Schließlich stellt sich der Produktentwicklungsprozess als sehr komplex dar, so dass PAETZOLD zusammenfassend konstatiert, dass sich die Idee des Workflows nur bedingt auf Prozesse der Produktentwicklung anwenden lässt [PAETZOLD 2004, S. 60].

Ein wesentlicher Grund für die schwere Strukturierbarkeit von Entwicklungsprozessen ist das Auftreten von **Iterationen**, die das wiederholte, zyklische Durchlaufen von Arbeitsschritten bezeichnen [EHRENSPIEL 2003, S. 86]. HUTTERER stellt fest, dass Iterationen zwar im methodischen Vorgehen notwendig sind, dass es aber auch Ziel der Entwicklungsmethodik sei, Iterationen zu reduzieren. Er schlägt diesbezüglich die Unterscheidung zwischen sinnvollen und vermeidbaren Iterationen vor [HUTTERER 2005, S. 69]. Ursachen für Iterationen sind u. a. Unsicherheiten und vage Informationen sowie notwendige Abstimmungsprozesse bei arbeitsteiligen Prozessen. Da zum Zwecke einer Verkürzung der Entwicklungszeiten in der Praxis eine Parallelisierung von Aktivitäten stattfindet, ist ein kontinuierlicher Austausch von Zwischenergebnissen notwendig. Voraussetzung für einen erfolgreichen Prozess, und damit wenige Iterationen, sind eine funktionierende Kommunikation und Koordination zwischen den Verantwortlichen. Dieser Punkt stellt gerade in größeren Unternehmen eine bedeutende Herausforderung dar.

Neben Iterationen sind im Entwicklungsprozess weitere Strukturmerkmale zu beobachten, z. B. Rekursionen und Divisionen. Als **Rekursion** wird die Wiederholung einer Schrittfolge auf einer anderen Problem- oder Betrachtungsebene bezeichnet [EHRENSPIEL 2003, S. 86]. Der Ebenenwechsel unterscheidet somit die Rekursion von der Iteration. Unter **Division** versteht HUTTERER die Aufteilung der Betrachtung im Prozess auf verschiedene Teilsysteme [HUTTERER 2005, S. 72]. Vorteil dieses Vorgehens ist, dass die Komplexität des Gesamtsystems aufgebrochen wird. Die Arbeit an den Teilsystemen geschieht unter Umständen parallel und auf verschiedene Arten und Weisen, so dass eine strukturierte Betrachtung des Prozesses schwer fällt.

Ein sinnvolles Vorgehen im Prozess ergibt sich oft erst aus der Erarbeitung von Zwischenergebnissen heraus und kann nicht komplett zu Beginn eines Projekts geplant werden. GIAPOULIS spricht hier von **ergebnisabhängigen Arbeitsschritten** [GIAPOULIS 1998, S. 98]. Als Hauptursache für ergebnisabhängige Schritte sieht er die Feststellung von nicht vorausgesehenen negativen oder positiven Eigenschaften eines Zwischenergebnisses. Schritte, die auf Basis von operativen Zwischenergebnissen dynamisch initiiert werden, müssen nicht zwangsläufig Iterationen sein, also Wiederholungen von Schritten, die bereits stattgefunden haben. Jeder Syntheseschritt stellt ein Risiko für den Konstrukteur dar. Je ungewöhnlicher und innovativer die Lösungen sind, je geringer das Beibehalten von geprüften, bewährten Teillösungen ist, desto größer sind das Risiko bzw. der spätere Entwicklungsaufwand, um die eingebauten Schwachstellen wieder aufzuheben. Dies macht eine dynamische Planung des Vorgehens in Abhängigkeit der erreichten Zwischenergebnisse erforderlich. Bild 25 gibt einen Überblick über die diskutierten Merkmale von Entwicklungsprozessen.

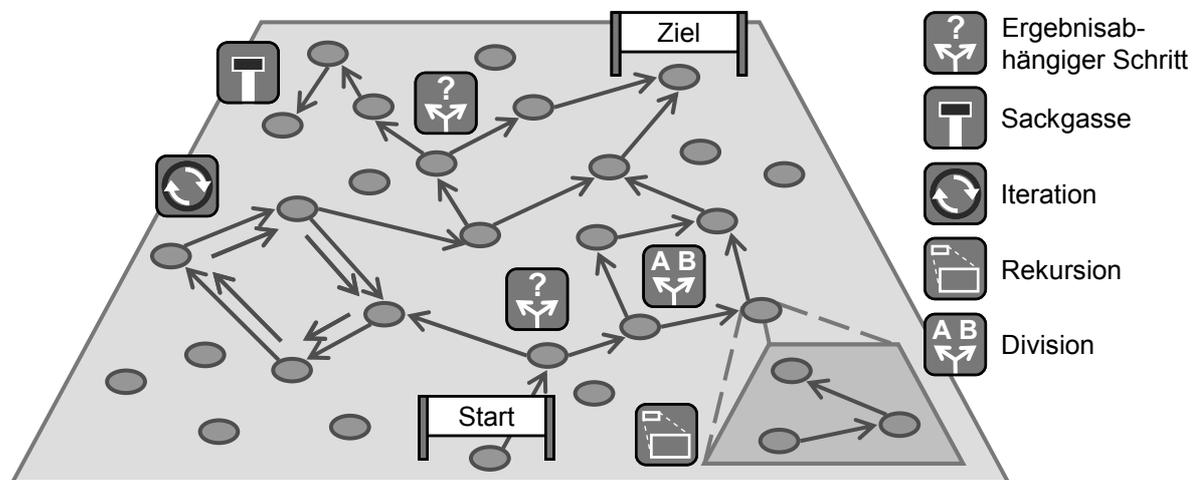


Bild 25: Konzeptentwicklung als dynamischer, schwer strukturierbarer Prozess

3.1.6 Problematik und Fazit

Die Ausführungen in den vorangegangenen Abschnitten haben zwei wesentliche Merkmale der Konzeptentwicklung deutlich gemacht: zum einen handelt es sich um einen sehr wichtigen Bestandteil im gesamten Produktentwicklungsprozess. In den so genannten frühen Phasen, bei der Festlegung von Lösungskonzepten, werden die Weichen des Erfolgs sowohl für das Produkt als auch für den Prozess gelegt. Auf der anderen Seite stellt die Konzeptentwicklung Produktentwickler vor gewaltige Herausforderungen.

Es wurden **Herausforderungen** unterschiedlicher Natur diskutiert (siehe Bild 26). Die Konzeptentwicklung als Teil des Entwicklungsprozesses umfasst eine Vielzahl an unterschiedlichen Aktivitäten, die es zu beherrschen gilt. Das Tätigkeitsprofil ist umfangreich, die Tätigkeitsbereiche sind unter anderem produktbezogen, beziehungsorientiert oder unterstützender Natur. Konzeptentwicklung stellt ferner einen Prozess der Informationsverarbeitung und Modellbildung dar. Mal erstickt der Entwickler in der Informationsflut und muss die für ihn wesentlichen Informationen zielgerichtet detektieren und selektieren, mal mangelt es an wichtiger Information, um Entscheidungen treffen zu können. Entwickler müssen mit vager und

unsicherer Information umgehen. Ebenso ist die Vielzahl verschiedener Produktmodelle zu handhaben. Konzeptentwicklung stellt außerdem einen Prozess der Problemlösung dar. Den Problemen können Entwickler nicht immer mit Routinehandlungen begegnen, sie sind oftmals durch Barrieren gekennzeichnet, die ein Umdenken und neue Wege erfordern: Ziele sind häufig unklar oder verschieblich („moving targets“), auch die Mittel zur Problemlösung sind nicht immer bekannt. Daher wird Kreativität zur Entwicklung von innovativen Lösungen benötigt. Dabei ist zu beachten, dass das Umfeld des Entwicklers seiner Kreativität förderlich oder auch hinderlich sein kann. Die Dynamik und schwere Strukturierbarkeit des Prozesses auf der einen Seite, sowie die Unschärfen und Unsicherheiten in den geforderten Produkteigenschaften bzw. festgelegten Produktmerkmalen auf der anderen Seite führen zu nicht vorhersehbaren Zwischenergebnissen und damit zu Planungsunsicherheiten im Prozess.

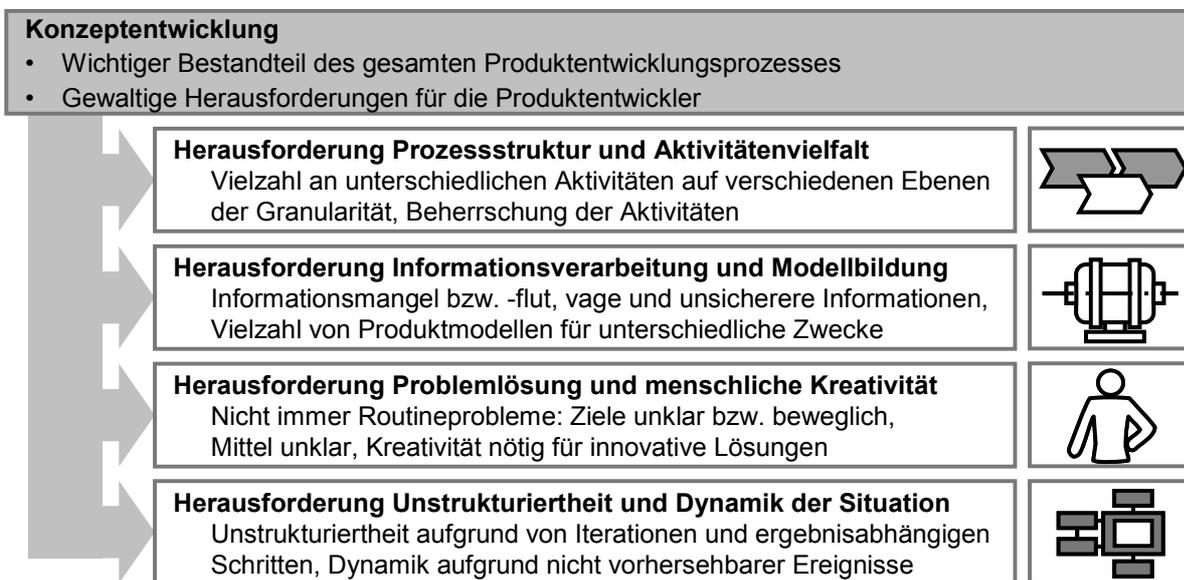


Bild 26: Herausforderungen für die Konzeptentwicklung

Ein unsystematisches, nicht zielorientiertes Vorgehen von Entwicklern während der Konzeptentwicklung führt zu **Problemen in späteren Phasen**, mit unter Umständen dramatischen Folgen. Ein typisches Beispiel ist die frühe Fixierung auf eine Lösung, die letztendlich nicht die Anforderungen erfüllt. Es wird häufig zu früh an konkreten Gestaltlösungen im Detail herumgefeilt ohne zu untersuchen, ob die prinzipielle Lösung die richtige ist. Entwickler verfolgen gerne schnell erste Ideen, eine Untersuchung alternativer Lösungsmöglichkeiten entfällt. Somit wird unter Umständen eine suboptimale Lösung realisiert, die beim Kunden auf Ablehnung stößt. Oder es ist ein großer Aufwand nötig, wenn sich die erste Lösung in einer späteren Phase als Sackgasse herausstellt und neue Lösungen gefragt sind. Es mangelt Entwicklern häufig an der richtigen Vorgehensweise im Entwicklungsprozess, auch an Unterstützungsmöglichkeiten, die dem Produktentwickler aufzeigen, welche Prozessschritte in einer konkreten Situation durchzuführen sind, um mit vertretbarem Aufwand zu qualitativ hochwertigen Produktlösungen zu gelangen. Es existieren in der Konstruktionsmethodik viele Methoden für die Konzeptentwicklung, z. B. zur Ermittlung von prinzipiellen Lösungsmöglichkeiten. Diese werden aber in der Praxis nicht ausreichend genutzt. Einen Hauptgrund dafür stellen die vielfältigen Ausprägungen von Entwicklungssituationen dar, die es erschweren, immer jeweils passende Vorgehensweisen und Methoden zu identifizieren.

3.2 Entwicklungssituationen

Die Notwendigkeit eines an die Entwicklungssituation angepassten Handelns wird häufig in der Literatur betont. BIRKHOFER ET AL. formulieren beispielsweise die „10 Gebote“ eines erfolgreichen Methodentransfers, von denen das erste lautet: „Meet the design situation!“ Entwicklungsmethoden müssen also zur jeweiligen Situation passen. Jedoch sollte die methodische Unterstützung konkreter Anwendungsfälle keinesfalls bedeuten, dass lediglich spezifische Hilfsmittel generiert werden sollen. Vielmehr wird die Notwendigkeit gesehen, Regeln und Vorgehensweisen zu entwickeln, um allgemeine Theorien aus dem gesammelten Wissensbestand der Entwicklungsmethodik effektiv und effizient zu konkretisieren, um z. B. den Anforderungen und Rahmenbedingungen der Entwicklung einfacher Produkte als auch jenen der Entwicklung komplexer Anlagen gerecht zu werden [BIRKHOFER ET AL. 2005].

DEMERS schreibt: „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] Damit steht hier nicht wie oben der Methodeneinsatz im Vordergrund, sondern die operative Prozessplanung und -steuerung.

LINDEMANN wiederum betont, dass sich Produktentwickler mit einer ständigen Veränderung von Märkten, Werten, Technologien und vielen anderen Aspekten konfrontiert sehen. Die Dynamik der Situation erfordert zum einen Kreativität, um geschickt auf die Vielzahl der Veränderungen reagieren zu können. Zum anderen wird es den Beteiligten im Entwicklungsprozess nur selten möglich sein, Probleme stets auf die gewohnte Weise zu lösen [LINDEMANN 2007, S. 29]. Entwickler müssen daher immer mit den wesentlichen Aspekten der Situation vertraut sein, um sich mit ihren Handlungen darauf einzustellen. In diesen Aussagen rückt der vielschichtige und dynamische Charakter der Situation in den Vordergrund, der den Entwickler vor Herausforderungen stellt. 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].

3.2.1 Der Begriff der Entwicklungssituation

An dieser Stelle erfolgt zunächst eine nähere Beschäftigung mit dem Begriff der Entwicklungssituation. Bei der Analyse existierender Ansätze im Stand der Forschung ließ sich feststellen, dass durchaus unterschiedliche Vorstellungen über den Situationsbegriff herrschen.

Der BROCKHAUS definiert die **Situation** (vom lateinischen situs = Lage, Stellung) allgemein als einen Zustand bzw. die Gesamtheit der augenblicklichen Umstände und Verhältnisse. Im Sinne der Existenzphilosophie ist damit der einmalige, unwiederholbare Augenblick gemeint, in dem sich für den Einzelnen in der Wechselbeziehung zwischen innerer Bestimmtheit und äußerer Lage die unmittelbare konkrete Wirklichkeit darstellt. Die subjektive Situation ist in der Auffassung der Psychologie eine von Erfahrung, Emotion und Motivation mitbestimmte

Interpretation und Auswahl aus der objektiven Situation. Interessant für diese Arbeit ist vor allem auch die Interpretation des Situationsbegriffs aus Sicht der Soziologie, da ein Zusammenhang zu Handlungen von Akteuren definiert wird. Demnach stellt sich die Situation als Gesamtzusammenhang von Handlungsbedingungen dar, der von den Handelnden zu einem bestimmten Zeitpunkt und in einer bestimmten Lage als Feld und Rahmen ihrer Handlungen wahrgenommen und bestimmt wird [BROCKHAUS 1996, BAND 20, S. 274].

Der Begriff **Kontext** (vom lateinischen *contexere* = eng verknüpfen) steht laut BROCKHAUS bildungssprachlich für Zusammenhang, Hintergrund, Umfeld. In der Sprachwissenschaft wird mit sprachlichem Kontext die Umgebung bezeichnet, in der eine sprachliche Einheit auftritt und die diese beeinflusst. Dahingegen wird der situative Kontext definiert als die Situation, in der ein Text geäußert und verstanden wird [BROCKHAUS 1996, BAND 12, S. 328]. In dieser Definition wird der enge Zusammenhang zwischen beiden Begriffen ersichtlich.

Bezogen auf die Produktentwicklung wird häufig der Begriff **Entwicklungssituation** verwendet (z. B. [ZANKER 1999, S. 4], [DEMERS 2000, S. 3], [HUTTERER 2005, S. 29]). Es werden in diesem Zusammenhang entweder konkrete Entwicklungssituationen beschrieben oder Kriterien genannt, welche den Charakter der Situation ausdrücken (z. B. Komplexität der Aufgabe, zur Verfügung stehende Zeit etc.). DEMERS bezieht sich auf die „momentane Entwicklungssituation“, die Ausgangspunkt für eine dynamische Prozessplanung ist [DEMERS 2000, S. 3]. Eine exakte, explizite Definition des Begriffs wird jedoch vermisst. 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 2007, S. 334].

Im Englischen wird der Begriff **design situation** verwendet, beispielsweise bei HUBKA & EDER: „A further possibility for structuring the design process starts from considering the design process as a system of design situations.“ [HUBKA & EDER 1996, S. 138] Bei REYMEN spielt der Begriff **design situation** eine zentrale Rolle. Ihre ‚Design Philosophy‘ basiert auf dem mathematischen Konzept der ‚State-Transition-Systems‘ und stellt ein Begriffsgebäude für die Beschreibung von Entwicklungssituationen und -prozessen dar². Sie schreibt: „The concept of state-transition systems is successfully used in computer science and control theory. Many processes can be described as state-transition systems: for example, workflow processes, logistics processes and assembly processes. The general terminology (...) is defined independent of a certain domain.“ [REYMEN 2001, S. 41].

REYMEN formuliert folgende Definition: „A **design situation** at a certain moment is defined as the combination of the state of the product being designed, the state of the design process, and the state of the design context at that moment. It is the set of values of all properties describing the product being designed and the design process, and the set of values of all factors influencing the product being designed and its design process.“ [REYMEN 2001, S. 150] „A **design context** is described by the set of factors influencing the properties of the product being designed and the design process at a certain moment. The design context is treated as an entity, although, it is not one object or process.“ [REYMEN 2001, S. 149]

² REYMEN verweist bzgl. ‚State-Transition-Systems‘ auf [LEWIS & PAPADIMITRIOU 1998] und [LINZ 1996].

Die Zusammenhänge werden in Form eines ‚design models‘ abgebildet, das in Bild 27 dargestellt ist [REYEMEN 2001, S. 149]. Eine Situation entspricht einem Zustand („state“) und ist statischer Natur, eine Aktivität entspricht einer Zustandsänderung („transition“) und ist dynamischer Natur. Eine Entität ist entweder ein Produkt oder ein Prozess, beide können über Eigenschaften („design properties“) beschrieben und vom Entwickler direkt beeinflusst werden. Daneben existieren Einflussfaktoren („design factors“), die einen externen Einfluss auf die Eigenschaften des Produktes oder Prozesses ausüben können. Aktivitäten („design activities“) orientieren sich an Zielen („design goals“) und sind Bestandteil von Aufgaben („design tasks“). Die Ausführung von Aktivitäten führt zu einer neuen Entwicklungssituation.

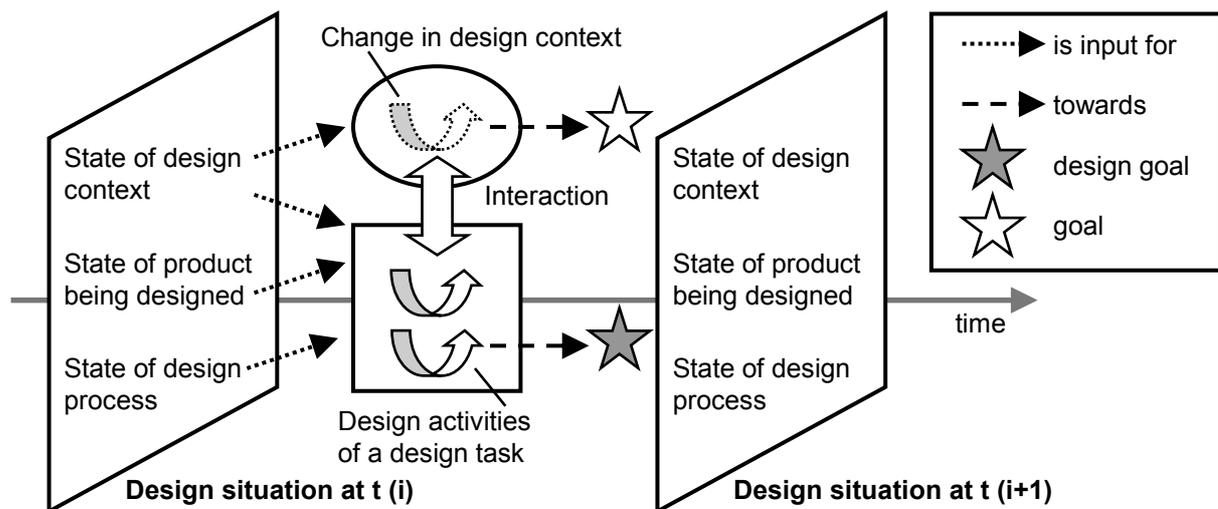


Bild 27: Modell der Entwicklungssituation (design situation) [REYEMEN 2001, S. 149]

Arbeiten, die sich mit dem **Entwicklungskontext** auseinandersetzen, sehen die Notwendigkeit zur Differenzierung. HALES & GOOCH beschreiben z. B. ein Modell des Produktentwicklungskontextes („engineering design context“), das fünf Auflösungsgrade („levels of resolution“) aufweist, von der makroökonomischen Ebene bis hin zur persönlichen Ebene des Entwicklers [HALES & GOOCH 2004, S. 21]. MEIBNER ET AL. definieren den Kontext der Produktentwicklung als den Zusammenhang bzw. die Umgebung, in denen ein Entwicklungsprozess steht. Nicht alle Kontextfaktoren sind gleichermaßen dynamisch von Veränderungen betroffen. Daher wird eine differenzierte Betrachtung des Kontextes auf drei Ebenen vorgeschlagen: eine strategische (langfristiger Kontext), projektspezifische (mittelfristiger Kontext) und operative Betrachtung (kurzfristiger Kontext). Für jede der Ebenen sind geeignete Ansätze zur Gestaltung und Anpassung des Entwicklungsprozesses zu entwickeln [MEIBNER ET AL. 2005, S. 73].

In der Definition nach STORATH besteht der Konstruktionskontext aus dem aktuellen Zustand der Konstruktion sowie der Konstruktionsgeschichte. Der Konstruktionsprozess wird als eine zeitliche Aneinanderreihung einzelner Konstruktionszustände aufgefasst. Ferner unterscheidet STORATH drei Arten von Kontextdaten, die zusammen ein Kontextmodell beschreiben: 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].

STORGA & ANDREASEN beschäftigen sich ebenfalls mit dem Entwicklungskontext („product development context“). Sie definieren diesen als „the entire body of data, information and engineering knowledge related to design itself, that evolves throughout the product development effort“ ([STORGA & ANDREASEN 2004], [STORGA ET AL. 2005]). Die Ausrichtung des Ansatzes ist informationstechnischer Natur, es wird das Ziel verfolgt, den Entwicklungskontext formaler zu organisieren, als es bisher der Fall ist, um letztendlich dessen Komplexität zu reduzieren. Es wird dabei ein ontologiebasierter Ansatz gewählt, dessen Kern eine standardisierte formale Terminologie mit präzise definierten Regeln („product development ontology“) darstellt. Weitere Arbeiten, die sich mit einer Ontologie der Produktentwicklung beschäftigen, sind z. B. [ERIS ET AL. 1999] und [MABOGUNJE ET AL. 2002].

An dieser Stelle tut sich die Frage auf: Gibt es eine **objektive Entwicklungssituation**, die sich anhand der konkreten Ausprägungen einer Reihe von Produkt- und Prozessparametern sowie Kontextfaktoren zu einem gewissen Zeitpunkt im Entwicklungsprozess beschreiben lässt? Die bisher diskutierten Ansätze und Modelle könnten diesen Schluss nahe legen.

Hier ist zunächst zu entgegnen, dass prinzipiell unterschiedliche Paradigmen zur Erklärung und Unterstützung von Entwicklungsprozessen herangezogen werden können. Das Paradigma des **Rationalen Problemlösens** („rational problem solving“, [SIMON 1970]) geht dabei von einer objektiv möglichen Interpretation der Entwicklungssituation aus. Dahingegen basiert das Paradigma des **Reflektiven Handelns** („reflective practice“, [SCHÖN 1983]) auf einer subjektiven Interpretation der Situation. DORST beschäftigt sich intensiv mit diesen zwei Paradigmen der Entwicklungsmethodik und dem damit einhergehenden dualen Charakter der Beschreibung von Entwicklungssituationen, -problemen und -prozessen ([DORST 1997], [DORST 2003]). Er zählt eine Reihe an Faktoren auf, die einen Einfluss darauf haben, ob eine objektive oder eine subjektive Interpretation der Situation angebracht ist [DORST 2003]. Eine objektive Sicht ist beispielsweise wichtig, wenn Entscheidungen gegenüber einem Gremium („stakeholders“) verantwortet werden müssen. Die Entwicklung einer objektiven Sicht der Situation ist auch bei Gruppenprozessen von Bedeutung. Ein „shared understanding“ wird als Voraussetzung für die Ermöglichung einer gemeinsamen Zusammenarbeit gesehen. Wenn dahingegen eine Aufgabe nur unzureichend beschrieben ist („ill-defined problems“), existiert die Notwendigkeit einer subjektiven Interpretation der Situation durch den Entwickler gemäß seiner persönlichen Ziele, Prioritäten etc.

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. 51]. Situatedness bedeutet ferner, dass der Entwickler die Welt, in der er operiert, verändert. Daher ist alles in einem Kontext zu sehen, so dass bei getroffenen Entscheidungen sowohl die Situation an sich zu berücksichtigen ist als auch die Art und Weise, wie diese Situation konstruiert bzw. interpretiert wird [GERO 1998, S. 52]. Ein Ansatz zum Umgang mit der Situation ist das „framing“ [SCHÖN 1983, S. 41]. Damit wird im Paradigma des Reflektiven Handelns der Umstand bezeichnet, dass eine Entwicklungstätigkeit eine reflektive Auseinandersetzung des Entwicklers mit der Situation darstellt (**„reflection-in-action“**). Das Ergebnis einer „framing action“ ist eine lokale subjektive Sicht sowohl auf das Problem als auch mögliche Lösungen. Diese Sicht ist zu unterscheiden von der globalen, möglicherweise objektiven Sicht auf das gesamte Problem und dessen Lösungen.

SCHÖN stellt fest, dass die Ausübung einer Profession³ wenigstens genau so viel damit zu tun hat, Probleme zu definieren („setting the problem“) wie damit, Probleme zu lösen („solving the problem found“) [SCHÖN 1983, S. 18]. Hier finden sich Parallelen zu dem in Kapitel 3.1.3 diskutierten ‚Problemmodell‘ im Kopf des Entwicklers, das ebenfalls stark subjektiv geprägt ist. SCHÖN zitiert in diesem Zusammenhang Russell Ackhoff mit folgenden Worten: „Managers are not confronted with problems that are independent of each other, but with dynamic situations that consist of complex systems of changing problems that interact with each other. I call such situations *messes*. Problems are abstractions extracted from messes by analysis; (...) Managers do not solve problems: they manage messes.“ [SCHÖN 1983, S. 16] Im Prinzip lässt sich diese Aussage ohne Weiteres auf die Situation des Produktentwicklers übertragen.

In dem Bewusstsein, dass es weder möglich noch sinnvoll erscheint, Entwicklungssituationen in ihrer Gesamtheit explizit und objektiv anhand von Kriterien darzustellen, soll hier dennoch der Ansatz verfolgt werden, die Situation in angebrachter Weise in ein formales „Raster“ zu fassen, auf dessen Basis eine Unterstützung erfolgen kann. Ferner soll jedoch für den Lösungsansatz die Bedeutung der Reflexion des Individuums im Umgang mit der Entwicklungssituation („reflection-in-action“) unterstrichen werden.

3.2.2 Beschreibung und Darstellung der Entwicklungssituation

Im Folgenden werden Ansätze diskutiert, die sich mit der Beschreibung und Darstellung von Entwicklungssituationen beschäftigen. Hier ist zunächst das Modell nach REYEMEN zu nennen, das bereits im letzten Abschnitt beschrieben worden war [REYEMEN 2001].

Basierend auf empirischen Untersuchungen der Gruppenarbeit in industriellen Konstruktionsprojekten erstellt FRANKENBERGER ein umfassendes Modell der Konstruktionspraxis und ihrer zentralen Einflussfaktoren [FRANKENBERGER 1997, S. 82 ff.]. Die industrielle Produktentwicklung repräsentiert einen besonders vielschichtigen Fall des Problemlösens, da technische Komplexität, organisatorische und menschliche Faktoren auf vielfältige Arten und Weisen zusammenwirken [BADKE-SCHAUB & FRANKENBERGER 2004, S. 6]. Um hier ein gewisses Maß an Transparenz zu schaffen, erfolgt bei FRANKENBERGER eine Konzentration auf so genannte ‚**Kritische Situationen**‘. Als ‚Kritisch‘ werden in diesem Zusammenhang Situationen bezeichnet, in denen der Konstruktionsprozess entscheidend geprägt wird, in positiver wie negativer Weise [FRANKENBERGER 1997, S. 83].

Zur Darstellung der Vielzahl komplexer Zusammenhänge werden die Einflussfaktoren auf den ‚Konstruktionsprozess‘ und sein ‚Ergebnis‘ den Bereichen ‚Aufgabe‘, ‚Voraussetzungen des Einzelnen‘, ‚Voraussetzungen der Gruppe‘ und ‚Rahmenbedingungen‘ zugeordnet [FRANKENBERGER 1997, S. 2]. Diese Strukturierung dient als Grundlage für die Generierung eines **Erklärungsmodells der Situation** und Darstellung als Wirkgefüge. Dieses wird zur Analyse von Kritischen Situationen in der industriellen Praxis eingesetzt. Für jede Kritische

³ SCHÖN verwendet hierfür den englischen Begriff ‚professional practice‘. Damit sind vor allem akademische Berufe gemeint, die einer gewissen Expertise bedürfen. Als ‚learned professions‘ werden vorrangig die Medizin, Rechts-, Ingenieurs- und Wirtschaftswissenschaften angesehen [SCHÖN 1983, S. 23].

Situation werden darin als Ausschnitt aus dem Konstruktionsprozess genau diejenigen Einflussfaktoren festgehalten, die wirksam sind, d. h. die zur Erklärung der spezifischen Situation beitragen. Dadurch können Zustandekommen, Verlauf und Auswirkungen dieser Situation nachvollziehbar erklärt und kausale Zusammenhänge beschrieben werden. Erkannte Relationen zwischen zwei Einflussfaktoren werden eindeutig in ihrer Tendenz beschrieben. Eine Summenbildung über Situationen, Projekte und Firmen hinweg ermöglicht somit eine statistische Auswertung und empirische Aussagen. Bild 28 zeigt z. B. Situationen des Typs ‚erfolglose Zielanalysen‘. In dem Modell ist dargestellt, welche Einflussfaktoren und Relationen in welcher Kausalkette zu einer geringen Güte der Zielanalyse geführt haben. Die Auswertung der verschiedenen Typen von Kritischen Situationen erlaubt die Analyse der Ursachen von Erfolg und Misserfolg in entscheidenden Situationen von Konstruktionsprozessen [BADKE-SCHAUB & FRANKENBERGER 2004, S. 73-74]. Diese bilden das Fundament der Definition von Maßnahmen für das Management Kritischer Situationen.

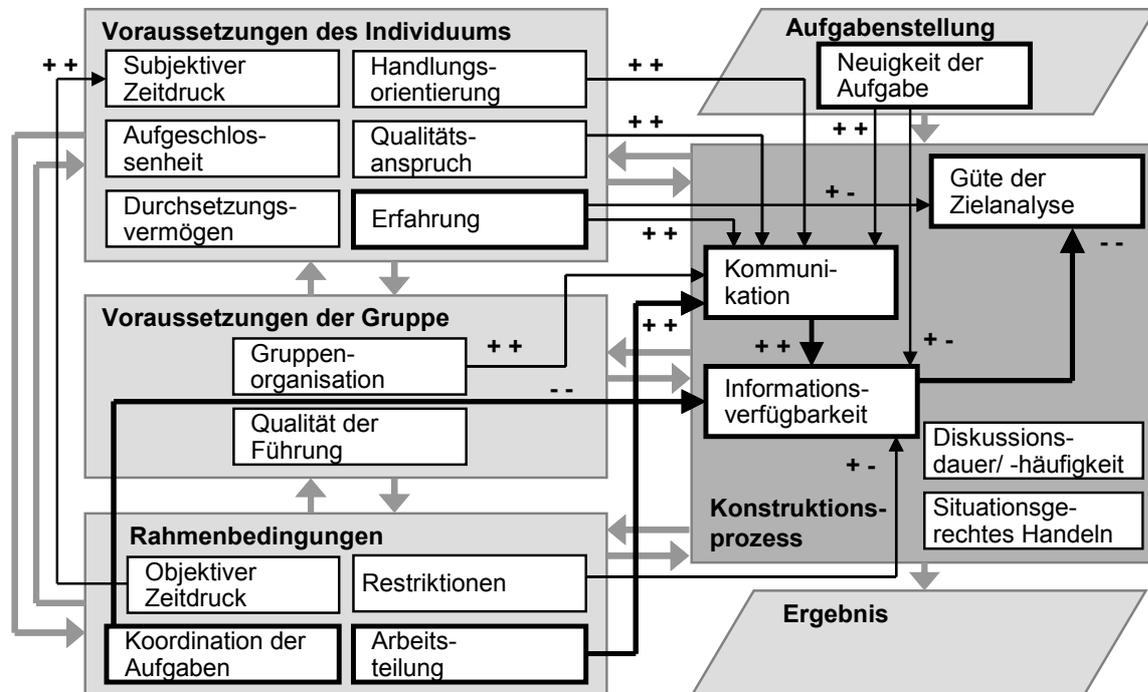


Bild 28: Modell einer Kritischen Situation [BADKE-SCHAUB & FRANKENBERGER 2004, S. 74]

DEMERS präsentiert eine Methode zur ganzheitlichen Analyse von Entwicklungssituationen [DEMERS 2000, S. 81 ff.]. Grundlage der Methode ist ein Modell, das den Entwicklungsprozess als System betrachtet und in dem Systemelemente über Kausalzusammenhänge verknüpft werden. Dabei werden die Vergangenheit, die Gegenwart und mögliche Szenarios der Zukunft des Systems abgebildet. Bei dieser Betrachtung werden vorhergesehene und unvorhergesehene Ereignisse, deren Wirkung sowie die Reaktionen des Systems auf diese berücksichtigt. Bei DEMERS steht die Modellierung der Kausalzusammenhänge im Vordergrund, für die er basierend auf der Methode der Problemformulierung aus dem Methodenbaukasten TRIZ [TERNINKO ET AL. 1997, S. 48] eine eigene Modellierungssprache definiert. Ereignisse, die den Entwicklungsprozess beeinflussen, werden in negative, neutrale und positive Ereignisse eingeteilt. Das Beispiel einer Anwendung des Modells zur Abbildung einer Entwicklungssituation ist in Bild 29 dargestellt [DEMERS 2000, S. 85].

REYMEN spricht ebenso wie BOULDING von ‚generality‘ und bezeichnet damit die **Allgemeingültigkeit** eines Modells, was die inverse Dimension zur Spezifität darstellt. Das Modell der Entwicklungssituation nach REYMEN (vgl. Kapitel 3.2.1) ist domänenunabhängig (‚domain-independent model‘) [REYMEN 2001]. Vorteile werden vor allem in der Verbesserung der interdisziplinären Kommunikation durch die Abstraktion von domänenspezifischen Details genannt. Als Nachteil wurde der Umstand identifiziert, dass Entwickler teilweise Schwierigkeiten mit der domänenunabhängigen Terminologie hatten. Um diesem Problem zu begegnen wird von REYMEN vorgeschlagen, zusätzlich zu dem Modell konkrete Beispiele aus verschiedenen Disziplinen zur Verfügung zu stellen. Außerdem sollte bei einer spezifischen Anwendung des Modells das domänenunabhängige Vokabular an die spezifische Terminologie in einer Disziplin angepasst werden [REYMEN ET AL. 2006].

3.2.3 Einflussfaktoren der Entwicklungssituation

Während im vorangegangenen Abschnitt die formale Beschreibung und Darstellung der Entwicklungssituation adressiert wurde, sind im Folgenden die Inhalte der Beschreibung von Interesse, d. h. die konkreten Merkmale und Einflussfaktoren sowie deren Ausprägungen, die zur Beschreibung von Entwicklungssituationen herangezogen werden können. Ergänzend zu den Ausführungen in diesem Abschnitt sind im Anhang (vgl. Kapitel 10.2) weitere Details zu diesem Thema zusammengefasst.

Insbesondere im Bereich der empirischen Konstruktionsforschung wurden viele Erkenntnisse gewonnen hinsichtlich der Einflussfaktoren auf den Prozess und das Ergebnis der Produktentwicklung bzw. Konstruktion. DYLLA untersuchte z. B. im Rahmen von Konstruktionsexperimenten mit Einzelpersonen Einflüsse auf den Konstruktionsprozess und dessen Ergebnis [DYLLA 1991, S. 28]. Hierbei unterschied er zwischen individuellen und äußeren Einflüssen (siehe Bild 31). In seiner Arbeit konnte er erste Hypothesen über den Zusammenhang von Merkmalen des Konstrukteurs, des Prozesses und der Güte des Ergebnisses herstellen. Dabei sieht DYLLA seinen Beitrag als ersten Schritt in Richtung einer deskriptiven Theorie des Konstruktionsprozesses. Als Einschränkung nennt er, dass die Experimente unter Laborbedingungen durchgeführt und viele äußere Einflüsse konstant gehalten worden waren.

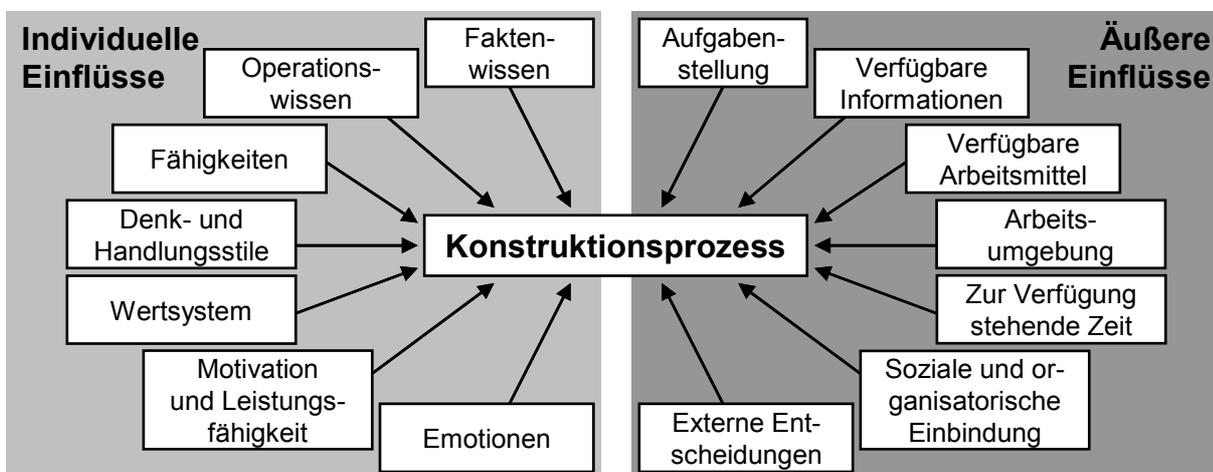


Bild 31: Einflussgrößen, die auf den Konstruktionsprozess wirken [DYLLA 1991, S. 28]

Im Folgenden werden weitere Arbeiten diskutiert, die sich mit der Sammlung und Analyse von Einflussfaktoren der Entwicklungssituation auseinandersetzen. Eine umfangreiche morphologische Systematik der Situation wird z. B. von GRÖBER aufgestellt. Er fokussiert den Aufgabenbereich bzw. das Handlungssystem der Anforderungsermittlung, die von ihm gewählten Merkmale können jedoch allgemein zur Beschreibung von Entwicklungssituationen herangezogen werden [GRÖBER 1992, S. 44 ff.]. Bereiche, in denen GRÖBER Merkmale und Ausprägungen aufstellt sind unter anderem: Aufgabenstellungen, Individuen („Anforderungsermittler“) und Ablaufstruktur (mit Fokus auf kognitiven Handlungen). FRANKENBERGER nutzt für die Untersuchung von Kritischen Situationen wie bereits erläutert einen umfangreichen Merkmalskatalog, der in fünf Kategorien gegliedert ist (siehe Kapitel 3.2.2). Zu allen Einflussfaktoren werden außerdem ausführliche Definitionen⁴ bereitgestellt [FRANKENBERGER 1997 S. 218 ff.]. OSTERGAARD & SUMMERS präsentieren eine taxonomische Klassifikation zur Unterstützung der kollaborativen Entwicklung („collaborative design“) mit Merkmalen, die in sechs Kategorien organisiert sind, zu denen unter anderem die Kategorien ‚team composition‘ und ‚nature of the problem‘ gehören [OSTERGAARD & SUMMERS 2003]

In dieser Arbeit konzentriert sich die Betrachtung aus Gründen der Übersicht auf drei Themenbereiche, denen wiederum einzelne Merkmale bzw. Einflussfaktoren zugeordnet werden. Die Gliederung orientiert sich an den zuvor diskutierten Arbeiten, die Themenbereiche sind: ‚Entwicklungsaufgabe/Produkt‘, ‚Entwickler/Team‘ und ‚Rahmenbedingungen‘.

Einflussfaktoren aus dem Themenbereich ‚Entwicklungsaufgabe/Produkt‘

Unter dem Begriff ‚Entwicklungsaufgabe‘ werden im Folgenden auch ähnliche bzw. sinnverwandte Begriffe zusammengefasst, wie sie in der Literatur häufig verwendet werden: Konstruktionsaufgabe, Konstruktionsproblem, konstruktives Problem oder Konstruktionsauftrag. DYLLA gibt eine Übersicht über Beschreibungsmerkmale für konstruktive Probleme, um die spezifische Ausprägung der von ihm durchgeführten Konstruktionsexperimente darstellen zu können ([DYLLA 1991, S. 35], siehe Bild 32).

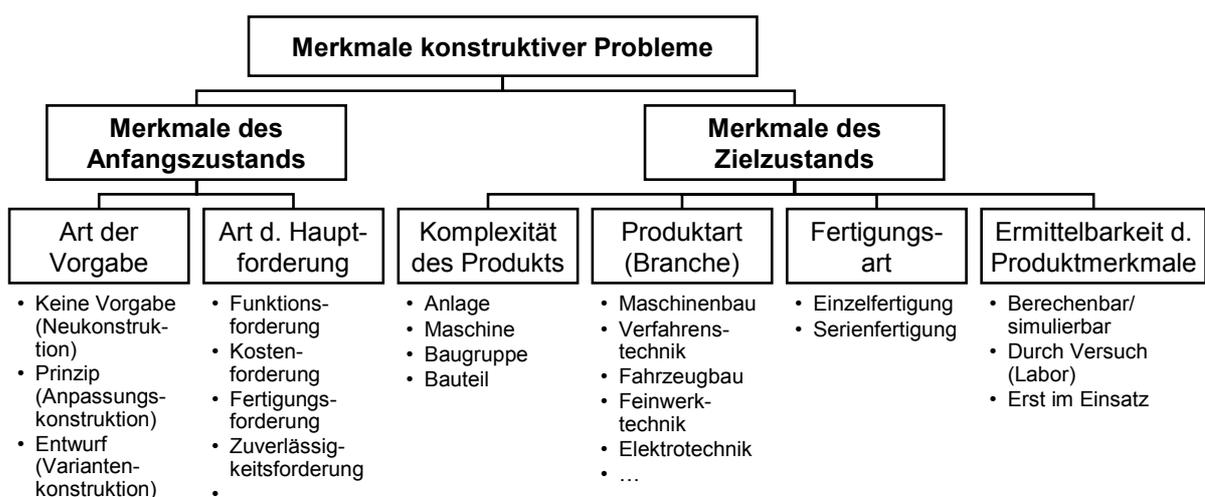


Bild 32: Beschreibungsmerkmale für konstruktive Probleme [DYLLA 1991, S. 35]

⁴ Die Definitionen sind in komprimierter Form im Anhang in Kapitel 10.2 dieser Arbeit zu finden.

SCHRODA sieht als Voraussetzung dafür, über eine Vielzahl verschiedener Konstruktionsaufträge allgemeingültige Aussagen treffen zu können, die Notwendigkeit zu deren Klassifikation, um die Unterschiede zu beschreiben [SCHRODA 2000, S. 13 ff.]. Sie gibt eine Übersicht über bestehende Taxonomien von Konstruktionsaufträgen, die unter verschiedenen Gesichtspunkten und in unterschiedlichen Problembereichen aufgestellt wurden. Jedoch stellt sie fest, dass die praktische Einsetzbarkeit vieler Klassifikationssysteme daran scheitert, dass ein geeignetes Verfahren zur Analyse der zugrunde liegenden Aufgabenanforderungen fehlt und dass sich damit nur bei wenigen Autoren eine Operationalisierung der Kriterien findet. Problematisch ist, dass viele Konstruktionsaufträge erst *nach* ihrer Lösung eingeschätzt werden können und dass sich Problemsituationen über die Zeit in der Subjekt-Objekt-Interaktion ändern, was bei retrospektiver Betrachtung die Einschätzung des Anfangszustands beeinflusst [SCHRODA 2000, S. 22].

Um Vorhersagen zum Prozess und zum Ergebnis zu ermöglichen und um Zeit, Arbeitsaufwand und Kosten so früh wie möglich abschätzen zu können, sieht SCHRODA daher eine Anforderungsanalyse als notwendig an, die eine Klassifikation der Konstruktionsaufträge *vor* deren Bearbeitung zulässt. Sie entwickelt einen Kriterienkatalog für die Klassifikation von Konstruktionsaufträgen, der die Analyse des Konstruktionsauftrags als ersten Schritt des Konstrukteurs ermöglicht ([SCHRODA 2000, S. 49], siehe Bild 33). Hier zeigt sich, dass sich die Bereiche ‚Entwicklungsaufgabe‘ und ‚Entwickler‘ nicht so leicht voneinander trennen lassen, da insbesondere das Kriterium ‚Transparenz‘ von Person zu Person verschieden ausgeprägt sein kann. Es ist fraglich, ob sich in der Praxis wirklich eine objektive Aufgabentransparenz feststellen lässt.

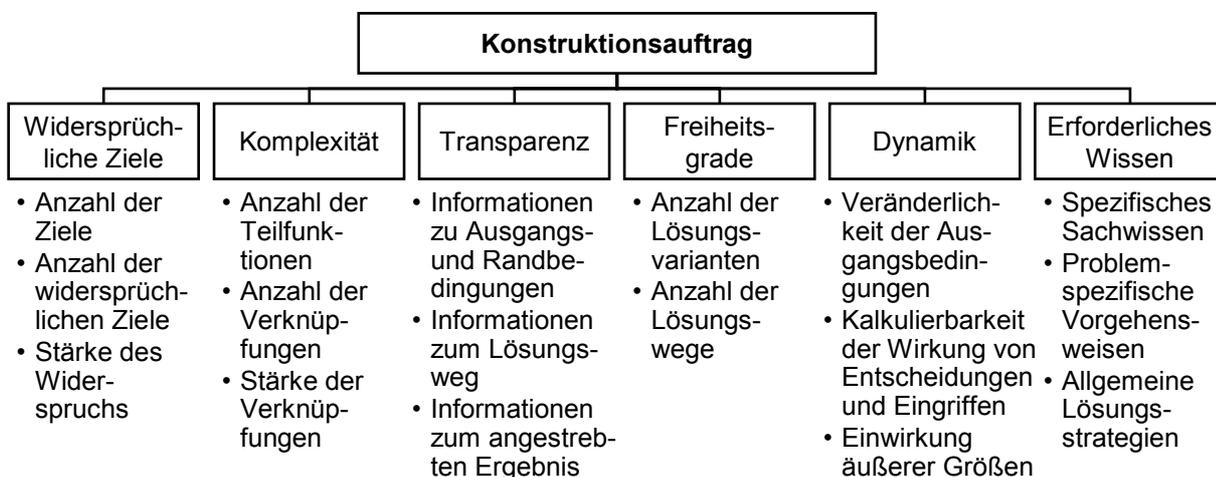


Bild 33: Kriterien für die Klassifikation von Konstruktionsaufträgen [SCHRODA 2000, S. 49]

Eine weitere Klassifikation von Entwicklungsaufgaben wird von NEGELE beschrieben. Er diskutiert insgesamt 13 Merkmale, denen er jeweils zwischen drei und fünf mögliche Ausprägungen zuordnet [NEGELE 1998, S. 125 ff.]. Enthalten sind auch Merkmale wie ‚Unternehmensgröße‘ und ‚Entwicklungsorganisation‘, die in der Auffassung dieser Arbeit in den Themenbereich ‚Rahmenbedingungen‘ gehören. ULLMAN beschreibt verschiedene Arten mechanischer Entwicklungsaufgaben (‚mechanical design problems‘) und unterscheidet hierbei ‚selection design‘, ‚configuration design‘, ‚parametric design‘, ‚original design‘ und ‚redesign‘ [ULLMAN 1997, S. 23 ff.]. Er weist darauf hin, dass Entwickler in der Praxis kaum eine

Aufgabe vorfinden werden, die exakt nur einer dieser Kategorien entspricht. Die Komplexität aufgrund der Freiheitsgrade nimmt vom ‚selection design‘ zum ‚original design‘ hin zu. Das ‚redesign‘ (die Änderung eines bestehenden Produkts um neue Anforderungen zu erfüllen) nimmt eine Sonderrolle in dieser Aufzählung ein und entspricht nach ULLMAN der in der Praxis am häufigsten vorkommenden Entwicklungsaufgabe [ULLMAN 1997, S. 27].

Einflussfaktoren aus dem Themenbereich ‚Entwickler/Team‘

Die Einflüsse von Entwicklern als Individuen auf den Konstruktionsprozess und das Ergebnis wurden in Konstruktionsexperimenten ausführlich von GÜNTHER untersucht (siehe Bild 34). Aus den Ergebnissen leitet er Hypothesen über Personenmerkmale ab, welche sich positiv auf das Konstruktionsergebnis auswirken, z. B. eine hohe praktische Konstruktionserfahrung, eine hohe heuristische Kompetenz oder eine geringe Neigung zu emotionaler Belastung [GÜNTHER 1998, S. 140]. Er stellt auch Unterschiede in den Vorgehensweisen von Konstrukteuren aus der Praxis ohne Hochschulausbildung (P-Konstrukteure) und methodisch ausgebildeten Konstrukteuren (M-Konstrukteure) fest. Während P-Konstrukteure teilproblemorientiert arbeiten und sich schnell mit konkreten Lösungen für Teilprobleme beschäftigen, orientierten sich M-Konstrukteure tendenziell stärker an den Vorgehensweisen der Konstruktionsmethodik. Sie bewegen sich zunächst lange auf abstraktem Niveau und nehmen eine vollständige Aufgabenklärung vor, bevor die Lösungssuche begonnen wird. Aus seinen Untersuchungen leitet GÜNTHER Vorschläge für die Konstruktionspraxis im Sinne einer Leitlinie ab [GÜNTHER 1998, S. 136-137].

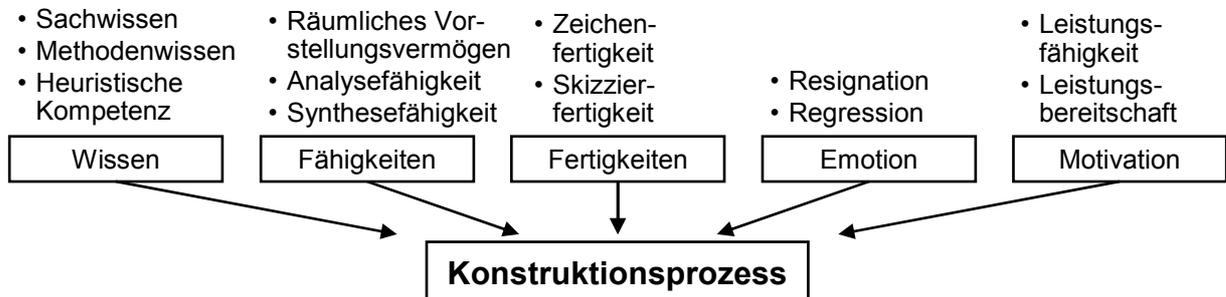


Bild 34: Individuelle Einflüsse auf den Konstruktionsprozess [GÜNTHER 1998, S. 26]

CROSS beschäftigt sich mit dem Grad der Expertise von Entwicklern, wobei er nicht explizit zwischen Fach- und Methodenexpertise unterscheidet, sondern allgemein von ‚**design expertise**‘ spricht [CROSS 2004]. Er geht insbesondere auf das unterschiedliche Verhalten von Laien (‚novice designers‘) und Experten (‚expert designers‘) ein, wenn es um Problemlöseprozesse geht. Unterschiede sind vor allem in der Intensität der Problemanalyse bemerkbar. Erfolgreiches Verhalten von Experten zeichnet sich eher durch ein adäquates Umreißen des Problems (‚problem scoping‘) und weniger durch eine ausführliche Problemanalyse aus. CROSS benutzt hier auch den durch SCHÖN geprägten Begriff des ‚problem framing‘ (siehe Kapitel 3.2.1). Ein weiteres Merkmal von Experten ist die Strategie hinsichtlich der Generierung von Alternativen. Viele Experten konzentrieren sich früh auf einzelne Lösungskonzepte und scheuen davor zurück, diese wieder aufzugeben. Dadurch arbeiten Experten oftmals sehr effektiv und produktiv. Das Erzeugen einer großen Vielfalt an Lösungsideen muss laut CROSS nicht unbedingt immer die beste Strategie sein [CROSS 2004, S. 440].

Der Grad der Expertise ist auch Gegenstand der Betrachtung bei DORST & REYMEN. Neben der Differenzierung verschiedener Grade an Expertise beschäftigen sie sich vor allem auch damit, wie Expertise gewonnen wird, d. h. wie der Übergang vom Laien zum Experten stattfindet. Sie diskutieren in diesem Zusammenhang ein Modell, das eine detaillierte Skala mit sieben Abstufungen enthält: Laie, Fortgeschrittener, Kompetenter, Geübter, Experte, Meister und Visionär [DORST & REYMEN 2004, S. 3]. Die sieben Stufen beschreiben unterschiedliche Arten und Weisen der Wahrnehmung, der Interpretation und Strukturierung von Information sowie des Problemlösens. Somit helfen die unterschiedlichen Grade der Expertise bei der Analyse von Verhaltensmustern. Das Verhalten von Laien und Fortgeschrittenen, die aufgrund mangelnder Erfahrung bemüht sind, sich an explizit vorgegebenen und damit objektiv wahrnehmbaren Vorgehensweisen und Regeln zu orientieren, lässt sich am besten nach dem Paradigma des Rationalen Problemlösens beschreiben. Dahingegen wird das Paradigma des Reflektiven Handelns relevanter, wenn das Verhalten von Experten beschrieben werden soll, das stark von Intuition und implizitem Wissen geprägt ist.

Jedoch sollte eine Person nicht einfach in eine der sieben „Schubladen“ zwischen Laie und Visionär gesteckt werden. Ein Entwickler kann im Laufe eines Projekts die Charakteristika verschiedener Expertise-Grade aufweisen: das Befolgen von Regeln, das typisch für den Laien ist, ebenso wie die Fähigkeit zur Interpretation und Reflexion, durch welche sich die höheren Stufen in dem Modell auszeichnen. Trotz derartiger Einschränkungen sehen DORST & REYMEN dieses Modell als nützliches Hilfsmittel für Lehrende im Bereich der Produktentwicklung an, um den Lernprozess von Studenten, d. h. den Übergang zwischen verschiedenen Expertise-Graden, besser zu unterstützen [DORST & REYMEN 2004, S. 4].

LAWSON untersucht ebenfalls die Entwicklung von ‚design expertise‘. Er identifiziert fünf Phasen, die ein Entwickler bei dem Aufbau von Expertise zu durchlaufen hat: die Aneignung von domänenspezifischen Schemata und Regeln, den Aufbau eines wachsenden Pools an Erfahrung aus Fallbeispielen, die Identifikation von Leitprinzipien (‚guiding principles‘), die Erlangung eines Gespürs für die spezifische Entwicklungssituation und schließlich den Aufbau eines Repertoires an so genannten Tricks oder Kniffen (‚design gambits‘) [LAWSON 2004, S. 456]. Damit weicht das Modell stellenweise von dem zuvor diskutierten Modell der Expertise-Grade nach DORST & REYMEN ab, die Grundaussagen sind jedoch ähnlich.

Zum Themenbereich Entwickler gehören auch Aspekte der Zusammenarbeit in Gruppen und Teams. Die hohe Bedeutung der Teamarbeit wird im Bereich der Produktentwicklung durch die Tatsache deutlich, dass Entwickler zwar 70 % ihrer Arbeitszeit alleine arbeiten, entscheidende Situationen jedoch zu 90 % in Zusammenarbeit mit Kollegen meistern [LINDEMANN 2007, S. 23]. Beschreibungsmerkmale für Teams sind z. B. die Teamgröße, Homogenität, Dauer der Zusammenarbeit etc. Der Teamaspekt spielt für diese Arbeit lediglich eine untergeordnete Rolle, weshalb hier nicht weiter darauf eingegangen wird.

Einflussfaktoren aus dem Themenbereich ‚Rahmenbedingungen‘

Im Bereich ‚Rahmenbedingungen‘ werden eine Reihe weiterer Merkmale zusammengefasst, die neben den Merkmalen der Entwicklungsaufgabe einerseits und den Eigenschaften des Entwicklers bzw. Teams andererseits Einfluss auf den Entwicklungsprozess und das Ergebnis nehmen können. Dies beinhaltet unter anderem die Merkmale der Arbeitsumgebung, des

organisatorischen Kontextes, die Verfügbarkeit von Information etc. (siehe Bild 35). Zu den Bedingungen der Arbeitsumgebung gehört beispielsweise die Ausstattung mit Hardware und Software. In der Verteilten Produktentwicklung stellen Möglichkeiten des ‚Application Sharing‘ ein bedeutendes Arbeitsmedium für die Kommunikation zwischen örtlich getrennt arbeitenden Entwicklern dar [GRIEB & LINDEMANN 2006]. Die Verfügbarkeit oder Nicht-Verfügbarkeit derartiger Ausstattungsmerkmale wirkt sich prägend auf den Prozess aus.

Arbeitsumgebung	Organisatorischer Kontext	Restriktionen	Etc.
<ul style="list-style-type: none"> • Art der Räumlichkeiten • Ausstattung mit Hardware • Ausstattung mit Software 	<ul style="list-style-type: none"> • Unternehmenskultur • Hierarchien • Arbeitsklima 	<ul style="list-style-type: none"> • Zeitliche Restriktionen • Finanzielle Restriktionen • Gestalterische Restriktionen 	
Informationsverfügbarkeit	Externe Anforderungen	Interne Anforderungen	Etc.
<ul style="list-style-type: none"> • Produkttechnische Inform. • Prozesstechnische Inform. • Methodenbezogene Inform. 	<ul style="list-style-type: none"> • Umwelt • Politik, Recht • Öffentlichkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Marketing • Controlling • Produktion 	

Bild 35: Merkmale im Themenbereich ‚Rahmenbedingungen‘ (Auswahl)

Fazit zum Thema Einflussfaktoren der Entwicklungssituation

Eine differenzierte Betrachtung der Entwicklungssituation bzw. des Entwicklungskontextes ist eine wichtige Voraussetzung, wenn passende Hilfsmittel zur Unterstützung von Entwicklungsprozessen herangezogen werden sollen. Es existiert prinzipiell eine Vielzahl an Merkmalen und Einflussfaktoren, um die Situation zu beschreiben. Nicht alle werden zu einem bestimmten Zeitpunkt gleichzeitig relevant sein. SALEIN adressiert beispielsweise in seinem Ansatz (‚Situationsspezifisches Planen und Entwickeln‘) das Problem der Bestimmung wesentlicher Einflüsse. Er definiert insgesamt 16 Situationsmerkmale und stellt in einer Matrix deren generellen Zusammenhang zu einer Reihe von Planungsmerkmalen her (Strategie, Planungsobjekt, Organisation, Ablauf, Methoden, Ressourcen) [SALEIN 1999, S. 133]. Einen starken Einfluss auf das Planungsmerkmal ‚Methode‘ sieht er nur bei insgesamt vier der 16 Situationsmerkmale: ‚Unternehmenspotenzial‘, ‚Branche‘, ‚Phase‘ und ‚Hauptforderung/Entwicklungsziel‘. Die Planungsmerkmale ‚Unternehmensgröße‘ und ‚Unternehmensorganisation‘ haben laut SALEIN dahingegen keinen Einfluss auf die Wahl geeigneter Methoden, die restlichen nur einen mäßigen oder mittleren Einfluss. Eine Herausforderung stellt daher die Aufgabe dar, in einer Situation die relevanten Situationskriterien zu identifizieren und je nach Ausprägung eine Verknüpfung zu verfügbaren unterstützenden Mechanismen herzustellen.

3.2.4 Ansätze zur situationsgerechten Unterstützung der Entwicklung

Im Fokus dieser Arbeit stehen vorrangig Mechanismen der Unterstützung, die dem Entwickler in Abhängigkeit seiner Situation Vorgehensweisen und Arbeitsmethoden zur Verfügung stellen. Eine Grundvoraussetzung für die Wirkungsweise dieser Mechanismen ist jedoch zunächst, dass die Situation bekannt ist. Wie aber gelangt der Entwickler zur Kenntnis seiner Situation? Und in welchen Situationen besteht eigentlich der Bedarf nach methodischem Handeln im Entwicklungsprozess? Im Folgenden werden Ansätze diskutiert, die sich damit beschäftigen, wie der Entwickler bei der Analyse der Entwicklungssituation unterstützt

werden kann und wann diese angebracht erscheint. Als **Situationsanalyse** wird im Rahmen dieser Arbeit die Beschäftigung des Entwicklers mit seiner Entwicklungssituation zum Zwecke der Ermittlung geeigneter Vorgehensschritte und Methoden aufgefasst. Hinsichtlich des zeitlichen Horizonts der Analyse wird unterschieden in Situationserfassung und Situationsreflexion. Als **Situationserfassung** wird die Erfassung relevanter Aspekte der aktuellen Entwicklungssituation bezeichnet, d. h. die Ermittlung der Ausprägungen von relevanten Situationsmerkmalen, um darauf basierend eine operative Prozess- und Methodenplanung vorzunehmen. Eine **Situationsreflexion** stellt die Analyse von in der Vergangenheit liegenden Entwicklungssituationen dar, um Lerneffekte für die Zukunft zu generieren.

In Bezug auf die **Bedarfserkennung für methodisch-systematisches Handeln** beschreibt EHRENSPIEL Erkenntnisse denkpsychologischer Untersuchungen, nach denen routinierte Denk- und Handlungsprogramme, die intuitiv und damit praktisch unbewusst abgewickelt werden, wesentlich schneller und ökonomischer ablaufen, als methodenbewusst geplante bzw. diskursiv, rational gesteuerte Prozesse. Ein Großteil des menschlichen Denkens und Tuns läuft im so genannten ‚Normalbetrieb‘ nur zum Teil bewusst ab. Erst wenn die Situation problematisch wird, wird im ‚Rationalbetrieb‘ methodenbewusstes, diskursives, rationales Vorgehen zweckmäßiger. EHRENSPIEL stellt folgende Forderung auf: „Methodenbewusste Planung im Rationalbetrieb nur soweit notwendig, Arbeit im routiniert ablaufenden Normalbetrieb mit Erfahrungswissen so viel wie möglich!“ [EHRENSPIEL 2003, S. 60]

Geeignete Zeitpunkte für ein systematisches Handeln im Entwicklungsprozess im Sinne einer operativen Prozessplanung lassen sich im **Drei-Ebenen-Modell** nach GIAPOULIS darstellen ([GIAPOULIS 1998, S. 103], siehe Bild 36 links). Anstöße für eine operative Planung können sich hier zum einen aus der strategischen Ebene heraus ergeben, wenn z. B. wichtige Entscheidungen an strategisch geplanten Meilensteinen im Projekt zu fällen sind. Zum anderen kann die Notwendigkeit zur operativen Planung aus der Ergebnisebene heraus resultieren, beispielsweise bei einem unerwarteten Versagen des Prototyps.

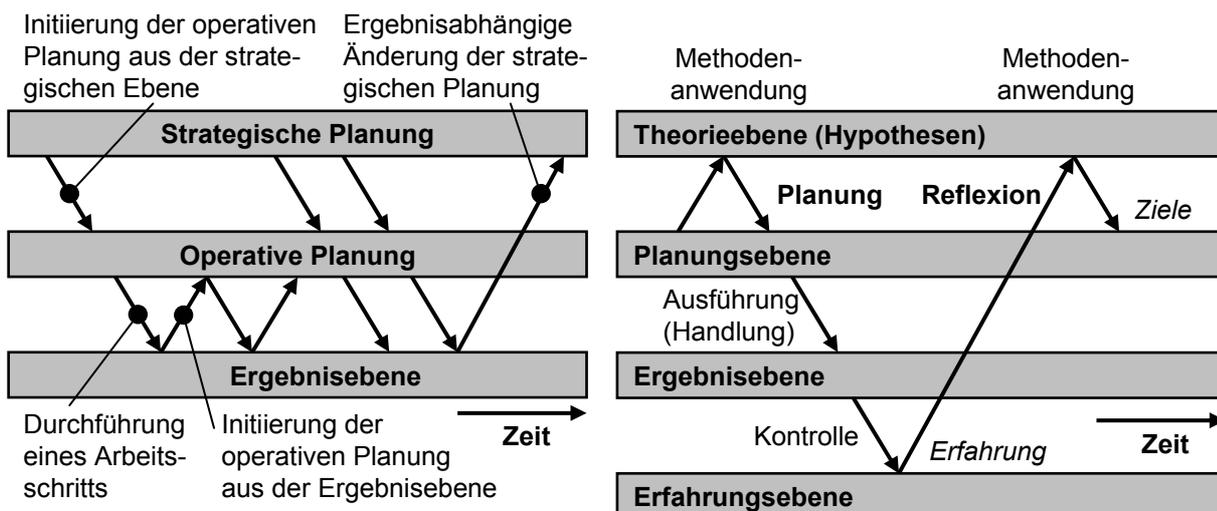


Bild 36: Ebenen-Modelle der Planung (Original nach [GIAPOULIS 1998, S. 103], Erweiterung nach [GERST 2002, S. 70])

Das Drei-Ebenen-Modell nach GIAPOULIS wurde in weiteren Forschungsarbeiten erweitert. Beispielsweise ersetzt DEMERS die Ergebnisebene durch eine Ereignisebene, wobei Ergebnisse eine Untermenge der Ereignisse darstellen [DEMERS 2000, S. 70]. GERST fügt zusätzlich eine Theorie- und eine Erfahrungsebene hinzu, um dadurch zu einem geschlossenen Handlungsmodell zu gelangen ([GERST 2002, S. 70], siehe Bild 36 rechts). Dafür unterscheidet er nicht nach strategischer und operativer Planung, es gibt nur eine Planungsebene.

DEMERS setzt sich ebenfalls mit der Frage auseinander, wann eine umfassende, ganzheitliche Analyse der Entwicklungssituation sinnvoll erscheint [DEMERS 2000, S. 111]. Die dafür von ihm entwickelte Methode ersetze nicht das teilweise im Unterbewusstsein ablaufende intuitive Vorgehen, sondern hebe es auf eine systematische Bewusstseinssebene. Der explizite Einsatz der Methode verbrauche Ressourcen und Zeit, sei also nur dann gerechtfertigt, wenn die Summe der positiven Effekte den zusätzlichen Aufwand rechtfertige. Er definiert basierend auf seinem Modell zur Darstellung der Kausalzusammenhänge im Entwicklungsprozess eine Vorgehensweise zur dynamischen Prozessplanung und -steuerung [DEMERS 2000, S. 85 ff.]. Mit dieser können konkrete Verbesserungsmaßnahmen für den vorliegenden Prozess entwickelt werden. Die Methode von DEMERS bietet in erster Linie eine **formale Hilfestellung** zur Darstellung der Entwicklungssituation. Der erste Schritt umfasst die Erstellung des Modells der Entwicklungssituation und dessen anschließende Analyse. Hierfür stellt DEMERS u. a. Checklisten mit prinzipiellen Situationskonstellationen und Fragen für das Aufstellen von Ursache-Wirkungsketten bereit. Daraufhin folgen die Suche nach Handlungsalternativen sowie die Analyse, Bewertung und Auswahl von Handlungsalternativen.

FRANKENBERGER hebt die Bedeutung der bereits erwähnten **„Kritischen Situationen“** hervor, die sich ebenfalls für einen Übergang zum Rationalbetrieb und damit einer expliziten systematischen Beschäftigung mit der Entwicklungssituation eignen [FRANKENBERGER 1997, S. 83]. WALLMEIER stellt als Hilfsmittel zum Erkennen Kritischer Situationen eine Checkliste bereit. Diese enthält Fragen wie: „Ungutes Gefühl?“, „Wichtige Diskussionen und Entscheidung im Projekt?“, „Mangel an Information?“ oder „Konflikte zwischen Personen?“ [WALLMEIER 2001, S. 171]. Darüber hinaus präsentiert er ein Konzept zur **Situationsreflexion**, das auf der Selbstbeobachtung und -dokumentation von Entwicklern bei ihrer täglichen Arbeit basiert [WALLMEIER 2001, S. 124 ff.]. Wurde eine Kritische Situation erkannt, ist aus fünf möglichen Situationstypen derjenige zu identifizieren, der für die Situation zutreffen ist: Zielanalyse/-entscheidung, Lösungssuche, Lösungsanalyse/-entscheidung, Konfliktmanagement oder Störungsmanagement. Das Zuordnen zu einem Situationstyp verfolgt das Ziel, die Kritische Situation inhaltlich und auch zeitlich einzugrenzen. Im nächsten Schritt werden die Inhalte der Situation anhand eines vorgegebenen Fragebogens, der je nach Situationstyp unterschiedlich ist, beschrieben. Dies erfordert vom Entwickler eine aktive Dokumentation. Den zentralen Teil des Reflexionskonzepts repräsentiert der abschließende Schritt, die Analyse von Einflussfaktoren und Relationen. Ergebnis ist deren Verknüpfung zu einem Netz aus wirksamen Beziehungen. Das Konzept beruht ebenfalls auf der **formalen Modellierung** der Entwicklungssituation. Die Analyse wird von WALLMEIER selbst als schwierig eingestuft. Die Verwendung eines festen Stamms von Einflussfaktoren ermöglicht es zwar, Analysen statistisch auszuwerten und zu vergleichen, hat aber auch zur Folge, dass Produktentwickler die verwendeten Faktoren und deren Bedeutung erlernen müssen. Daher wurde für die Implementierung des Ansatzes in der Praxis ein Schulungskonzept erarbeitet.

Als **Anstoß einer Reflexion** nennt HUTTERER drei prinzipielle Möglichkeiten: (1) hinweisende, passive Anregungen, (2) abzuarbeitende Schemata, oder (3) ein intervenierendes Vorgehen [HUTTERER 2005, S. 77 ff.]. Das intervenierende Vorgehen verspricht in seinen Augen am meisten Vorteile, da es die Eigendynamik des Entwicklers nutzen kann. Sein Reflexionskonzept beruht auf ‚Reflexiven Dialogen‘, für die neben dem Entwickler ein Betrachter notwendig ist, dessen Aufgabe es ist, im Entwickler durch gezielte Fragen eine Reflexion zu provozieren. Als Hilfsmittel präsentiert er eine Checkliste, die Fragen in der Form „Habe ich diesen Schritt ausreichend bearbeitet/erledigt?“ enthält [HUTTERER 2005, S. 84].

REYMEN gibt einen ausführlichen Überblick über existierende Ansätze der Reflexion im Entwicklungsprozess (**reflection in design**) und unterscheidet dabei in Anlehnung an SCHÖN drei wesentliche Mechanismen [REYMEN 2003]. ‚Reflection-in-action‘ bezeichnet das Reflektieren im Prozess während der Ausführung einer Handlung, ohne diese zu unterbrechen. Dahingegen ist mit ‚reflection-on-action‘ die gedankliche Beschäftigung mit einer Handlung gemeint, nachdem diese unterbrochen wurde, wenn der Entwickler die notwendige Ruhe und Zeit zur Reflexion besitzt. Als letzter Mechanismus wird ‚reflection-on-practice‘ genannt, mit dem die Analyse einer gewissen Anzahl an Handlungen und Erfahrungen gemeint ist, die bei kritischer Betrachtung zur Entdeckung gewisser Muster im eigenen Entwicklungsverhalten führen kann. Der für diese Arbeit wesentliche Mechanismus ist ‚reflection-on-action‘, das Innehalten im Prozess, um über das weitere Vorgehen nachzudenken.

REYMEN bietet ebenfalls **Checklisten als inhaltliche Hilfestellung** für die Situationsanalyse im Sinne einer Situationserfassung an [REYMEN 2001, S. 81 ff.]. Die ‚checklist for inventorying properties and factors‘ dient der Erfassung relevanter Produkt- und Prozessmerkmale sowie von Kontextfaktoren, die ‚checklist for analysing design situations‘ unterstützt bei der Situationsanalyse. Die einzelnen Einträge der Checklisten sind in Form von Fragen formuliert, z. B. „Is the list of desired properties about the product being designed complete?“ Die Checklisten wurden bewusst allgemein und domänenunabhängig formuliert. Daher bedürfen sie einer Anpassung (‚tailoring‘) an die konkreten Bedürfnisse spezifischer Disziplinen, Aufgabenstellungen oder Anwender [REYMEN 2001, S. 79]. Zusätzlich sind Formblätter auszufüllen, die einzelne Prozessschritte (‚design sessions‘) dokumentieren.

Für unerfahrene Anwender ist eine Checkliste unter Umständen kein praktikables Mittel, da diese den Anwender insbesondere bei einer Vielzahl von enthaltenen Aspekten mitunter überfordern. Um Anwender stärker „an die Hand zu nehmen“, ist der Einsatz einer **Entscheidungslogik** denkbar. In einem Rechnersystem lässt sich diese mit einem Nutzerdialog verknüpfen. GRÖBER entwickelt z. B. ein interdisziplinär anwendbares, methodisches Instrumentarium zur Anforderungsermittlung [GRÖBER 1992, S. 2]. Grundlage bildet ein Methodeninformationssystem, das aus einem Situationsanalysator, einem Methodenselektor und einem Methodenspeicher besteht (siehe Bild 37). GRÖBER stellt einen umfangreichen Katalog an Kriterien auf, welche problem- und bearbeiterspezifische Aspekte einer Anforderungsklä rung adressieren und als Eingangsdaten für den Situationsanalysator dienen. Darin wird der Anwender schrittweise durch einen Dialog geführt. In jedem Schritt werden zu den einzelnen Fragen (z. B.: „In welchen Anforderungsbereichen sind Sie kompetent?“) vordefinierte Antworten präsentiert, aus denen eine oder mehrere auszuwählen sind [GRÖBER 1992, S. 120 ff.]. Auf der Basis aller Antworten erfolgt die Auswahl einer Methode aus dem Methodenspeicher.

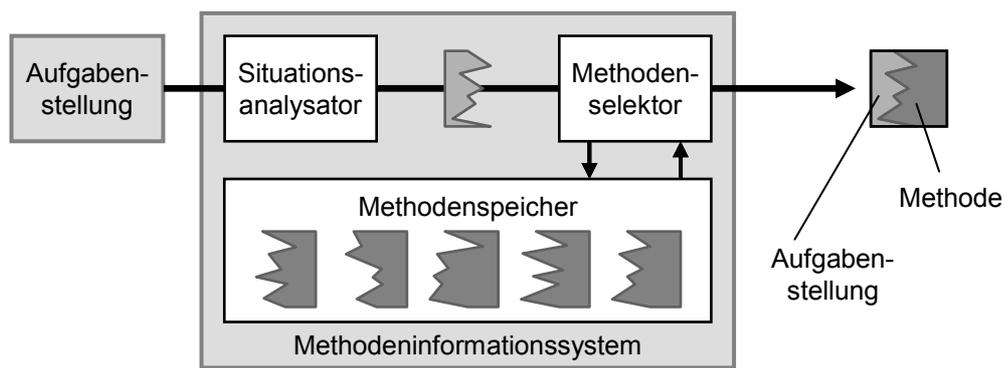


Bild 37: Struktur des Methodeninformationssystems [GRÖßER 1992, S. 41]

Einen ähnlichen Ansatz verfolgt STRASSER mit seinem Methodenauswahltool, welches es ermöglicht, ohne vorherige Kenntnis der Methoden aufgabenspezifisch die zur Hilfestellung am besten geeignete(n) Methode(n) zu identifizieren [STRASSER 2004]. Dafür entwickelt er einen Fragenkatalog mit 47 Fragen zur Erfassung der Aufgabenstellung, welcher reale Situationen der Produktentwicklung widerspiegelt. Der Methodenauswahlprozess erfolgt dabei in zwei Stufen. Die erste Stufe identifiziert geeignete Module einer Methodenlandschaft, die zweite Stufe jeweils geeignete Methoden bzw. Maßnahmen innerhalb dieser Module.

BRAUN betont, dass eine methodische Unterstützung bei unterschiedlichen Arten und Ebenen von Aufgabenstellungen ansetzen und zudem explizit die Belange der involvierten Individuen und deren Umgebung berücksichtigen muss [BRAUN 2005, S. 107]. Er definiert ein so genanntes **Voraussetzungsspektrum**, das eine aufgabenebenenspezifische und eine anwenderspezifische Komponente enthält (siehe Bild 38). Darin sind vier Aufgabenebenen sowie drei Anwenderklassen enthalten. Je nach Ausprägung der zwei Komponenten erfolgt über eine Unterstützungsmatrix ein spezifischer Zugriff auf ein hinterlegtes Instrumentarium. Dieses wurde für das Gebiet der Strategischen Produkt- und Prozessplanung ausgeprägt.

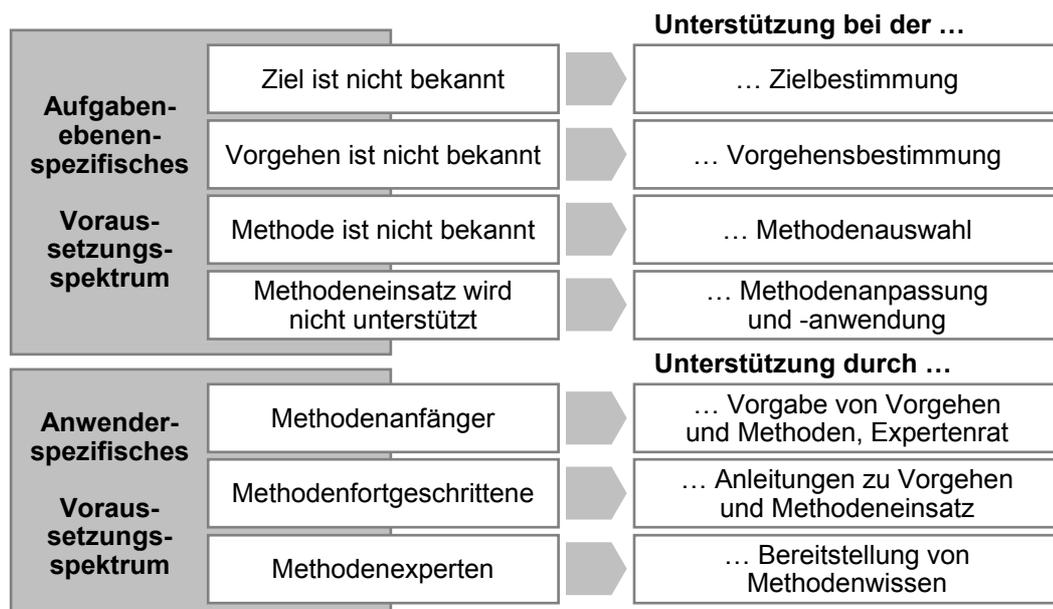


Bild 38: Voraussetzungsspektrum nach [BRAUN 2005, S. 108 UND S. 110]

Die aufgabenebenenspezifische Komponente sieht vier Ebenen an Aufgaben vor, die sich hinsichtlich der Verankerung der strategischen Planung im Unternehmen einerseits und bestehenden Vorgehensweisen zur strategischen Produktplanung andererseits unterscheiden [BRAUN 2005, S. 108-109.]. In der anwenderspezifischen Komponente unterscheidet BRAUN nach Methoden-Anfängern, Methoden-Fortgeschrittenen und Methoden-Experten [BRAUN 2005, S. 109 FF.]. Der Grad der Expertise bezieht sich darauf, inwieweit Produktplaner bereits mit methodischem Vorgehen vertraut sind bzw. inwieweit ein methodisch systematisches Vorgehen generell als „Arbeitskultur“ in den untersuchten mittelständisch geprägten Unternehmen etabliert ist. Die anwenderspezifische Unterstützung erfolgt derart, dass Methoden-Anfänger stärker „an die Hand genommen“ werden, d. h. geeignete Vorgehensweisen und Methoden werden vorgegeben bzw. vorausgewählt. Eine Systematik zur Ermittlung der Ausgangssituation des Unternehmens und zur Bestimmung strategischer Stoßrichtungen wird in Form von Entscheidungslogiken bereitgestellt. Bei Methoden-Experten erfolgt die Unterstützung hauptsächlich durch die Bereitstellung von Methodenwissen, z. B. in modularer Form [BRAUN 2005, S. 161].

3.2.5 Problematik und Fazit

Bei der Analyse des Stands der Forschung fällt auf, dass die Begriffe ‚Situation‘ und ‚Kontext‘ zwar häufig in der Literatur auftauchen, aber trotzdem „schwammig“ bleiben: entweder es wird gar nicht darauf eingegangen, auf welche Einflussgrößen Bezug genommen wird, oder es werden je nach Autor höchst unterschiedliche Beschreibungskriterien gebraucht, die je nach konkretem Betrachtungsfokus Relevanz besitzen. Dies erschwert den Vergleich unterschiedlicher Ansätze. Es mangelt an einer allgemein anerkannten Definition des Situationsbegriffs in der Produktentwicklung. Die Forschungsarbeit von REYMEN wird als Schritt in die richtige Richtung gesehen [REYMEN 2001]. Der vage und facettenreiche Charakter der Entwicklungssituation resultiert in der Schwierigkeit, Maßnahmen einer umfassenden situationsgerechten Unterstützung zu definieren, die evt. durch eine konsistente Verknüpfung einzelner Ansätze erreicht werden könnte. Der erste Schritt in Richtung einer situationsgerechten Unterstützung der Konzeptentwicklung ist es, eine greifbare Vorstellung darüber zu gewinnen, was unter ‚Situation‘ bzw. ‚Kontext‘ in Bezug auf die Produktentwicklung konkret zu verstehen ist, und welche Form die Unterstützung annehmen soll. MEIBNER ET AL. weisen auf das Problem hin, dass zwar etliche Ansätze existieren, den Kontext der Produktentwicklung aus verschiedenen Blickwinkeln zu analysieren, dass jedoch keine konkreten Hinweise existieren, wie diese Analyse in die Prozessunterstützung einfließen kann [MEIBNER ET AL. 2005]. Das Reflexionskonzept nach WALLMEIER dient z. B. primär der Analyse Kritischer Situationen, die Ableitung konkreter Handlungsempfehlungen auf Basis dieser Analyse wird jedoch nicht unterstützt [WALLMEIER 2001].

Es wurde gezeigt, dass sich die Entwicklungssituation prinzipiell durch eine Vielzahl von Kriterien beschreiben lässt, die Einfluss auf den Entwicklungsprozess und das Ergebnis nehmen. Manche Ansätze gehen dahin, dass ein umfangreiches Set an Kriterien bereit gestellt wird, das eine detaillierte Analyse und Bestimmung der Situation ermöglicht, z. B. mittels eines ‚Situationsanalysators‘ [GRÖBER 1992]. Je schneller eine derartige Situationserfassung möglich ist und je einfacher sich der Nutzerdialog gestaltet, desto höher ist vermutlich die

Akzeptanz beim Nutzer. GRÖBER beschreibt ein Anwendungsbeispiel, bei dem ein studentischer Entwickler im System 33 Fragen beantwortet, woraufhin ihm die Methode ‚Präzisieren der Aufgabenstellung‘ empfohlen wird [GRÖBER 1992, S. 194-199]. Eine derartig umfangreiche Analyse zu Beginn jedes Arbeitsschritts ist vermutlich unpraktikabel.

Die vorgestellten Ansätze bedeuten jeweils einen unterschiedlich hohen Aufwand für den Entwickler. WALLMEIER setzt den Aufwand seines Reflexionskonzepts mit mindestens einer halben Stunde pro Tag an und empfiehlt, die Reflexion am Ende des Arbeitstags durchzuführen. Ausschlaggebend für die Akzeptanz dieser Vorgehensweise ist nach HUTTERER der dazu erforderliche Zeitaufwand. Dass Entwickler nach getaner Arbeit am Feierabend diese zusätzliche Zeit aufbringen oder sich gar mit einem Onlinefragebogen beschäftigen möchten, bezweifelt er [HUTTERER 2005, S. 79]. Kritisch sieht er bei dem Ansatz nach REYMER neben dem erforderlichen Zeitaufwand auch die Tatsache, dass die Antworten nicht immer leicht fallen dürften, da die Checkliste auf sehr allgemeinem Niveau konzipiert wurde (Beispiel: „How do I feel about the activities about the product being designed?“). Es wurden ebenfalls im Verlauf des Kapitels Ansätze diskutiert, die sich mit einer formalisierten Beschreibung der Entwicklungssituation beschäftigen. Die Formalisierung kann sich zum einen auf die Darstellung bzw. Modellierung beziehen (z. B. [FRANKENBERGER 1997], [DEMERS 2000]) oder auf die verwendete Terminologie (ontologiebasierte Ansätze, z. B. [ERIS ET AL. 1999], [MABOGUNJE ET AL. 2002], [STORGA & ANDREASEN 2004] und [STORGA ET AL. 2005]). Eine Formalisierung bietet zwar eine Reihe von Vorteilen, stellt aber auch eine gewisse Hürde hinsichtlich der Anwendungsfreundlichkeit in der Praxis und bzgl. der Nutzerakzeptanz dar.

Eine umfassende, ganzheitliche Beschreibung der Situation erscheint sehr aufwändig und nicht unbedingt zu jedem Zeitpunkt im Entwicklungsprozess zweckmäßig. Unter Umständen ist nicht zu allen Merkmalen eine Aussage möglich, nicht jedes Merkmal ist in jeder Situation gleichermaßen relevant und nicht immer wird sich eine direkte Zuordnung passender Unterstützungsmöglichkeiten auf Basis der Situationskenntnis durchführen lassen. Ein neuer Lösungsansatz zur situativen Unterstützung des Entwicklungsprozesses muss somit hinsichtlich folgender Schlüsselfragen untersucht werden: Wie viel Aufwand ist für die Durchführung einer Situationsbestimmung in der Praxis gerechtfertigt? Welchen Nutzen bringt die Situationsbestimmung im Sinne einer Identifikation von adäquaten Unterstützungsmaßnahmen? Wann im Prozess und wie häufig sollte eine Situationsanalyse durchgeführt werden? Und wie sind Entwickler schließlich überhaupt trotz des damit verbundenen Aufwands dafür zu motivieren? Diese Aspekte stellen wesentliche Herausforderungen einer situativen Unterstützung des Entwicklungsprozesses dar.

3.3 Analyse studentischer Entwicklungsprojekte

Im Folgenden werden die theoretischen Überlegungen hinsichtlich der Beschreibung und Analyse von Entwicklungssituationen anhand der konkreten Entwicklungsprojekte gespiegelt, die im Rahmen dieser Arbeit die Grundlage der Betrachtung darstellen (vgl. Kapitel 2.3). Dabei werden für die Diskussion die in Bild 39 aufgelisteten Projekte herangezogen, und hinsichtlich ihrer Ausprägungen von gewissen Situationsmerkmalen verglichen. Zur besseren Verständlichkeit erhält jedes Projekt eine aussagekräftige Kurzbezeichnung.

Studienarbeit Autor(en)	Anton 2003, Walthert 2003	Braedt 2004	Lauer 2005	Kiefmann 2005, Kringinger 2005	Kuß 2005	Fuchs 2005, Norrefeldt 2005
Kurzbezeichnung d. Arbeit	Anzeigevorrichtung	Tug-Together	Tug-Together Fortsetzung	Skimesssystem	Liegerad-Umwerfer	Haartrockner
Merkmale aus dem Bereich ‚Entwicklungsaufgabe/Produkt‘						
Neuheitsgrad der Aufgabe	Vorgängerprodukt vorh.	Vollständige Neuentwickl.	Vorgängerprodukt vorh.	Vollständige Neuentwickl.	Neuentwickl. m. Vorbildern	Vollständige Neuentwickl.
Charakter des Produkts	Mechanik, Sensorik	Komplex mechatronisch	Komplex mechatronisch	Mechanik, Sensorik	Rein mechanisch	Mechanik, Elektrik
Komplexität der Aufgabe	Mittel	Sehr hoch	Hoch bis sehr hoch	Mittel	Gering bis mittel	Mittel
Freiheitsgrade bzgl. Produkt	Mittel	Sehr hoch	Gering bis mittel	Sehr hoch	Gering bis mittel	Sehr hoch
Merkmale aus dem Bereich ‚Entwickler/Team‘						
Größe des Teams	2 Entwickler im Team	Einzelner Entwickler	Einzelner Entwickler	2 Entwickler im Team	Einzelner Entwickler	2 Entwickler im Team
Wissen und Erfahrung	Hoch	Hoch	Hoch	Mittel	Hoch	Gering
Merkmale aus dem Bereich ‚Rahmenbedingungen‘						
Projektmotivation	Firma als Auftraggeber	Eigeninitiative	Überarbeitung Vorgänger	Institut als Auftraggeber	Eigeninitiative	Eigeninitiative
Verfügbarkeit v. Information	Sehr gut	Gut	Gut	Gut	Sehr gut	Mittel

Bild 39: Ausprägungen von Situationsmerkmalen in untersuchten Entwicklungsprojekten

Merkmale aus dem Bereich ‚Entwicklungsaufgabe/Produkt‘

Ein beliebtes Kriterium für die Einteilung von Entwicklungsaufgaben ist der ‚**Neuheitsgrad der Aufgabe**‘. In der Literatur wird hier gerne nach Neu-, Anpassungs- und Variantenentwicklung (bzw. -konstruktion) unterschieden ([EHRENSPIEL 2003, S. 240 FF.], [PAHL ET AL. 2005, S. 4]). Eine pauschale Kategorisierung ist jedoch mit Vorsicht zu genießen, da auch eine Neuentwicklung im Detail Komponenten oder Subsysteme enthalten kann, die nicht komplett neu entwickelt werden müssen, sondern bei denen bekannte Lösungen angepasst oder unverändert übernommen werden können. Im Projekt ‚Liegerad-Umwerfer‘ stellen die konventionellen Lösungen für Umwerfer-Systeme von normalen Rädern klare Vorbilder für die zu entwickelnde Lösung am Liegerad dar. Es wurden letztendlich zwei Gesamtkonzepte entwickelt: eine Lösung, die sich am existierenden, konventionellen Vorbild orientierte und damit als Anpassungskonstruktion bezeichnet werden kann, und eine zweite Lösung, die einen hohen Neuheitsgrad aufwies. In den Projekten ‚Tug-Together‘ und ‚Skimesssystem‘ existierte dahingegen kein explizites Vorbild, auf dem aufgebaut werden konnte, hier handelt es sich um komplette Neuentwicklungen. Ziel im Projekt ‚Tug-Together Fortsetzung‘ war die Optimierung des bestehenden Geräts aus dem Vorgänger-Projekt, u. a. hinsichtlich einer Gewichtsreduzierung. Hier ist am ehesten die Kategorie Anpassungskonstruktion zutreffend.

Das Merkmal ‚**Charakter des Produkts**‘ trifft eine Aussage über die Disziplinen bzw. das domänenspezifische Wissen, das für die Bearbeitung der Aufgabenstellung erforderlich ist. Dies hat wiederum Auswirkungen auf die Art der anwendbaren Vorgehensweisen und Methoden. Das Spektrum bewegt sich hier zwischen einem rein mechanischen Produkt (Projekt ‚Liegerad-Umwerfer‘) bis hin zu einem Produkt mit hochgradig mechatronischem Charakter (Projekt ‚Tug-Together‘). Die Bestimmung des Produktcharakters deutet bereits auf die Realisierung hin und ist daher evt. zu Projektbeginn nur eingeschränkt möglich.

In der aus DYLLA zitierten Kategorisierung der Merkmale konstruktiver Probleme wurde die ‚**Komplexität der Aufgabe**‘ als Kriterium mit vier möglichen Ausprägungen aufgeführt (Anlage, Maschine, Baugruppe, Bauteil) [DYLLA 1991, S. 35]. Auch hier soll das Merkmal zur Differenzierung herangezogen werden. Jedoch stellt sich die Frage, wie eine sinnvolle Unterscheidung der Projekte bzw. Produkte nach ihrer Komplexität aussehen kann. Zum einen ist Komplexität eine relative Größe: Ein Fahrrad stellt ein komplexeres Produkt dar als ein konventioneller Haushalts-Nussknacker und ist deutlich weniger komplex als ein Kraftwerk. Die Angabe der Komplexität auf einer absoluten Werteskala erscheint somit wenig sinnvoll. Die hier vorgenommene Einstufung dient daher mehr dem Vergleich der konkret betrachteten Projekte als der Positionierung auf einer absoluten Skala. Das Spektrum reicht von einer geringen bis mittleren Komplexität (Projekt ‚Liegerad-Umwerfer‘) bis hin zu einer sehr hohen Komplexität (Projekt ‚Tug-Together‘). Die restlichen Projekte liegen hinsichtlich ihrer Komplexität zwischen diesen beiden. Objektive Kriterien für die Bestimmung der Aufgabenkomplexität ergeben sich aus der Komplexität der Produktstruktur, für die unter anderem die Anzahl der Funktionen bzw. Bauteile und deren Vernetzung ein Indiz ist. Allerdings sind auch die Komplexität der Prozesse (Entwicklung, Produktion, Logistik etc.) und der Organisation (Anzahl der beteiligten Entwickler und Disziplinen) zu berücksichtigen.

Schließlich wurde das Kriterium ‚**Freiheitsgrade bezüglich des Produkts**‘ in die Betrachtung mit aufgenommen. In engem Zusammenhang stehen hier die Merkmale ‚Strukturiertheit der Aufgabe‘, ‚Deutlichkeit der Aufgabe‘ oder ‚Determiniertheit des Ergebnisses‘. All diese Merkmale drücken letztendlich aus, inwiefern zu Beginn des Prozesses eine klare Vorstellung darüber existiert, was eigentlich am Ende herauskommen soll. Ist das Ergebnis unbestimmt, hat der Entwickler gewisse Freiheitsgrade, je nach Geschmack und Fähigkeiten Art und Aussehen des Ergebnisses festzulegen [DORST 2003]. Unstrukturierte, grobe und undeutliche Aufgabenstellungen, die zu erhöhten Freiheitsgraden im Produkt führen, resultieren oft aus unklaren bzw. sich ändernden Kundenwünschen. Die Konkretisierung der Aufgabe ergibt sich oft erst auch mit der Bearbeitung. Eine retrospektive Klassifikation der Aufgabe ist hier, wie schon von SCHRODA angemerkt, kritisch zu sehen [SCHRODA 2000, S. 22]. Im Projekt ‚Liegerad-Umwerfer‘ hatte der Entwickler bereits zu Beginn eine sehr genaue Vorstellung von dem zu erreichenden Ergebnis, die Freiheitsgrade wurden als gering bis mittel eingestuft. Von vornherein wurden Lösungen ausgeschlossen, die zusätzliche Energiequellen (z. B. Stromquelle, Druckluftspeicher) benötigen. Dagegen waren die Freiheitsgrade im Projekt ‚Haartrockner‘ sehr hoch gewählt. Es sollte das Konzept eines „leisen Haartrockners“ entwickelt werden. Die Art und Weise, wie die Funktion der Haartrocknung ermöglicht werden sollte, wurde zu Beginn in keinsten Weise eingeschränkt.

Neben diesen Kriterien könnten durchaus weitere diskutiert werden. Diese spezifische Auswahl an Merkmalen diene in erster Linie der Charakterisierung der untersuchten Aufgabenstellungen und der Verdeutlichung von Ähnlichkeiten und Unterschieden in den Projekten. Ebenfalls wird an diesen konkreten Beispielen die Schwierigkeit verdeutlicht, ein eindeutiges und objektives Raster zur Klassifikation von Entwicklungsaufgaben aufzustellen. Ferner ist keine klare Trennschärfe zwischen den Kriterien realisierbar, da beispielsweise in die Komplexität der Aufgabe auch Aspekte einfließen, die den Neuheitsgrad der Aufgabe, den Charakter des Produkts und die Zahl der Freiheitsgrade kennzeichnen.

Merkmale aus dem Bereich ‚Entwickler/Team‘

Der Entwickler wurde neben der Aufgabe als wichtiger Bestandteil der Situation identifiziert. Zunächst wird als Kriterium die ‚**Größe des Entwicklungsteams**‘ betrachtet. Die Studenten arbeiteten entweder als einzelne Entwickler (Projekte ‚Tug-Together‘, ‚Tug-Together Fortsetzung‘ und ‚Liegerad-Umwerfer‘) oder in Zweierteams (Projekte ‚Anzeigevorrichtung‘, ‚Skimesssystem‘ und ‚Haartrockner‘) an ihren Aufgaben. Die Zweierteams waren zudem äußerst homogen (gleiche Fachrichtung, gleiches Semester, ähnlicher Erfahrungsstand hinsichtlich Methoden etc.). An gewissen Stellen in den Projekten wurde der Kreis der Beteiligten jedoch erweitert. So wurden in der Regel für Kreativsitzungen oder Lösungsbewertungen weitere Personen hinzugezogen (Kommilitonen, Betreuer, Auftraggeber etc.).

Ein weiterer Aspekt, der die Projekte charakterisiert, und bei dem zum Teil deutliche Unterschiede festzustellen waren, sind ‚**Wissen und Erfahrung**‘ der beteiligten Studenten, sowohl in fachlicher wie auch methodischer Hinsicht. Studenten beginnen in der Regel die Arbeit an einem studentischen Entwicklungsprojekt im Rahmen einer Studienarbeit, nachdem sie die zugehörigen Vorlesungen gehört haben. Einige besitzen zudem schon „praktische“ Erfahrungen in der Anwendung der Vorgehensweisen und Methoden. Beispielsweise hatte der Student, der das Projekt ‚Liegerad-Umwerfer‘ bearbeitete, bereits an dem vom Lehrstuhl angebotenen Entwicklungsmethodenpraktikum teilgenommen. Zudem besaß er eine langjährige Erfahrung als Benutzer und Entwickler von Liegerädern, so dass auch fachliche Kompetenz vorlag. Jedoch gibt es auch Studenten, die zu Beginn des Projekts wenige Kenntnisse und Erfahrungen im Umgang mit Methoden besitzen. Dies war bei den beiden Studenten im ‚Haartrockner‘-Projekt der Fall, die angaben, dass sie vor dem Projekt bisher keinerlei Kontakt mit systematischer Produktentwicklung gehabt hatten.

Weitere Faktoren aus diesem Themenbereich, die Auswirkungen auf das Vorgehen und den Methodeneinsatz haben können, sind beispielsweise Motivation⁵, Abstraktionsfähigkeit und Problemlösefähigkeit. Diese wurden ebenfalls abgefragt, werden aber nicht weiter vertieft.

Merkmale aus dem Bereich ‚Rahmenbedingungen‘

Die hier betrachteten Projekte stellen Universitätsprojekte dar, deren Rahmenbedingungen bereits in Kapitel 2.4.2 näher charakterisiert und mit denen von Konstruktionsexperimenten sowie Industrieprojekten verglichen worden waren. Hinsichtlich der Initiative für das Projekt bzw. die ‚**Projektmotivation**‘ gibt es Unterschiede. Bei einigen Projekten existierte ein konkreter externer Auftraggeber (z. B. im Projekt ‚Anzeigevorrichtung‘ ein Industrieunternehmen und im Projekt ‚Skimesssystem‘ ein Institut für Sportwissenschaften). In anderen Fällen wurde das Projekt vom Entwickler selbst angestoßen, aus dem Interesse für eine bestimmte Thematik heraus, um für Schwachstellen in aktuellen Produkten neuartige Lösungsansätze zu generieren (z. B. in den Projekten ‚Liegerad-Umwerfer‘ und ‚Haartrockner‘).

⁵ Die Erfassung der Merkmale erfolgte in dieser Arbeit über ein von den Studenten selbst auszufüllendes Formblatt. Es wurden keine objektiven Verfahren zur Erfassung von Personeneigenschaften eingesetzt (wie beispielsweise bei [GÜNTHER 1998]). Dies führte dazu, dass z. B. fast alle Studenten ihre Motivation als ‚überdurchschnittlich hoch‘ einschätzten.

Der Projektrahmen hat auch Einfluss auf die ‚**Verfügbarkeit von Information**‘, die sich entscheidend auf den Projektfortschritt auswirkt. Das Entwicklerteam im Projekt ‚Anzeigevorrichtung‘ hatte einen sehr guten Zugang zu benötigter Information, da sowohl auf Datenspeicher als auch auf relevante Ansprechpartner in der Firma zurückgegriffen werden konnte. Das Team im ‚Haatrockner-Projekt‘ tat sich da schwerer, da das Projekt von keinem Unternehmen in Auftrag gegeben worden war, und die kontaktierten Hersteller nur bedingt relevante Produktinformationen zur Verfügung stellen konnten.

Einen weiteren Einfluss auf die Projektbearbeitung besitzt die Rolle des Lehrstuhl-Betreuers. Manche Betreuer lassen ihren Studenten einen gewissen Freiraum und geben von Zeit zu Zeit Feedback und unterstützende Hinweise, erwarten von den Studenten aber im Prinzip eine hohe Selbstständigkeit. Andere Betreuer sind stärker in das Projekt involviert und formulieren gewisse Vorgaben in Bezug auf Vorgehensweise und Methodenanwendung. Dies ist bei der Prozessanalyse zu berücksichtigen, um die Aussagekraft der Ergebnisse nicht zu gefährden. Die Merkmale der Entwicklungssituation werden im Laufe der Arbeit wieder aufgegriffen, wenn die Vorgehensweise im Projekt (Kapitel 4.1.5) und der Einsatz von Entwicklungsmethoden (Kapitel 4.2.5) in den einzelnen Studentenprojekten untersucht werden.

3.4 Anforderungen an einen Lösungsansatz

Die vorangegangenen Ausführungen stellten eine intensive Auseinandersetzung mit dem Begriff der Entwicklungssituation dar. Eine situative Unterstützung der Konzeptentwicklung hat sich demnach an den Ausprägungen der Kriterien in den Bereichen ‚Entwicklungsaufgabe/Produkt‘, ‚Entwickler/Team‘ und ‚Rahmenbedingungen‘ zu orientieren. Im Folgenden werden Anforderungen an einen Ansatz zur Unterstützung der Konzeptentwicklung unter Berücksichtigung der Entwicklungssituation aufgestellt.

In Bezug auf die Art und Inhalte der zu unterstützenden Prozesse ist zunächst ein geeignetes Maß der **Granularität** der Betrachtung zu wählen. Hier soll die Unterstützung auf der Ebene operativer Arbeitsschritte ansetzen. Eine Orientierung an übergeordneten Phasen (Produktplanung, Produktkonzipierung, Entwurf etc.) ist zu grob und bietet keine echte Unterstützung für den operativen Kontext der Produktentwicklung. Ebenso wenig wird eine Unterstützung auf der Ebene von Elementarhandlungen verfolgt, da diese sehr dynamisch, vielfältig und von Intuition geprägt sind. Ein präskriptiver Ansatz auf dieser Ebene, der gleichzeitig pragmatisch ist und den Arbeitsfluss nicht unnötig stört, erscheint nur schwer realisierbar.

Ferner ergeben sich Anforderungen an die **Spezifität** der Unterstützung. Je exakter eine Situation definiert ist, desto spezifischer kann die Unterstützung erfolgen. Andererseits werden Ansätze, die sich in konkreten Situationen bewährt haben, oft verallgemeinert dargestellt, um deren Anwendbarkeit in einer Vielzahl von Situationen zu gewährleisten. Findet eine zu starke Verallgemeinerung statt, ist die Übertragung auf neue Situationen und die damit verbundene Konkretisierung erschwert. In Bezug auf die Schaffung einer situationsgerechten Prozessunterstützung gilt somit die Anforderung, ein möglichst einfaches und damit praktikables Werkzeug zur Erfassung der Situation und Ableitung geeigneter Maßnahmen zu schaffen. Dies bedeutet, dass die Situationsbeschreibung auf möglichst wenige, aber aussagekräftige Kriterien zu reduzieren ist. Hier ist ein adäquates Maß an Allge-

meingültigkeit zu erreichen (diese stellt das Inverse zur Spezifität dar). Der Ansatz darf damit keinen zu stark generischen Charakter aufweisen. Auf der anderen Seite soll der Lösungsansatz nicht lediglich für hochspezifische Problemstellungen Gültigkeit besitzen, beispielsweise für die montagegerechte Entwicklung eines Mountainbikes. Eine zu erarbeitende Form der Situationsbeschreibung soll es ermöglichen, eine Vielzahl technischer Aufgabenstellungen, wie sie bereits beispielhaft in Kapitel 3.3 anhand studentischer Entwicklungsprojekte diskutiert worden sind, in geeigneter Form zu adressieren.

Die **Eignung des Lösungsansatzes** lässt sich somit daran messen, inwiefern ein adäquates Maß der Granularität und Spezifität erreicht wird. Der Lösungsraum für den in dieser Arbeit zu entwickelnden Ansatz lässt sich anschaulich darstellen als ein Teilbereich in der Ebene, die durch die Dimensionen der Granularität und Spezifität aufgespannt wird (siehe Bild 40). Die Dreiteilung der Skala auf jeder der beiden Achsen ist nicht als eindeutige und strenge Abstufung aufzufassen, sondern soll lediglich der Orientierung dienen. Es ist anzunehmen, dass bei einer Anwendung des Modells die Übergänge tendenziell fließend sind. Das Modell wird in den folgenden Kapiteln weiter aufgegriffen und dient vor allem einer vergleichenden Einordnung von Ansätzen hinsichtlich ihrer Granularität und Spezifität.

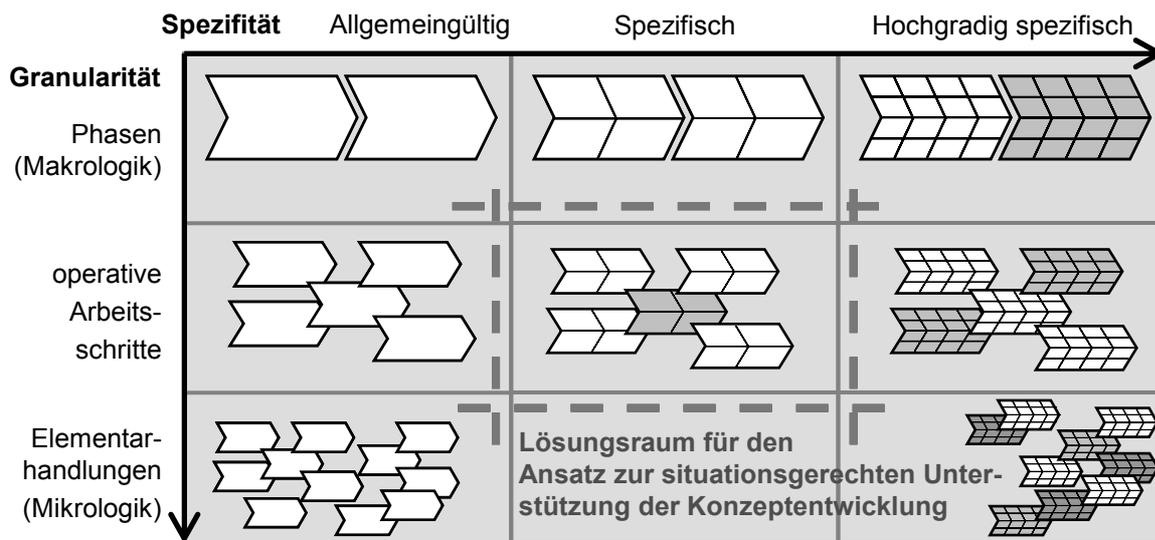


Bild 40: Lösungsraum für einen Ansatz zur situationsgerechten Prozessunterstützung

Das **Anwendungsgebiet** bzw. Problemfeld für die Zwecke dieser Arbeit ist wie bereits angesprochen die Entwicklung von Lösungskonzepten für technische Aufgabenstellungen, kurz als Konzeptentwicklung bezeichnet. Dieser Bereich wurde gewählt, da er zum einen im Rahmen der Produktentwicklung eine bedeutende Rolle einnimmt, zum anderen gerade hier noch sehr viele Herausforderungen und Potenziale für eine verbesserte Unterstützung existieren, was in Kapitel 3.1 ausführlich diskutiert wurde. Um dem wissenschaftlichen Anspruch der Arbeit zu genügen, soll die Herleitung des Lösungsansatzes an sich jedoch möglichst allgemein erfolgen, sodass auch eine Übertragung auf andere Bereiche innerhalb der Produktentwicklung (z. B. Entwurf und Ausarbeitung) als auch außerhalb (z. B. Fertigungsplanung) denkbar ist. Es wird also Wert auf eine zweistufige Herangehensweise gelegt: auf eine allgemeine Herleitung einerseits und auf eine spezifische Ausprägung für das Anwendungsgebiet der Konzeptentwicklung andererseits.

4 Bestehende Ansätze für eine systematische Produktentwicklung

In diesem Kapitel wird der Stand der Forschung im Lösungsfeld der Arbeit untersucht, d. h. es werden bestehende Ansätze zur Unterstützung einer systematischen Produktentwicklung beschrieben. In Kapitel 4.1 wird auf Lösungsansätze zur Unterstützung eines systematischen Vorgehens im Entwicklungsprozess eingegangen, insbesondere auf Inhalte und Anwendung von Vorgehensmodellen der Produktentwicklung. Im Anschluss werden in Kapitel 4.2 Ansätze zur Unterstützung eines gezielten Methodeneinsatzes diskutiert, was sich vor allem auf die Mechanismen des Methodeneinsatzes sowie die Aufbereitung und Bereitstellung von Methodeninformationen bezieht. Neben diesen zwei zentralen Themen werden in Kapitel 4.3 weitere Themengebiete adressiert, die ebenfalls für die Arbeit von Relevanz sind: Erkenntnisse der Denkpsychologie, der Einsatz von Produktmodellen sowie das Informations- und Wissensmanagement. Nach der Vorstellung dieser Ansätze erfolgt in Kapitel 4.4 eine Spiegelung an den Anforderungen an den Lösungsansatz dieser Arbeit. Hieraus werden Defizite in der situativen Unterstützung einer methodischen Konzeptentwicklung abgeleitet und der Handlungsbedarf für den zu generierenden Lösungsansatz konkretisiert.

4.1 Unterstützung eines systematischen Vorgehens

Zur Unterstützung des Vorgehens im Entwicklungsprozess wurden in der Vergangenheit zahlreiche Vorgehensmodelle entwickelt. Diese beschreiben in deskriptiver Form Aktivitäten der handelnden Personen im Entwicklungsprozess oder geben Aktivitäten im Sinne von auszuführenden Aufgaben präskriptiv vor. Es wird zunächst eine Begriffsklärung vorgenommen, gefolgt von der Untersuchung, mit welchen Parametern Prozesse und Aufgaben beschrieben werden können. Sodann wird ein Überblick über Vorgehensmodelle der Produktentwicklung mit Relevanz für diese Arbeit gegeben. Ferner wird erläutert, wie diese Vorgehensmodelle im Entwicklungsprozess eingesetzt werden können. Ebenfalls findet eine Untersuchung hinsichtlich des konkreten Umgangs mit Vorgehensmodellen durch Studenten bei der Bearbeitung von Entwicklungsaufgaben statt. Schließlich werden die Probleme mit dem Einsatz von Vorgehensmodellen zusammengefasst und ein Fazit gezogen.

4.1.1 Begriffsklärung: Vorgehen, Prozesse, Aufgaben

Unter **Vorgehen** (auch: Vorgehensweise) wird eine Abfolge einzelner Handlungen im Entwicklungsprozess verstanden. **Vorgehensmodelle** zeigen wichtige Elemente einer Handlungsfolge entweder im Sinne einer deskriptiven Beschreibung oder einer präskriptiven Vorgabe von Arbeitsschritten auf. In der empirischen Konstruktionsforschung wurde durch die Beobachtung von Entwicklern unter Laborbedingungen und in der Praxis erfolgreiches Vorgehen identifiziert und analysiert (siehe Kapitel 2.4.2). Wenn Beteiligte in konkreten Entwicklungsprozessen oder externe Prozessbeobachter erkennen, welches Vorgehen je nach Situation zum Erfolg führt und diese Erfahrungen kumuliert und reflektiert werden, ist es

möglich, bestimmte wiederkehrende Muster abzuleiten und allgemeine Handlungsempfehlungen zu formulieren. Derartige Muster werden in der Regel in allgemeiner, abstrahierter Form als Vorgehensmodelle beschrieben mit dem Anspruch, dass sie für eine Vielzahl von Entwicklungssituationen Gültigkeit besitzen. Aus deskriptiven Beschreibungsformen können somit präskriptive Handlungsanweisungen entstehen [LINDEMANN 2007, S. 36]. Vorgehensmodelle bilden also inhaltliche Vorgaben bzw. Empfehlungen hinsichtlich durchzuführender Arbeitsschritte und ihrer zeitlichen Abfolge ab. Sie repräsentieren dabei allgemeine Muster auf einer Meta-Ebene, die für eine konkrete Anwendung in realen Prozessen auf den Kontext hin (Unternehmen, Projekt, Produkt etc.) auszurägen sind.

Der Begriff **Prozess** (lateinisch: processus = Fortgang, Verlauf) bezeichnet allgemein einen Verlauf, Ablauf, Hergang oder eine Entwicklung [BROCKHAUS 1996, BAND 17, S. 274]. Etwas spezifischer wird der Begriff Prozess als ein Satz von in Wechselbeziehungen stehenden Mitteln und Tätigkeiten, die Eingaben in Ergebnisse umgestalten, definiert [DIN EN ISO 8402 1994, S. 6]. Zu den Mitteln können Personal, Finanzen, Anlagen, Einrichtungen, Techniken und Methoden gehören. Ein **Arbeitsschritt** wird als ein Prozessschritt auf operativer Ebene aufgefasst, der Bestandteil von übergeordneten Prozessschritten bzw. Phasen der Produktentwicklung ist. Vorgehensmodelle stellen eine gute Grundlage für die inhaltliche Ausprägung von **Prozessmodellen** dar, da die durchzuführenden Aktivitäten zentrale Inhalte von Prozessmodellen sind. Für die Erarbeitung von Prozessmodellen werden zusätzlich Methoden der Prozessmodellierung benötigt, deren Zweck die formale Beschreibung von Prozessen ist.

Eine **Aufgabe** definiert FRESE als die Verpflichtung, eine vorgegebene Handlung durchzuführen [FRESE 1980, S. 207]. Als Aufgabe kann auch ein zu erfüllendes Handlungsziel bzw. eine durch physische oder geistige Aktivitäten zu verwirklichende Soll-Leistung aufgefasst werden. Eine Aufgabe in der Definition nach FRESE beschreibt somit sowohl die Handlung als auch das Ziel, den angestrebten Zustand. Im Sinne dieser Arbeit soll der Begriff Aufgabe mit der durchzuführenden Handlung verbunden werden. Die Elemente von präskriptiven Vorgehensmodellen werden als Aufgaben aufgefasst, ein Vorgehen setzt sich demnach aus einer bestimmten Folge von Aufgaben zusammen, die im Entwicklungsprozess bearbeitet werden. Die Ausführung einer Aufgabe stellt wiederum einen Prozess dar. Eine **Aktivität** ist Bestandteil einer Aufgabe oder eines Prozesses.

Aufgaben auf operativer Ebene sind von der übergeordneten **Entwicklungsaufgabe** zu unterscheiden. Letztere bezieht sich auf das Gesamtergebnis eines Entwicklungsprozesses (z. B. ‚Entwicklung eines innovativen Klappprads‘). Aufgaben auf der Ebene operativer Handlungen bzw. Arbeitsschritte beziehen sich auf Zwischenziele (z. B. ‚Bewertung alternativer Gesamtkonzepte‘). Um Aufgaben auf operativer Ebene von der Gesamtaufgabe zu unterscheiden, wird die übergeordnete Gesamtaufgabe im Folgenden als ‚Entwicklungsaufgabe‘ bezeichnet, mit ‚Aufgabe‘ sind Teilaufgaben auf operativer Ebene gemeint.

Die Begriffe **Problem und Aufgabe** werden in dieser Arbeit anders aufgefasst als in der Definition nach EHRENSPIEL (vgl. Kapitel 3.1.4). Bei EHRENSPIEL liegt der Unterschied zwischen beiden Begriffen in der Bekanntheit der Ziele und Mittel [EHRENSPIEL 2003, S. 53]. In der Auffassung dieser Arbeit hat der Begriff Problem starken Bezug zu einer Situation bzw. einem Zustand (Diskrepanz zwischen Ist- und Soll-Situation). Die Aufgabe hat, wie oben definiert, Bezug zu den notwendigen Handlungen, um das Problem zu lösen.

4.1.2 Beschreibung und Modellierung von Aufgaben und Prozessen

Prozessmodelle bilden in der Regel mehr Informationen ab als lediglich die Art und Reihenfolge von Aufgaben bzw. Aktivitäten, wie sie in Vorgehensmodellen beschrieben werden. Für die Unterstützung konkreter Entwicklungsprozesse sind Vorgehensmodelle und Methoden der Prozessmodellierung in geeigneter Kombination auszuwählen und anzuwenden. Eine Übersicht über verfügbare Methoden der Prozessmodellierung und deren Vergleich ist beispielsweise [BICHLMAIER 2000, S. 43 FF.] zu entnehmen. In Bild 41 sind exemplarisch die Elemente von Prozessbeschreibungen der Methode SADT (Structured Analysis and Design Technique) [MARCA & MCGOWAN 1989] und der Methode der Entwicklungsprozessbausteine [BICHLMAIER 2000, S. 79] dargestellt.

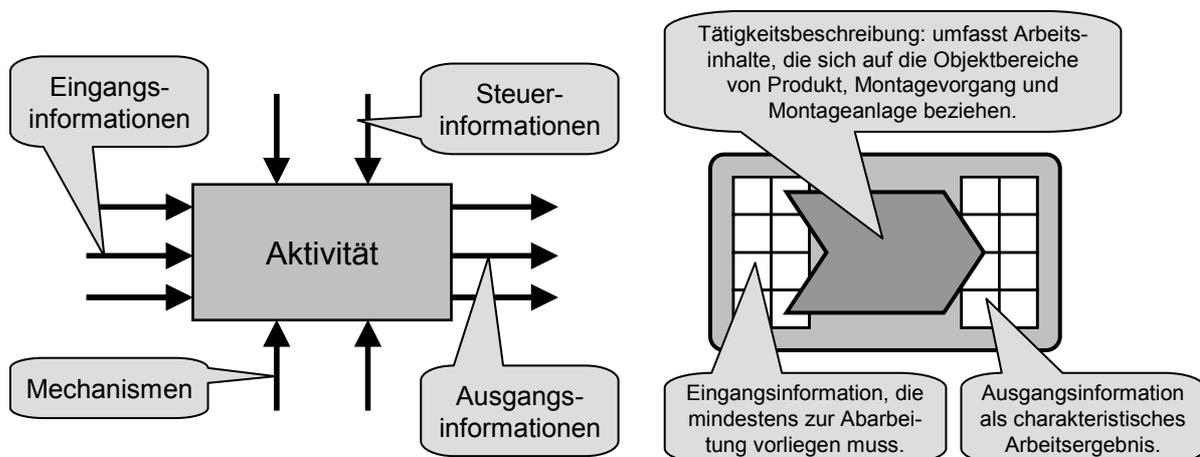


Bild 41: Prozessmodellierung mit SADT ([MARCA & MCGOWAN 1989], links im Bild) und Entwicklungsprozessbausteinen ([BICHLMAIER 2000, S. 79], rechts im Bild)

Die Methode der **Prozessbausteine** zur Gestaltung von Entwicklungsprozessen wurde von BICHLMAIER & GRUNWALD begründet [BICHLMAIER & GRUNWALD 1998]. In weiteren Arbeiten wird die Methode oder der Ausdruck ‚Prozessbaustein‘ wieder aufgegriffen (z. B. [MURR 1999], [FREISLEBEN 2001], [REDENIUS 2006]). Entwicklungsprozessbausteine nutzen die Vorteile von Vorgehensmodellen, die eine inhaltliche Hilfestellung bieten, sowie des Projektmanagements, das eine operative und organisatorische Hilfestellung bietet, um letztendlich eine effektive Prozessgestaltung zu ermöglichen [BICHLMAIER 2000, S. 78]. Wesentliche Merkmale der Prozessbausteine nach BICHLMAIER & GRUNWALD sind der bereichsübergreifende Arbeitsinhalt sowie die Beschreibung der Ein- und Ausgangsinformation. Es wird eine integrierte Gestaltung von Prozessen der Konstruktion und Montageplanung verfolgt. Die wesentlichen Gestaltungsobjekte sind das Produkt, der Montagevorgang und die Montageanlage.

Ein Kernmerkmal des Einsatzes von Prozessbausteinen ist deren Vernetzung zu einem Prozessnetz zum Zwecke der Prozessablaufoptimierung. Für die Arbeit mit Prozessbausteinen wurden zwei Werkzeuge entwickelt: ein **Prozessbaukasten** (Speicher für Prozessbausteine) und ein Prozessmodellierer (Modellierung von Entwicklungsprozessen in Form eines Prozessnetzes) [BICHLMAIER 2000, S. 84-85]. Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der inhaltlichen Bestimmung geeigneter Vorgehensschritte bzw. Aufgaben im Entwicklungsprozess, nicht auf der formalen Prozessmodellierung. Daher ist hier primär das Konzept des Prozessbaukastens von Interesse.

4.1.3 Vorgehensmodelle der Produktentwicklung

Vergleicht man einzelne Vorgehensmodelle, die für die Produktentwicklung relevant sind, ist zunächst zu berücksichtigen, dass die **Granularität** der Betrachtung hierbei ebenso wie bei der Prozessbetrachtung (siehe Kapitel 3.1.2) eine wesentliche Rolle spielt. Vorgehensmodelle können Handlungen auf der Ebene elementarer Denk- und Handlungsabläufe wiedergeben (Mikrologik) und haben hier tendenziell deskriptiven Charakter. Daneben können Vorgehensmodelle Vorgänge auf der Ebene operativer Arbeitsschritte beschreiben. Schließlich existieren Vorgehensmodelle, welche größere Arbeitsabschnitte bzw. Phasen darstellen (Makrologik) und in der Regel präskriptiven Charakter besitzen. Die Übersicht in Bild 42 ist angelehnt an Darstellungen in [EHRENSPIEL 2003, S. 257] und [LINDEMANN 2007, S. 38]. In einem realen Prozess ist es oftmals notwendig, zwischen diesen Stufen der Granularität wiederholt zu wechseln. Dieser Wechsel vom Groben zum Detail und umgekehrt entspricht einem der wesentlichen Grundprinzipien des Systemdenkens. Je nachdem, auf welchem Auflösungsgrad der Entwicklungsprozess betrachtet wird, ändern sich auch die Vorgehensmodelle, die zur Planung, Orientierung oder Reflexion herangezogen werden können.

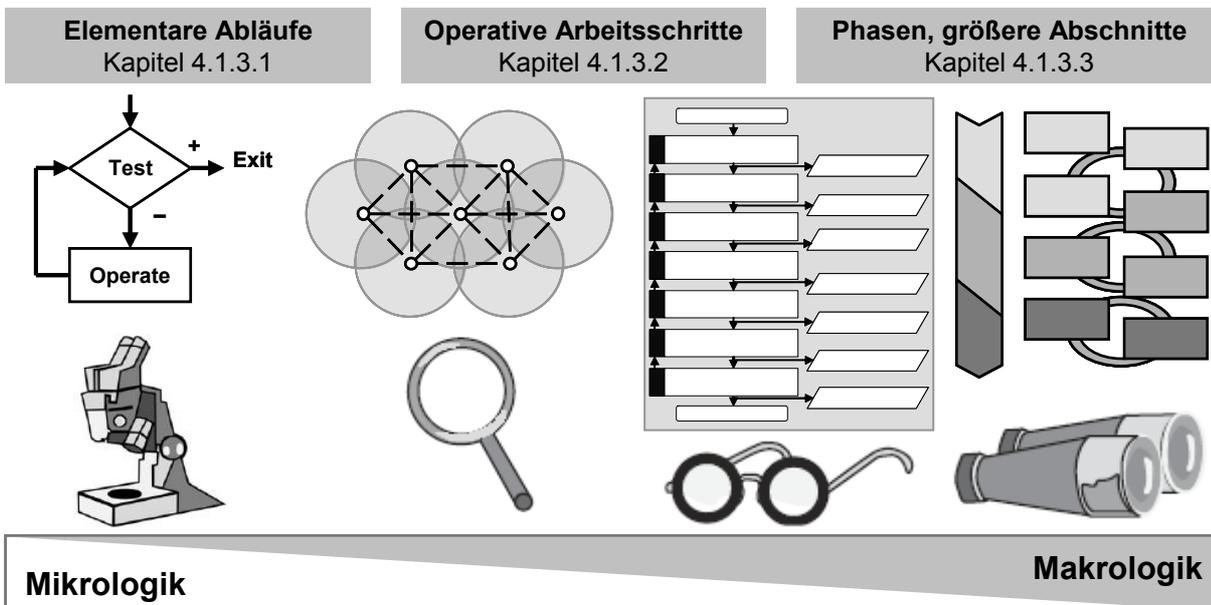


Bild 42: Unterschiedliche Prozessgranularität und anwendbare Vorgehensmodelle

Im Folgenden wird auf ausgewählte Vorgehensmodelle auf verschiedenen Ebenen der Granularität eingegangen. Ähnliche Übersichten über bekannte Vorgehensmodelle der Produktentwicklung finden sich z. B. bei [BRAUN 2005, S. 29] und [LINDEMANN 2007, S. 39]. Es besteht hier nicht der Anspruch auf eine vollständige Wiedergabe existierender Vorgehensmodelle, dies würde den Rahmen der Arbeit sprengen und ist aufgrund der Vielzahl an verfügbaren Modellen vermutlich gar nicht möglich. Insbesondere werden ältere Vorgehensmodelle aus den Ursprüngen der Konstruktionsmethodik ausgeklammert. Hier sei der Leser beispielsweise auf die Arbeit von BENDER verwiesen, der sich ausführlich mit den Ansätzen von Reuleaux, Wögerbauer, Kesselring, Hansen, Rodenacker, Hubka, Roth, Koller und anderen beschäftigt [BENDER 2004, S. 13 ff.]. Zweck der Übersicht hier ist es, wichtige Charakteristika von Vorgehensmodellen mit Relevanz für den Lösungsansatz herauszuarbeiten und zu diskutieren.

4.1.3.1 Vorgehensmodelle zur Beschreibung elementarer Abläufe

Die folgenden Modelle (siehe Bild 43) stellen Beschreibungen des natürlichen Vorgehens bei der Problemlösung bzw. Denk- und Handlungsabläufe auf elementarer Ebene (Mikrologik) dar. Psychologen erforschen schon seit einigen Jahrzehnten menschliches Verhalten bei der Problemlösung, um Erklärungen für gewisse Verhaltensweisen zu finden, was in der Ableitung zahlreicher deskriptiver Modelle resultierte.

Vorgehensmodell	Charakteristika
TOTE-Modell: Test-Operate-Test-Exit [Miller et al. 1973]	Einfacher Rückkopplungskreis, der als Grundelement des Verhaltens angesehen werden kann
VVR-Zyklus: Vergleich-Veränderung-Rückmeldung [Hacker 1998]	Offener Regelkreis unter Berücksichtigung von Führungsvorgaben und Rückwirkungen aus der Umwelt
DPS: Discursive Problem Solving [Wulf 2002]	Formulierung von abstrakten Zielformulierungen aus der konkreten Prozesssituation heraus
Reflection-in-action: Name-Frame-Move-Evaluate [Schön 1983]	Mechanismus der reflektiven Konversation mit der Situation im Paradigma des Reflexiven Handelns

Bild 43: Vorgehen auf Ebene elementarer Denk- und Handlungsabläufe (Mikrologik)

Eines der bekanntesten und am meisten zitierten Modelle ist das **TOTE-Modell**, auch TOTE-Schema oder TOTE-Einheit genannt [MILLER ET AL. 1973]. Die Einheit bestehend aus den Schritten Test-Operate-Test-Exit ist ein Rückkopplungskreis, den man als das Grundelement des Verhaltens ansehen kann. Neben der Rückkopplung lassen sich Hierarchien darstellen, so dass das TOTE-Modell sowohl strategische wie taktische Verhaltenseinheiten zu beschreiben vermag. Die Handlungsphase einer TOTE-Einheit höherer Ordnung kann selbst wieder aus einer Kette von anderen TOTE-Einheiten bestehen und jede von diesen ihrerseits noch eine andere Kette enthalten usw. [MILLER ET AL. 1973, S. 39].

Die als **VVR-Einheit** bezeichnete regulative Funktionseinheit stellt eine Erweiterung des TOTE-Schemas dar [HACKER 1998, S. 215]. Die Abkürzung steht für die Abfolge Vergleich-Veränderung-Rückmeldung. Das Modell berücksichtigt gegenüber der TOTE-Einheit den Bezug auf unterschiedlich konkretisierte, bewertete Ziele aus selbstgestellten bzw. übertragenen Aufgaben als angestrebte Resultate und als Vergleichsmuster sowie die Veränderung der Umwelt durch das Handeln. Es liegt somit kein nach außen abgeschlossener, sondern ein für Führungsvorgaben und Umweltrückwirkungen offener Kreisprozess vor. Analog zum TOTE-Schema können die regulierenden Funktionseinheiten hierarchisch ineinander verschachtelt gegliedert werden, um damit umfassende Aktionsprogramme aufzubauen.

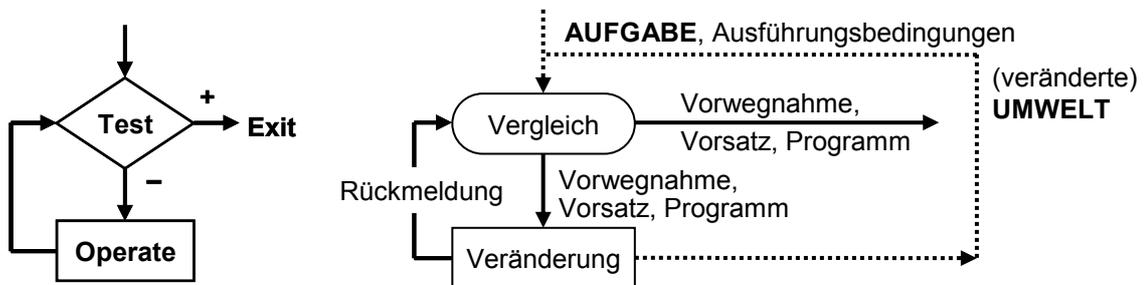


Bild 44: Links: TOTE-Modell [MILLER ET AL. 1973], rechts: VVR-Einheit [HACKER 1998]

Auf den Modellen der Psychologie baut das Modell des **Discursive Problem Solving (DPS)** bzw. der diskursiven Lösungssuche auf ([WULF 2002], zitiert nach [LINDEMANN 2007, S. 40]). Hier wird insbesondere die Zielorientierung des Handelns betont, die für Aktivitäten im Bereich der Produktentwicklung von hoher Bedeutung ist. Diese findet sich im Modell in Schritten der abstrakten Formulierung von Zwischenzielen vor und während der Lösungssuche wieder. Nach Ansicht von WULF verbieten sich methodische Ansätze, die versuchen, Zielformulierungen mit Hilfe algorithmischer Schemata aus vorhandenen Eingabeparametern abzuleiten. Anzustreben ist vielmehr das freie Äußern kreativer abstrakter Zielformulierungen aus konkreten Prozesssituationen heraus [WULF 2002, S. 73].

SCHÖN beschreibt einen Mechanismus des Design (‘mechanism of design’), der Aktivitäten ebenfalls auf einer sehr elementaren Ebene beschreibt. Der Zyklus der **‘reflection-in-action’** oder **‘reflective practice’** ist ein Prozess, der aus der Sequenz name-frame-move-evaluate besteht ([SCHÖN 1983], zitiert nach [DORST 1997, S. 74]). Im ersten Schritt (‘name’) werden die Objekte, die in der konkreten Entwicklungssituation zu betrachten sind, ausgewählt und benannt. Sodann werden sie in einen Kontext gebracht (‘frame’), eine individuelle Perspektive auf die Entwicklungsaufgabe wird generiert. Im Anschluss wird eine Entwicklungsaktivität ausgeführt (‘move’) und beurteilt (‘evaluate’). Die Beurteilung führt zur Zufriedenheit mit dem Resultat, zu weiteren Aktivitäten oder zur Neuformulierung des Problems (‘reframe’). Darüber hinaus kann eine komplett neue Beschäftigung mit der Aufgabe nötig werden, was den Entwickler dazu veranlasst, neue Objekte für die weitere Betrachtung zu benennen.

4.1.3.2 Vorgehensmodelle zur Beschreibung operativer Arbeitsschritte

In diesem Abschnitt werden allgemeine Vorgehensmodelle zur Beschreibung operativer Arbeitsschritte diskutiert. Auf dieser Ebene nimmt das Handeln einen starken Problemlösecharakter an. Die meisten der hier betrachteten Vorgehensmodelle legen daher ihren Fokus auf die Problemlösung (siehe Bild 45). In allen Problemlösemodellen existiert ein gemeinsames Grundmuster [LINDEMANN 2007, S. 41]: die Klärung des Ziels bzw. Problems, die Generierung von Lösungen und die Herbeiführung von Entscheidungen im Sinne einer Bewertung und Lösungsauswahl. Worin sich die Modelle letztlich unterscheiden, sind mehrere Aspekte, unter anderem die exakte Benennung, Gesamtanzahl und Reihenfolge einzelner Schritte, die Aufteilung des Grundmusters in Unterschritte sowie die grafische Darstellung des Modells. Außerdem heben manche Modelle zusätzliche Aspekte explizit hervor, die in den drei „Hauptschritten“ der Problemlösung noch nicht, oder nur implizit, enthalten sind.

Das von DÖRNER & WEARING beschriebene **GRASCAM-Modell**⁶ (‘General Recursive Analytic Synthetic Constellation Amplification’) ist deskriptiver Natur und dient daher vorwiegend der Beschreibung eines Vorgehens [DÖRNER & WEARING 1995]. Im Modell finden sich aus der Entwicklungsmethodik bekannte Schritte aus psychologischer Sicht beschrieben wieder. Ein Schwerpunkt liegt im Gegensatz zu anderen Modellen auf der Prognose und Extrapolation, also der Entwicklung denkbarer Zukunftsbilder [LINDEMANN 2007, S. 43].

⁶ Im Deutschen wird das Modell mit dem Akronym ARASKAM (‘Allgemeine, rekursive analytisch-synthetische Konzeptamplifikation’) wiedergegeben [LINDEMANN 2007, S. 43].

Vorgehensmodell	Charakteristika
GRASCAM: General Recursive Analytic Synthetic Constellation Amplification [Dörner & Wearing 1995]	Abfolge von Schritten der Informationsverarbeitung zur Lösung von Kompositionsproblemen; Betonung der Zukunftsbetrachtung mittels Prognose und Extrapolation
General Problem Solving [Andreasen & Hein 1987]	Betonung der Kriteriendefinition (determine criteria) und der Umsetzung (carry out) neben den 3 Hauptschritten
Symmetrical Problem/Solution Model [Cross 2001]	Integration prozeduraler Aspekte und struktureller Aspekte (Problem - Lösung, Gesamtsystem - Teilsysteme)
Problemlösungszyklus des Systems Engineering [Daenzer & Huber 1999]	Grundmuster der Problemlösung: Zielsuche, Lösungssuche, Auswahl; Ist- oder Soll-Zustandsorientiertes Vorgehen
Vorgehenszyklus [Ehrlenspiel 2003]	Verfeinerung der Hauptschritte des Problemlösungszyklus: 3 Hauptschritte mit je 2-3 Unterschritten
MVM: Münchener Vorgehensmodell [Lindemann 2007]	Betonung der Vorbereitung der Lösungssuche und der Absicherung der Zielerreichung; flexible Navigation
Model of the creativity process [Wallas 1926]	Traditionelles Modell des Kreativitätsprozesses: Preparation-Incubation-Illumination-Verification
PTCA-Zyklus: Planen-Tun-Checken-Aktion [Imai 1992]	Zyklus mit 4 Schritten zur kontinuierlichen Verbesserung (aus dem japanischen Managementkonzept des KAIZEN)
Basic Design Cycle [Roozenburg & Eekels 1995]	Elementarer Zyklus des Design, bestehend aus den 4 Schritten Analysis-Synthesis-Simulation-Evaluation
Synthesis-Analysis-Evaluation Cycle [Weber et al. 2002]	Interpretation des Entwicklungsprozesses als zyklische Aktivität aus Sicht des Property-Driven Design/Development

Bild 45: Vorgehensmodelle zur Beschreibung operativer Arbeitsschritte

ANDREASEN & HEIN formulieren eine Sequenz der allgemeinen Problemlösung (**general problem solving**) [ANDREASEN & HEIN 1987, S. 24]. Das Modell enthält die fünf Schritte ‚formulate the problem‘, ‚determine the criteria‘, ‚seek solutions‘, ‚evaluate/choose‘ und ‚carry out‘. Neben der Wiedergabe der bekannten Hauptschritte der Problemlösung wird hier explizit auf die Definition von Kriterien und die Umsetzung hingewiesen.

CROSS präsentiert mit dem **symmetrical problem/solution model** eine Abbildung des Entwicklungsprozesses, die mehrere Gesichtspunkte integriert. Zum einen werden durch eine Sequenz von sieben Einzelschritten (und zugeordneten Methoden) prozedurale Aspekte adressiert. Zum anderen beinhaltet das Modell strukturelle Aspekte: die Beziehung zwischen Problem und Lösung (horizontale Achse des Modells) sowie die Beziehung zwischen übergeordnetem Gesamtsystem und untergeordneten Teilsystemen (vertikale Achse des Modells) [CROSS 2001, S. 58]. Die vier Ecken des Modells werden somit durch das Gesamtproblem, die Teilprobleme, die Teillösungen und die Gesamtlösung gebildet. In den sieben Prozessschritten werden die vier Ecken in der beschriebenen Reihenfolge durchlaufen.

Der **Problemlösungszyklus des Systems Engineering** beschreibt mit den Hauptschritten ‚Zielsuche‘, ‚Lösungssuche‘ und ‚Auswahl‘ das Grundmuster der Problemlösung [DAENZER & HUBER 1999, S. 47]. Wichtig ist hier die Betonung des Anstoßes, der gewissermaßen als Auslöser zu verstehen ist, der die Arbeitslogik in Gang setzt. Die Schrittfolge durch das Modell hängt wiederum davon ab, ob sich das Vorgehen am Ist-Zustand oder am Soll-Zustand orientiert. Im Hauptschritt der ‚Lösungssuche‘ werden Synthese und Analyse in einem einzigen Teilschritt zusammengefasst. Das Erarbeiten konkreter Lösungen wird im Systems Engineering offensichtlich als ein so enges Wechselspiel von Synthese- und Analyseschritten angesehen, dass es sich im Prozessverlauf nicht sinnvoll weiter untergliedern lässt [WULF 2002, S. 11].

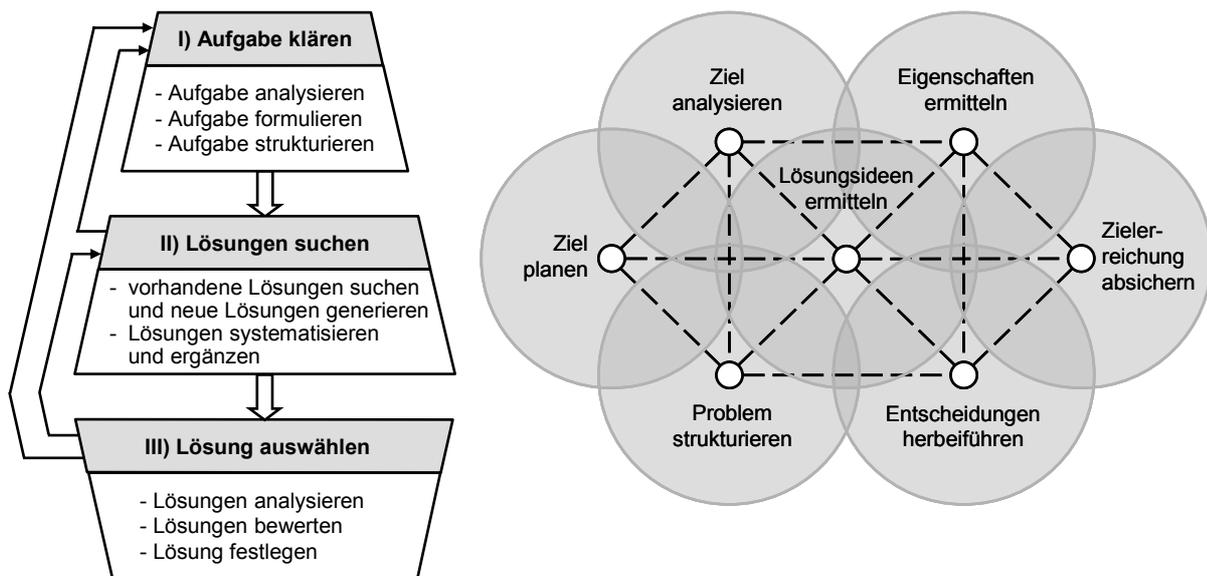


Bild 46: Links: Vorgehenszyklus [EHRENSPIEL 2003], rechts: Münchener Vorgehensmodell (MVM) [LINDEMANN 2007]

Da beim Konstruieren sehr oft von Aufgaben anstelle von Problemen gesprochen wird, ersetzt EHRENSPIEL in seinem Modell den Begriff Problemlösungszyklus durch Vorgehenszyklus. Der **Vorgehenszyklus** gibt eine Folge von Arbeitsschritten an, die den Zweck hat, für eine Aufgabe (Problem) eine Lösung (Ergebnis) zu finden [EHRENSPIEL 2003, S. 83]. Das Modell besteht aus den drei übergeordneten Arbeitsabschnitten ‚Aufgabe klären‘, ‚Lösungen suchen‘ und ‚Lösung auswählen‘. Jedem der Hauptschritte sind jeweils zwei bis drei Einzelschritte zugeordnet. Bei der grafischen Gestaltung des Vorgehenszyklus (vgl. Bild 46) ist bewusst eine Verbreiterung von oben (I) zur Mitte (II) gewählt, da tendenziell eine Informationszunahme zur Erzeugung einer Lösungsvielfalt angestrebt wird. Im unteren Abschnitt (III) erfolgt dann bei der Auswahl eine Einschränkung auf die am besten geeignete Lösung.

Das **Münchener Vorgehensmodell (MVM)** wurde auf Basis der bekannten Vorgehensmodelle zur Problemlösung entwickelt [LINDEMANN 2007, S. 45]. Es baut grundsätzlich ebenfalls auf den drei Hauptschritten zur Problemlösung auf, wobei diese auch hier in kleinere Einzelschritte aufgeteilt wurden. Das Münchener Vorgehensmodell enthält sieben Schritte als Elemente (siehe Bild 46). Die Wichtigkeit der umfassenden Beschäftigung mit der Problemstellung und der damit verbundenen Vorbereitung der Lösungssuche wird mit den drei Elementen ‚Ziel planen‘, ‚Ziel analysieren‘ und ‚Problem strukturieren‘ betont. Ferner finden die Konsequenzen von Entscheidungen im Element ‚Zielerreichung absichern‘ Berücksichtigung. Der Netzwerkcharakter des Modells führt zu einer großen Flexibilität hinsichtlich der Anwendung, wodurch eine situationsgerechte Unterstützung von Entwicklungsprozessen ermöglicht werden soll [LINDEMANN 2007, S. 49].

Die folgenden Vorgehensmodelle dienen ebenfalls der Beschreibung operativer Arbeitsschritte, sind aber keine allgemeinen Problemlösemodelle wie die bisher genannten. WALLAS beschreibt beispielsweise ein **Modell des Kreativprozesses**, das aus vier Abschnitten besteht: ‚preparation‘, ‚incubation‘, ‚illumination‘ und ‚verification‘ ([WALLAS 1926], zitiert nach [ISAKSEN 1988, S. 186]). Es finden sich hier viele Parallelen zu den Problemlösungsmodellen.

Der **PTCA-Zyklus** (Planen-Tun-Checken-Aktion) entstammt dem japanischen Managementkonzept KAIZEN und ist eine Abfolge von Aktivitäten mit dem Ziel etwas zu verbessern [IMAI 1992, S. 87]. ‚Planen‘ bedeutet die Planung der Verbesserung bestehender Praktiken. ‚Tun‘ steht für die Umsetzung des Plans. Beim ‚Checken‘ wird überprüft, ob die Umsetzung des Plans auch zur erwünschten Verbesserung führt. Die ‚Aktion‘ besteht darin, dass Vorbeugungsmaßnahmen gegen einen Rückfall in den alten Zustand ergriffen werden, indem die erreichte Verbesserung als neue Arbeitsvorschrift institutionalisiert wird. Gegenüber dem TOTE-Schema, welches elementare Vorgehensweisen des Problemlösens beschreibt, die oft im Unterbewusstsein ablaufen, wird der Zyklus (auch als PDCA-Zyklus bekannt: plan-do-check-act) bewusst zur kontinuierlichen Verbesserung angewandt [DEMERS 2000, S. 57].

Der ‚**Basic Design Cycle**‘ enthält die Schritte ‚analysis‘, ‚synthesis‘, ‚simulation‘ und ‚evaluation‘. Auch dieser Zyklus dient der Problemlösung, bezieht sich aber konkret auf Entwicklungsprobleme und -aufgaben [ROOZENBURG & EEKELS 1995, S. 88]. Der Eingangszustand ist die zu realisierende Funktion, der Ausgangszustand die freigegebene Konstruktion. DORST vergleicht den ‚Basic Design Cycle‘ mit dem Mechanismus der ‚reflection-in-action‘ nach SCHÖN. Ersteres Modell ordnet er dem positivistischen Paradigma der Rationalen Problemlösung zu, zweiteres dem konstruktivistischen Paradigma des Reflexiven Handelns. DORST kommt zu dem Schluss, dass alle Aktivitäten des einen Modells auch im anderen Modell zu finden sind, dass die Aktivitäten aber unterschiedlich gruppiert sind [DORST 1997, S. 75].

Grundlage des ‚**Property-Driven Development/Design**‘ (PDD) ist die Unterscheidung zwischen Produktmerkmalen (‚characteristics‘), die Struktur und Bestandteile eines Produkts beschreiben, und Produkteigenschaften (‚properties‘), die das Produktverhalten beschreiben ([WEBER ET AL. 2002], [WEBER 2005A]). Der Ansatz beinhaltet u. a. eine neue Interpretation des Produktentwicklungsprozesses und ist damit ebenfalls spezifischer als die allgemeine Problemlösung. In einem zyklischen Modell werden die vier Schritte ‚synthesis‘, ‚analysis‘, ‚evaluation‘ und ‚process control‘ durchlaufen. Dabei wird jeder Schritt durch das Wechselspiel zwischen Merkmalen und Eigenschaften des Produkts charakterisiert (siehe Bild 47).

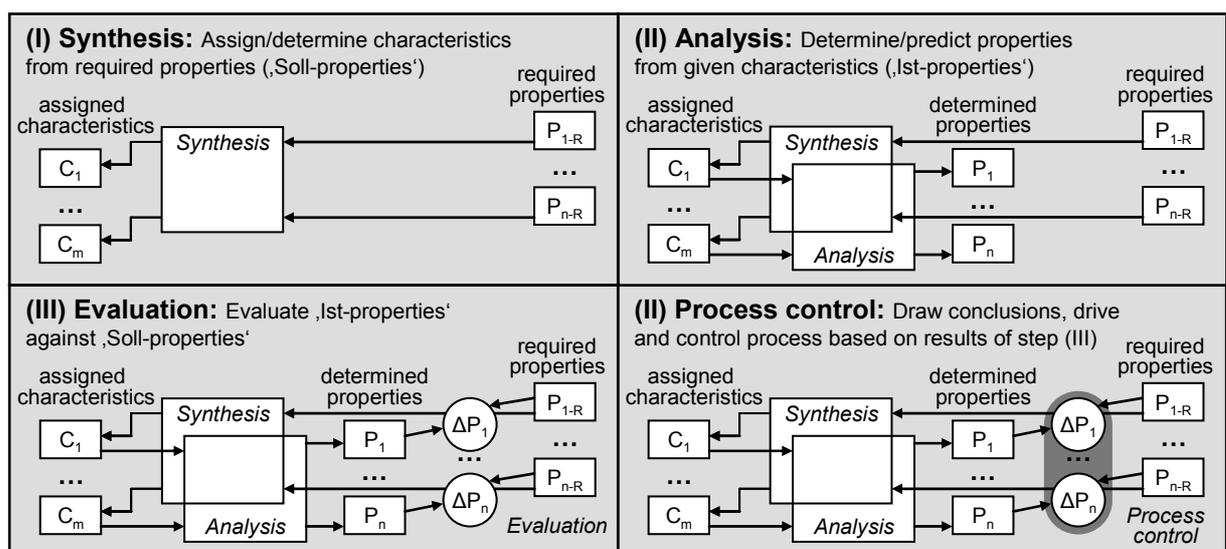


Bild 47: Interpretation des Entwicklungsprozesses im ‚Property-Driven Development/Design‘ [WEBER ET AL. 2002, S. 106]

Die allgemeingültige Formulierung der meisten in diesem Abschnitt beschriebenen Modelle lässt eine **Anwendung auf unterschiedlichen Ebenen** der Granularität zu. Als ‚Ziele‘ können z. B. strategische Unternehmensziele betrachtet werden. Der erste Schritt im Grundmuster der Problemlösung entspricht auf dieser Ebene der Strategischen Produkt- und Prozessplanung, die eine übergeordnete Phase im Produktentstehungsprozess repräsentiert. Konkretere Ziele in Bezug auf das zu entwickelnde Produkt stellen die Produkthanforderungen dar, deren Spezifikation früh im Prozess erfolgen sollte. Die Zielklärung im Sinne einer Anforderungsermittlung kann dementsprechend als operativer Arbeitsschritt aufgefasst werden. Ebenso lassen sich die Problemlösemodelle auf elementare Handlungsschritte abbilden. Hier kommt der Zwischenzielbildung eine bedeutende Rolle zu. Somit ist es möglich, das Grundmuster der Problemlösung auf strategischer, operativer und elementarer Ebene an vielen unterschiedlichen Stellen im Entwicklungsprozess bewusst einzusetzen.

4.1.3.3 Vorgehensmodelle zur Beschreibung größerer Abschnitte bzw. Phasen

Neben allgemeinen Vorgehensmodellen der Problemlösung haben sich viele spezifische Vorgehensweisen herausgebildet, die das Vorgehen bei der Planung, Entwicklung und Konstruktion technischer Produkte bzw. Innovationen beschreiben. In allen Modellen wird prinzipiell die zunehmende Konkretisierung und Detaillierung des Produkts dargestellt. Bild 48 zeigt eine kleine Auswahl bekannter Modelle, die unter dem Gesichtspunkt erfolgte, dass darin Prozesse des Konzipierens bzw. der Konzeptentwicklung abgebildet werden.

Vorgehensmodell	Charakteristika
VDI 2221: Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren [VDI 1993]	7 Arbeitsschritte zur Generierung von Produktmodellen (Dokumenten) mit zunehmendem Konkretisierungsgrad
Stage-Gate Development Process [Otto & Wood 2001]	3 Phasen mit je 4 Schritten auf untergeordneter Ebene; Abbildung von Prozessen des Reverse Engineering
Phasenmodell der Produktentstehung [Gausemeier et al. 2004]	Phasenmodell von der Produkt-/Geschäftsidee zum Markteintritt mit 3 sich überlappenden Zyklen
W-Modell der IRM-Methodik [Eversheim 2003]	Idealtypischer Vorgehensleitfaden zur Planung technischer Produktinnovationen; strategische und operative Ebene
VDI 2206: V-Modell [VDI 2004]	Makrozyklus zur Entwicklung mechatronischer Systeme; Gegenüberstellung von Spezifikations- und Prüfschritten
3-Ebenen-Vorgehensmodell [Bender et al. 2005]	Unter Qualitätsgesichtspunkten optimiertes Vorgehensschema für die Entwicklung mechatronischer Produkte

Bild 48: Vorgehen auf Ebene von größeren Abschnitten/Phasen (Makrologik)

Eines der bekanntesten Vorgehensmodelle in diesem Kontext stellt der allgemeine Vorgehensplan für das Entwickeln und Konstruieren der **VDI-Richtlinie 2221** [VDI 1993, S. 9] dar (siehe Bild 49). Der Prozess wird ausgehend von der Entwicklungsaufgabe bis hin zum Abschluss der Konstruktion in sieben einzelne Schritte unterteilt, aus denen jeweils bestimmte Dokumente als Arbeitsergebnisse hervorgehen. Diese Ergebnisdokumente (z. B. Anforderungsliste, Funktionsstruktur und prinzipielle Lösung) stellen Repräsentationen bzw. Partialmodelle des Produkts mit zunehmendem Konkretisierungsgrad dar. Die Darstellung des Vorgehensmodells vermittelt einen stark sequenziellen Charakter, obwohl die Notwendigkeit von Rücksprüngen im Sinne von Iterationen ebenfalls betont wird. Die ersten vier Arbeitsschritte lassen sich mit der Konzeptentwicklung bzw. dem Konzipieren assoziieren.

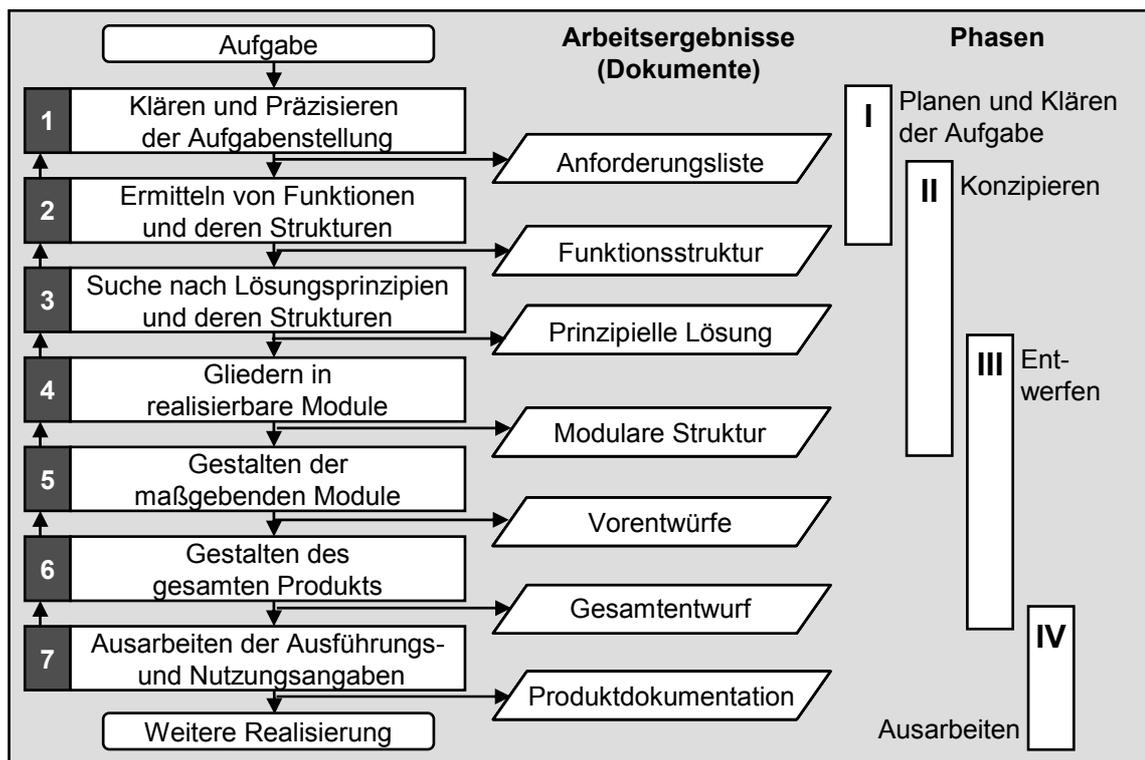


Bild 49: Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren [VDI 1993]

OTTO & WOOD beschreiben die Produktentwicklung in einem Vorgehensmodell (**„stage-gate development process“**), das drei Phasen (**„understand the opportunity“**, **„develop a concept“**, **„implement a concept“**) mit je vier untergeordneten Schritten enthält [OTTO & WOOD 2001, S. 14]. Die zweite Phase, die Konzeptentwicklung, beinhaltet die Aktivitäten **„portfolio planning“**, **„functional modeling“**, **„product architecture development“** und **„concept engineering“**. Die Schritte sind zwar in dieser Sequenz im Modell angeordnet, wurden aber bewusst nicht mit Pfeilen verbunden, da die Reihenfolge ihrer Ausführung vom zu entwickelnden Produkt abhängt. OTTO & WOOD stellen zudem eine alternative Ausführung ihres Vorgehensmodells für Prozesse des Reverse Engineering bzw. Product Redesign dar. Die zweite Phase heißt hier **„develop a redesign“**, die Aktivitäten auf untergeordneter Ebene sind nahezu dieselben: lediglich der Schritt **„portfolio planning“** wird durch **„competitive analysis“** ersetzt und rückt in der Reihenfolge hinter den Schritt **„functional modeling“** [OTTO & WOOD 2001, S. 24].

Das **Modell des Produktentstehungsprozesses**⁷ nach GAUSEMEIER ET AL. enthält die Phasen **„Strategische Produktplanung“**, **„Produktentwicklung“** und **„Prozessentwicklung“** als sich überlappende Zyklen. Die **„Produktkonzipierung“** repräsentiert hier einen Abschnitt, der sich im Übergangsbereich der Strategischen Produktplanung zur Produktentwicklung befindet. Es werden bewusst keine scharfen Grenzen zwischen den Zyklen bzw. Phasen gezogen, sondern hervorgehoben, dass das Modell den prinzipiellen Ablauf verdeutlicht. Als wesentliche Aufgaben der Produktkonzipierung werden die Produktkonzeption bzw. Bestimmung der prinzipiellen Lösung sowie der Funktionsnachweis genannt [GAUSEMEIER ET AL. 2004, S. 7].

⁷ Starke inhaltliche Ähnlichkeiten hierzu weist der Referenzprozess des **„Kooperativen Produktengineering“** auf [GAUSEMEIER ET AL. 2000]. Die Darstellung besitzt allerdings keinen derart ausgeprägten zyklischen Charakter.

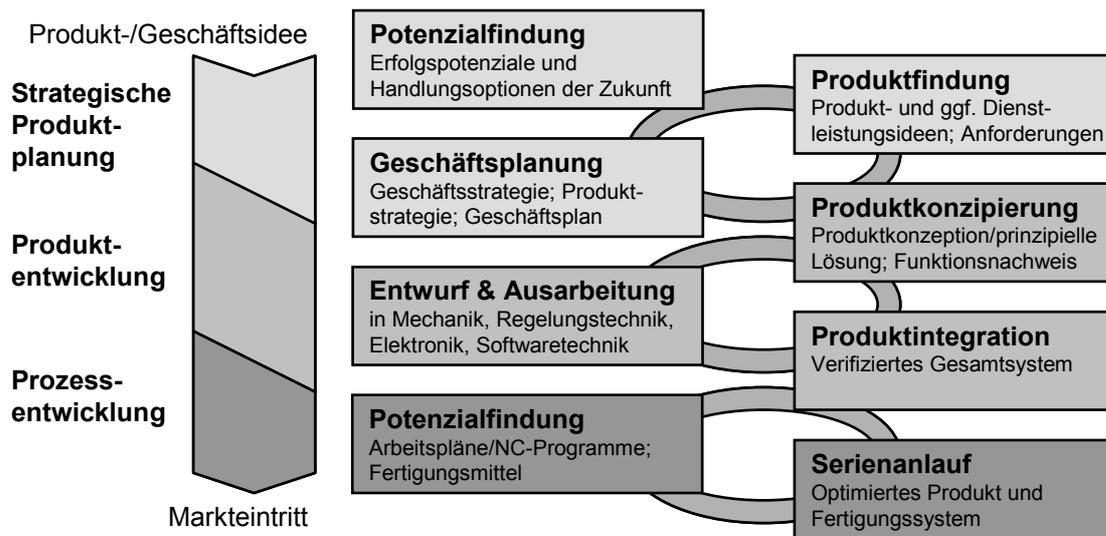


Bild 50: Phasenmodell des Produktentstehungsprozesses (nach [GAUSEMEIER ET AL. 2004])

Das **W-Modell der IRM-Methodik** (IRM steht für InnovationRoadMap) unterstützt die Planung technischer Produktinnovationen [EVERSHEIM 2003, S. 32]. Es ist durch sieben Phasen gekennzeichnet, die logisch voneinander abgrenzbare Planungseinheiten akzentuieren. Die Differenzierung nach Phasen ist rein analytisch zu sehen, da eine exakte Abgrenzung im Sinne von aufeinander folgenden Vorgehensschritten kaum möglich ist. Einzelne Phasen können situativ besonders ausgeprägt und intensiv bearbeitet werden, andere wiederum ganz entfallen. Durch die Zuordnung der Phasen zu Planungsebenen (strategisch vs. operativ) ergibt sich optisch für das Modell die Form eines ‚W‘, daher der Name ‚W-Modell‘.

Im Umfeld der Entwicklung mechatronischer Produkte wurde ebenfalls eine Reihe von Vorgehensmodellen entwickelt, von denen sich die meisten in der Darstellung am V-Modell der Entwicklung von IT-Systemen [VERSTEEGEN 2000] orientieren. Durch die V-förmige Anordnung der Phasen wird das Prinzip verfolgt, dass spezifizierende Aktivitäten den zugehörigen umsetzenden Tätigkeiten gegenübergestellt werden. Die auf dem rechten Ast aufgetragenen Prüftätigkeiten orientieren sich an den gegenüberliegenden Spezifikationen. Das **V-Modell** der VDI-Richtlinie 2206 beschreibt das generische Vorgehen beim Entwurf mechatronischer Systeme, das fallweise auszuprägen ist [VDI 2004, S. 29]. Ziel des Systementwurfs ist die Festlegung eines domänenübergreifenden Lösungskonzepts, das die wesentlichen physikalischen und logischen Wirkungsweisen des zukünftigen Produkts beschreibt. Auf dessen Basis erfolgt die weitere Konkretisierung meist getrennt in den beteiligten Domänen. Die Ergebnisse werden anschließend zu einem Gesamtsystem integriert, um das Zusammenwirken untersuchen und eine Eigenschaftsabsicherung betreiben zu können.

Das **3-Ebenen-Vorgehensmodell** stellt ebenfalls ein Vorgehensschema für die Entwicklung mechatronischer Produkte dar [BENDER ET AL. 2005, S. 45]. Die V-Anordnung soll hier besonders den Aspekt der qualitätsorientierten Entwicklung unterstreichen, d. h. die Querbezüge zwischen Entwicklungs- und jeweiligen Prüftätigkeiten. Um den multidisziplinären Belangen bei der Entwicklung mechatronischer Produkte gerecht zu werden, berücksichtigt das Vorgehensmodell die drei Disziplinen Software, Hardware und Mechanik. Zur Beherrschung der Komplexität, die gezwungenermaßen mit multidisziplinären Entwicklungsprozessen einhergeht, ist das Modell in drei Ebenen unterteilt: System-, Subsystem- und Komponenten-Ebene.

Vergleicht man die vorgestellten Modelle ist festzustellen, dass bei neueren Modellen zum einen der steigenden Produktkomplexität (insbesondere durch den zunehmend interdisziplinär geprägten Charakter von Produkten) Rechnung getragen wird. Zum anderen wurde die früher üblichere lineare Darstellung zugunsten einer stärker vernetzten Darstellung weiterentwickelt. Es wird bei allen Modellen betont, dass die sequenzielle Phasendarstellung als idealtypischer Ablauf zu verstehen ist, und darauf verwiesen, dass in der Praxis eine eindeutige Grenzziehung zwischen einzelnen Phasen nicht möglich bzw. nicht sinnvoll ist.

4.1.4 Einsatz von Vorgehensmodellen in der Praxis

Es lassen sich drei wesentliche Anwendungszwecke für Vorgehensmodelle unterscheiden: die Planung zukünftiger Prozesse, die Navigation bzw. Orientierung innerhalb aktueller Prozesse sowie die Reflexion abgeschlossener Prozesse [LINDEMANN 2007, S. 45].

In der Anwendung eines Vorgehensmodells zur **Prozessplanung** ist vor dem Durchlaufen des Prozesses ein Plan zu erstellen, welche Schritte in welcher Reihenfolge zu durchschreiten sind. Als Beispiel sei die Planung des Entwicklungsmethoden-Praktikums, das jedes Semester am Lehrstuhl für Produktentwicklung der TU München angeboten wird, erläutert. Das Praktikum sieht zehn Termine vor, in denen ausgehend von einem (fiktiven) Entwicklungsauftrag ein Entwicklungsprozess zu durchlaufen ist, an dessen Ende ein Lösungskonzept zu präsentieren ist. Gegenstand der Entwicklung waren in der Vergangenheit beispielsweise ein Tischstaubsauger oder eine Zitruspresse. Das Entwicklungsteam besteht aus zehn Studenten, die neben ihrer Funktion als Entwickler jeweils spezifische Rollen im Team einnehmen (Qualitätssicherung, Marketing, Vertrieb etc.) und damit verschiedene Sichten repräsentieren. Die Studenten werden von Mitarbeitern des Lehrstuhls betreut und durch den Entwicklungsprozess begleitet. Der Prozessplan orientiert sich am Münchener Vorgehensmodell (MVM) [LINDEMANN 2007] mit seinen sieben Elementen (vgl. Bild 46). Die einzelnen Schritte und anzuwendenden Methoden, die in Bild 51 dargestellt sind, sind fest vorgegeben. Es ist zu betonen, dass es sich nicht um einen realen Entwicklungsprozess handelt, sondern dass der Fokus der Lehrveranstaltung primär in der Anwendung der Methoden besteht.

Termin	Aufgaben, Arbeitsinhalte	Eingesetzte Methoden
1	Ziel planen	Zielformulierung, Schwachstellenanalyse
2	Ziel analysieren	Anforderungsliste, Kundenbefragung
3	Problem strukturieren	Quality Function Deployment (QFD)
4	Problem strukturieren	Baustruktur, Funktionsstruktur, Umsatzorientiertes Funktionsmodell
5	Problem strukturieren, Lösungsideen ermitteln	Relationsorientiertes Funktionsmodell, Problemformulierungen, Prinzipien zur Auflösung technischer Widersprüche
6	Lösungsideen ermitteln	Synektik, Morphologischer Kasten
7	Eigenschaften ermitteln, Entscheidungen herbeiführen	Vorauswahl, Differenzierende Bewertung/ Konzeptauswahl
8	Detaillierung des Konzepts	Design for X
9	Zielerreichung absichern	Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)
10	Abschlusspräsentation	

Bild 51: Beispiel einer Prozessplanung mit dem Münchener Vorgehensmodell

Als Planungsinstrument eignen sich vor allem starre, präskriptive Vorgehensmodelle, da sie abzuarbeitende Handlungsfolgen exakt vorschreiben. Die Eignung bezieht sich dabei auf den zu leistenden Transfer vom Modell in den Prozessplan, der eine Konkretisierung des Modells darstellt. Dabei ist jedoch immer noch zu prüfen, inwiefern die vorgegebene Handlungsfolge in einer spezifischen Situation auch wirklich Sinn ergibt. Es können auch flexiblere Vorgehensmodelle zur Planung herangezogen werden (auf den Aspekt der Flexibilität wird im Folgenden noch detaillierter eingegangen). Eine Herausforderung stellt hier vor allem die Bestimmung einer sinnvollen Reihenfolge dar, in welcher die Schritte im konkreten Prozess abzuarbeiten sind. Die flexiblen Modelle bieten hier grundsätzlich mehr Freiheiten, was der adäquaten Anpassung des Modells an die Gegebenheiten der Entwicklungssituation entgegenkommt. Auf der anderen Seite ist hierfür eine gewisse Expertise und Übung notwendig.

Der zweite Einsatzzweck von Vorgehensmodellen ist die Orientierung im laufenden Prozess bzw. die **Prozessnavigation**. BRAUN betont die Bedeutung von Vorgehensmodellen als „Navigationinstrumente“ durch den Planungs- und Entwicklungsprozess [BRAUN 2005, S. 27]. Der Begriff der Navigation bezeichnet die „Steuermannskunst“ zu Meer, zu Land und in der Luft. Allgemeiner wird darunter das sich Zurechtfinden in einem geografischen Raum verstanden, um von einem Ausgangsort auf bestimmtem Weg zu einem gewünschten Zielort zu gelangen [BROCKHAUS 1996, BAND 15, S. 443]. Im Internet bedeutet ‚Navigation‘ das virtuelle Steuern durch den so genannten Hypertext, also durch die verzweigten Wege und untereinander verknüpften Themen. Das Navigieren (vom Lateinischen Navigare = Führen eines Schiffes) beinhaltet somit drei unterschiedliche Aktivitäten:

- das Bestimmen des augenblicklichen Standortes (Ortung),
- das Berechnen des optimalen Weges zum Ziel („Routenplanung“) und
- das Führen des Fahrzeugs zu diesem Ziel, also das Halten des optimalen Kurses.

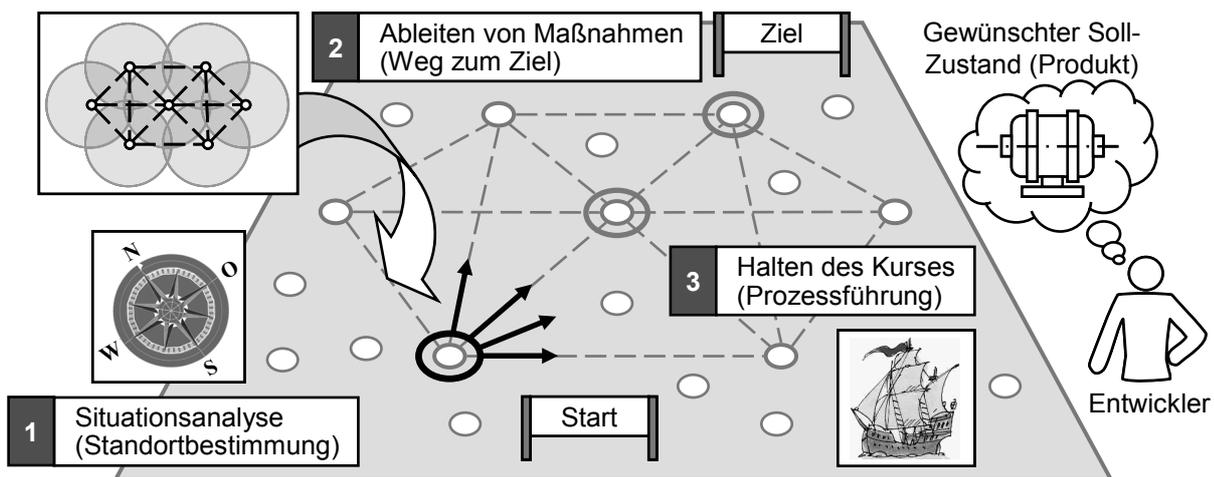


Bild 52: Orientierung und Navigation im Prozess mit Hilfe von Vorgehensmodellen

Übertragen auf die Produktentwicklung ist der Begriff der Navigation folgendermaßen zu interpretieren (siehe Bild 52). Zunächst ist die eigentliche Orientierung im Sinne einer Standortbestimmung durchzuführen, d. h. die Analyse des Prozesses und der Situation, in der sich der Entwickler aktuell befindet. Mit dem „Standort“ ist die Stelle im betrachteten Vorgehensmodell gemeint, die für den aktuellen Prozess (die aktuelle Situation) zutreffend ist. Der

zweite Schritt entspricht der Ableitung geeigneter Maßnahmen, um vom aktuellen Standort aus einen optimalen Weg zum Ziel einzuschlagen. Dies bedeutet, dass eine Ermittlung von geeigneten nächsten Schritten vorzunehmen und eine Entscheidung in Bezug auf den tatsächlich auszuführenden Schritt zu treffen ist. Wurde ein Kurs eingeschlagen, ist es schließlich notwendig, dessen Einhaltung zu überprüfen und die Richtung gegebenenfalls zu korrigieren. Die Prozessnavigation ist somit kein einmaliger, sondern ein iterativer bzw. zyklischer Vorgang. Die Orientierung im Prozess kann durchgeführt werden, wenn zuvor ein Plan erstellt worden war, und entspricht dann einem Soll-Ist-Vergleich. Jedoch kann eine Prozessorientierung auch in „ungeplanten“ Prozessen durchaus einen Nutzen bringen. Auf Möglichkeiten, wie eine derartige Prozessorientierung im Kontext von Produktentwicklungsprozessen konkret unterstützt werden kann, wird im Verlauf der Arbeit noch intensiv eingegangen.

Schließlich können Vorgehensmodelle auch zur **Prozessreflexion**, zur Analyse abgeschlossener Prozesse, herangezogen werden. WALLMEIER definiert Reflexion als einen Blick in die Vergangenheit zur Analyse des Denkens, Handelns, Wollens und Fühlens in spezifischen Situationen, um für die Zukunft zu lernen. Hierbei werden Denkprozesse der Rekapitulation und Rekonstruktion eingesetzt [WALLMEIER 2001, S. 115]. Vorgehensmodelle können hierbei eingesetzt werden, um die Navigation des Entwicklers im Modell über den Verlauf des beobachteten Prozesses zu untersuchen. Als Darstellungsmethode haben sich dabei so genannte ‚Tapetendiagramme‘ etabliert (z. B. [DYLLA 1991, S. 52], [GÜNTHER 1998, S. 84]). Bei diesen Diagrammen werden auf einer Achse die Zeit, auf der anderen Achse die Elemente eines Vorgehensmodells angetragen. Jeder beobachtete Zeitabschnitt wird einem oder mehreren Elementen des Kategoriensystems (in diesem Fall des Vorgehensmodells) zugewiesen, so dass sich Verläufe ergeben, wie sie in Bild 53 dargestellt sind.

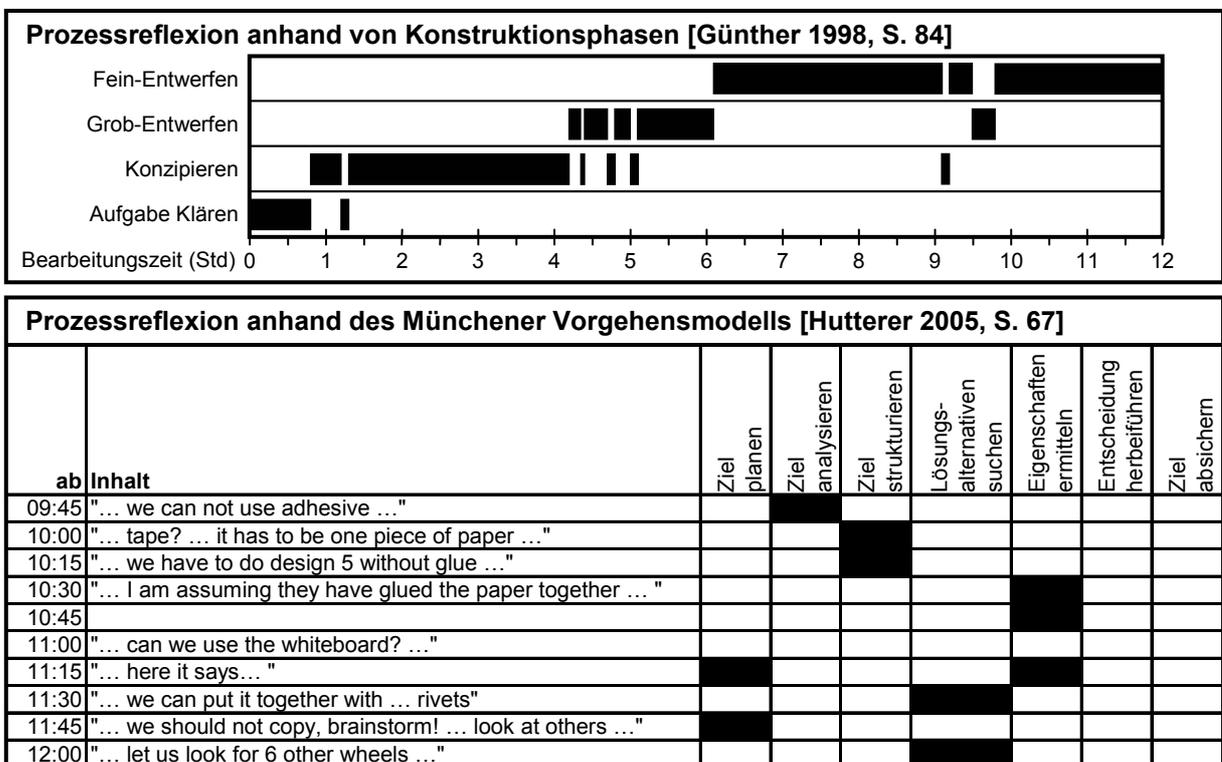


Bild 53: Reflexion bzw. Analyse von Entwicklungsprozessen anhand von Tapetendiagrammen

Beispielsweise nutzt GÜNTHER Tapetendiagramme, um die individuellen Verläufe von Konstruktionsphasen bei seinen Versuchspersonen darzustellen. Die kleinste Phasendauer ist etwa zwei Minuten lang [GÜNTHER 1998, S. 84]. HUTTERER verwendet zur Reflexion der von ihm beobachteten Entwicklungsprozesse das Münchener Vorgehensmodell und teilt einzelne Zeitabschnitte im Prozess ebenfalls jeweils einem Element aus dem Modell zu [HUTTERER 2005, S. 67]. Die Konstruktionsversuche wurden aufgezeichnet, um nicht in Echtzeit protokollieren zu müssen, sondern eine schrittweise Auswertung anhand des Videos zu ermöglichen. Die Schritte des Münchener Vorgehensmodells wurden bei HUTTERER als Spalten (nicht wie bei GÜNTHER als Zeilen) in die Protokollvorlage integriert. Der Zeitabschnitt je Protokolleintrag beträgt 15 Sekunden, so dass eine sehr detaillierte Analyse des Prozesses vorliegt.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sich Vorgehensmodelle für unterschiedlichste Zwecke eignen. Als drei wesentliche Anwendungsgebiete wurden die Prozessplanung, die Prozessnavigation und die Prozessreflexion diskutiert. Der wesentliche Unterschied zwischen diesen drei Ansätzen liegt im Zeitpunkt des Entwicklungsprozesses, in welchem die Nutzung des Modells erfolgt. Nicht jedes Modell eignet sich gleich gut für jeden der drei Zwecke. Tendenziell fallen die Prozessplanung anhand präskriptiver Vorgehensmodelle und die Prozessreflexion anhand deskriptiver Vorgehensmodelle leichter. Sinnvoll erscheint auch eine durchgängige Anwendung von Vorgehensmodellen über den Gesamtprozess hinweg sowohl für die Planung als auch die Orientierung und Reflexion. Für diese Arbeit spielt vor allem die **Navigation im Prozess** und die Bestimmung des weiteren Vorgehens eine Rolle.

BRAUN diskutiert zwei grundsätzliche Möglichkeiten der Vorgehensbestimmung ausgehend von einer übergeordneten Aufgabenstellung⁸: zum einen die Auswahl eines geeigneten vorkonfigurierten Vorgehens und zum anderen die Konfiguration aus einem Reservoir an Vorgehenschritten ([BRAUN 2005, S. 118-119], siehe Bild 54).

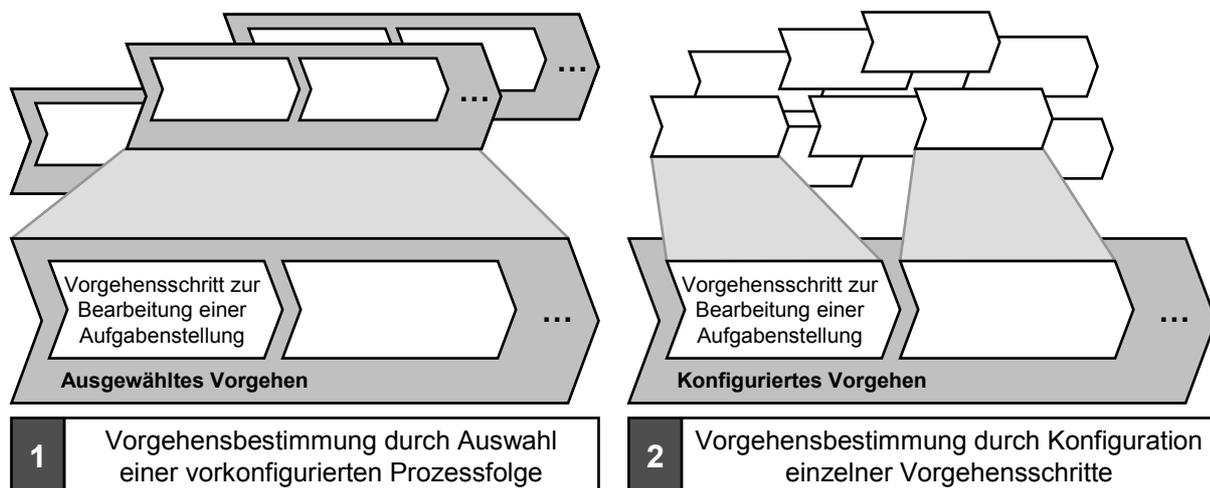


Bild 54: Grundsätzliche Möglichkeiten der Vorgehensbestimmung (nach [BRAUN 2005])

⁸ Eine übergeordnete Aufgabenstellung ist nach der Definition von BRAUN durch ein Vorgehen bestehend aus mehreren Vorgehenschritten durch den Einsatz gegebenenfalls mehrerer Methoden zu bearbeiten. Eine („einfache“) Aufgabenstellung zeichnet sich dagegen dadurch aus, dass sie in einem Vorgehenschritt durch den Einsatz einer einzelnen Methode bearbeitet werden kann [BRAUN 2005, S. 117].

Beide Ansätze unterscheiden sich im Zeitpunkt, an dem die Konfiguration einzelner Schritte aus einem Speicher („Prozessbaukasten“) zu einem aus mehreren Schritten bestehenden Vorgehen vorgenommen wird⁹. Im ersten Fall passiert das vor der Anwendung basierend auf der Kenntnis repräsentativer übergeordneter Aufgabenstellungen. Im zweiten Fall geschieht das direkt in der Anwendung, was also dem oben diskutierten Konzept der Orientierung im Prozess entspricht. Gerade die zweite Möglichkeit ist interessant für Entwicklungsprozesse, die sich durch einen niedrigen Grad an Determiniertheit auszeichnen und bei denen die Art der Prozessschritte geplant werden kann, nicht aber die Ergebnisse der Prozesse [BICHLMAIER 2000, S. 48]. Jedoch ist hierfür ein gewisses Maß an Expertise notwendig.

4.1.5 Umgang mit Vorgehensmodellen in Studentenprojekten

Im Folgenden wird der Umgang mit Vorgehensmodellen bei den im Rahmen dieser Arbeit analysierten studentischen Entwicklungsprojekten näher betrachtet. Es werden hierfür die Projekte ‚Liegerad-Umwerfer‘ und ‚Haartrockner‘ herangezogen. Die Wahl fiel auf diese zwei Projekte, da sie hinsichtlich mehrerer Merkmale deutliche Unterschiede in der Entwicklungssituation aufweisen (vgl. Kapitel 3.3). Es wird daher untersucht, welche Auswirkungen die unterschiedliche Situation jeweils auf das Vorgehen im Projekt und den Umgang mit Vorgehensmodellen hatte.

Ziel im Projekt ‚**Liegerad-Umwerfer**‘ [KUB 2005] war die Entwicklung eines Umwerfersystems für Liegeräder, welches gegenüber bestehenden Systemen insbesondere eine höhere Schaltqualität und eine Möglichkeit zur Anpassung der Schaltung an verschiedene Innenlagerabmessungen aufweist. Schaltungselemente am Fahrrad und ein konventionelles Umwerfersystem sind in Bild 55 dargestellt. Der Student zog für die Projektplanung den Vorgehenszyklus [EHRENSPIEL 2003] heran, was sich an den Projektphasen in der linken Spalte in Bild 56 erkennen lässt. Zur nachträglichen Reflexion des Prozesses in Form eines ‚Tapetendiagramms‘ wird das Münchener Vorgehensmodell [LINDEMANN 2007] verwendet, da sich der Prozess damit differenzierter betrachten lässt (im rechten Teil der Tabelle in Bild 56 dargestellt).

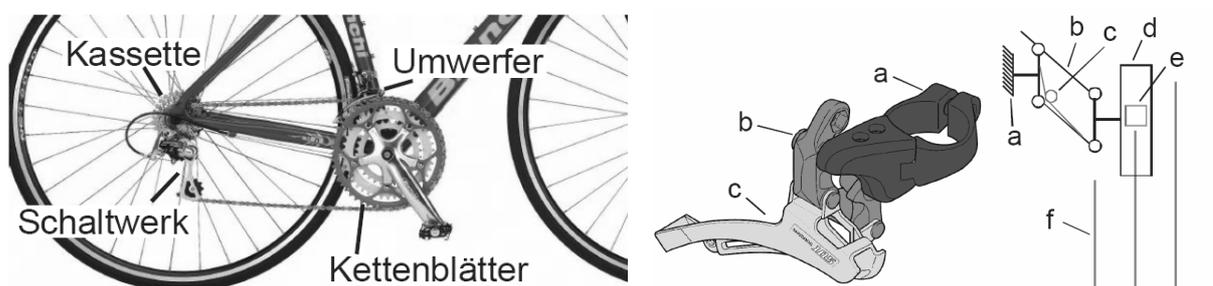


Bild 55: Links: Schaltungselemente am Fahrrad, rechts: konventionelles Umwerfersystem

⁹ Eine Zusammensetzung des Prozesses basierend auf einem vordefinierten Set an Aufgaben („tasks“) verfolgt auch die Methode des ‚Signposting‘ [CLARKSON & HAMILTON 2000]. Der Ansatz beinhaltet ein parameterbasiertes Modell des Entwicklungsprozesses.

Methodische Entwicklung eines innovativen Umwerfersystems für Liegeräder [Kuß 2005]									
Phase	Nr	Prozessschritt	1	2	3	4	5	6	7
Problemklärung Umwerfer	1	Schwachstellen vorhandener Umwerfersysteme identifizieren	■						
	2	Problem- bzw. Aufgabenstellung für die Entwicklung formulieren		■					
	3	Anforderungen an ein Umwerfersystem klären			■				
	4	Baustruktur konventioneller Umwerfer analysieren				■			
	5	Funktionsmodelle von Umwerfern erstellen					■		
Entwicklung Prüfstand	6	Entscheidung zur Entwicklung eines Prüfstandes treffen		■					
	7	Anforderungen an den Prüfstand klären			■				
	8	Konzepte für den Prüfstand erarbeiten				■			
	9	Prüfstandkonzepte bewerten und auswählen					■		
	10	Ausgewähltes Prüfstandskonzept ausführen und bewerten						■	
	11	Orientierende Versuche durchführen							■
Lösungssuche Umwerfer	12	Vorhandene Lösungen für Umwerfersysteme suchen				■			
	13	Wirkprinzipien ermitteln					■		
	14	Wirkstrukturen erarbeiten						■	
	15	Gesamtlösungen erarbeiten							■
Lösungsauswahl Umwerfer	16	Funktionsfähigkeit überprüfen und Grobkonzepte vorauswählen					■		
	17	Prototypen bauen und Eigenschaften ermitteln						■	
	18	Prototypisch realisierte Lösungskonzepte bewerten							■

Die Nummern in den Spalten rechts entsprechen den Elementen des MVM: 1 = Ziel planen, 2 = Ziel analysieren, 3 = Problem strukturieren, 4 = Lösungsideen ermitteln, 5 = Eigenschaften ermitteln, 6 = Entscheidungen herbeiführen, 7 = Zielerreichung absichern

Bild 56: Vorgehensanalyse im Projekt ‚Liegerad-Umwerfer‘ [Kuß 2005]

Ein interessanter Zeitpunkt im Projekt ist der Übergang von Schritt 5 auf Schritt 6, da hier der „Standardpfad“ des Vorgehensmodells verlassen wurde. Nach der Erstellung von Funktionsmodellen traf der Entwickler die Entscheidung für die Realisierung eines Prüfstands, um zusätzliche Eigenschaften von Umwerfersystemen ermitteln zu können. Somit wurde der Entwicklungsprozess des Umwerfersystems unterbrochen und im Sinne einer Rekursion ein kompletter Entwicklungsprozess für den Prüfstand durchlaufen. Ab Schritt 12 wurde der Entwicklungsprozess für das Umwerfersystem fortgesetzt. In der Phase ‚Lösungsauswahl‘ sind Zyklen der Lösungssynthese, Lösungsanalyse und Entscheidungsfindung auf den Konkretisierungsstufen ‚Grobkonzept‘ und ‚prototypisch realisiertes Gesamtkonzept‘ zu beobachten. Ergebnis des Prozesses sind zwei Prototypen, deren Funktionsfähigkeit am Prüfstand nachgewiesen wurde. Eine Lösung stellt im Wesentlichen eine Modifikation eines konventionellen Umwerfers dar (Parallelogrammführung), die durch eine spezielle Rahmenbefestigung in Querrichtung verstellbar ist. Das andere System ist dagegen eine komplette Neuentwicklung und besitzt als zentrales Element eine Linearführung [KUB 2005, S. 33 ff.].

Das Projekt ‚Haartrockner‘ ([FUCHS 2005], [NORREFELDT 2005]) wurde von zwei Studenten im Team durchgeführt, die davor noch keine Erfahrung mit systematischer Produktentwicklung gehabt hatten. Ziel war die Entwicklung eines innovativen Lösungskonzepts für das technische Problem der Haartrocknung. Als Leitbild diente die Vision des „leisten Haartrockners“. In der Prozessplanung erfolgte eine starke Orientierung am Standardvorgehen des Münchener Vorgehensmodells ([LINDEMANN 2007], linke Spalte in Bild 57). Dies wurde von den Studenten damit begründet, dass sie zu Beginn der Entwicklung noch sehr unerfahren in Bezug auf Methoden waren und den Eindruck hatten, dass sie hierdurch sehr gut durch den Entwicklungsprozess geleitet wurden. Das Vorgehen im Projekt war geprägt durch eine intensive Zielanalyse, was im Tapetendiagramm (im rechten Teil der Tabelle in Bild 57) erkennbar ist. Eine entscheidende Situation im Projekt ergab sich nach den Schritten 17 und 18. Nach Bau und Test von Prototypen schien es, als ob die zwei ausgewählten Lösungen keine Aussicht auf Erfolg hatten, die Versuche wurden als gescheitert eingestuft. Hinzu kam, dass

für weitere Maßnahmen nur noch ca. zwei Wochen Zeit zur Verfügung standen, da der Abgabetermin für die Studienarbeit nahte. Die restlichen Schritte im Vorgehen entsprachen somit einer ‚Krisenbewältigung‘. Es gelang letztendlich bei keinem der beiden Lösungskonzepte (‚Beheizter Kamm‘, ‚Optimierter Rotorkopf‘) die Funktionsfähigkeit nachzuweisen.

Methodische Entwicklung eines innovativen Haartrockners ([Fuchs 2005], [Norrefeldt 2005])									
Phase	Nr	Prozessschritt	1	2	3	4	5	6	7
Ziel planen	1	Ziel planen	■						
Ziel analysieren	2	Patentrecherche durchführen		■					
	3	Marktrecherche durchführen		■					
	4	Rechtliche Rahmenbedingungen klären							
	5	Kundenbefragung durchführen							
	6	Herstellerbefragung durchführen							
	7	Analyse bestehender Lösungen							
	8	Anforderungen dokumentieren							
Ziel strukturieren	9	Einflussanalyse mit Zielkonfliktsuche			■				
	10	Wirkstruktur und Wirkprinzip ermitteln				■			
	11	Funktionsmodellierung					■		
Lösungen suchen	12	Lösungen suchen					■		
Eigensch. ermitteln	13	Eigenschaften ermitteln						■	
Entscheidung herbeiführen	14	Vorauswahl treffen							■
	15	Alternativen bewerten							■
Ziel absichern	16	Entscheidungsfindung für Konzepte und Prototypen							■
	17	Prototyp "beheizter Kamm" bauen und testen							■
	18	Prototyp "optimierter Rotorkopf" bauen und testen							■
	19	Krisenbewältigung							■
	20	Neuen Prototypen "optimierter Rotorkopf" bauen und testen							■

Die Nummern in den Spalten rechts entsprechen den Elementen des MVM: 1 = Ziel planen, 2 = Ziel analysieren, 3 = Problem strukturieren, 4 = Lösungsideen ermitteln, 5 = Eigenschaften ermitteln, 6 = Entscheidungen herbeiführen, 7 = Zielerreichung absichern

Bild 57: Vorgehensanalyse im Projekt ‚Haartrockner‘ ([FUCHS 2005], [NORREFELDT 2005])

Wie lassen sich die Unterschiede in beiden Projekten hinsichtlich des Vorgehens und der Ergebnisse erklären? Zum einen spielte sicherlich die unterschiedliche Erfahrung der Entwickler eine Rolle. Die intensive Zielanalyse im Projekt ‚Haartrockner‘ diente einer ausführlichen Beschäftigung mit der Aufgabe und dem Produkt. Im Projekt ‚Liegerad-Umwerfer‘ war das nicht in diesem Maße erforderlich, da der Student bereits zu Beginn des Projekts eine langjährige Erfahrung in der Benutzung und Entwicklung von Liegerädern besaß. Die Vorstellung vom Ergebnis war beim Liegerad-Umwerfer konkreter, letztendlich war das Entwicklungsziel beim Haartrockner wohl zu visionär. Schließlich hatten die Studenten im ‚Haartrockner‘-Projekt mit gewissen Restriktionen aufgrund des Produktcharakters zu kämpfen: manche Versuche durften z. B. aus rechtlichen Gründen nicht durchgeführt werden, da hierdurch Stromführende Kontakte frei zugänglich gewesen wären.

Die Prozessanalyse unterliegt einigen Einschränkungen (vgl. Kapitel 2.4.4). Die in den Tabellen angegebene Reihenfolge der Prozessschritte gibt primär die Dokumentation des Entwicklungsprozesses in der Studienarbeit wieder. Der tatsächliche Verlauf der Entwicklung wird damit nicht komplett widerspiegelt. Die Darstellung des Prozesses als Sequenz ist eine Vereinfachung, da viele Prozesse in der Realität parallel ablaufen. Auch sind keine Angaben zur Dauer der einzelnen Schritte enthalten. Manche Schritte wurden im Rahmen einer mehrstündigen Teamsitzung durchgeführt, andere Schritte zogen sich über Tage oder sogar Wochen hinweg, wobei die Arbeit an der jeweiligen Aufgabe immer wieder unterbrochen wurde. Bei der Ableitung von Aussagen aus dieser Form der Prozessdarstellung sind diese Einschränkungen zu berücksichtigen und in die Bewertung der Rückschlüsse einzubeziehen.

4.1.6 Problematik und Fazit

Vorgehensmodelle der Entwicklungsmethodik haben in vielen Projekten ihre Berechtigung nachgewiesen. In der Praxis trifft man auf Situationen, in denen ein stringentes Vorgehen nach einem Vorgehensmodell äußerst wertvoll und auch notwendig ist. Genauso existieren jedoch Situationen, in denen sich dadurch keine unterstützende Wirkung zeigt. In der Anwendung kommt es, bedingt durch mangelndes Verständnis und zu wenig Training, häufig zu der Fehleinschätzung, dass eine Adaption des Vorgehens nicht erlaubt oder gewünscht ist. Jedoch bedarf es je nach Entwicklungssituation unterschiedlicher Vorgehensweisen, um effektiv und effizient ans Ziel zu gelangen. Viele Vorgehensmodelle versäumen es, den Entwickler aufzufordern, situations- und problemspezifisch zu handeln [LINDEMANN 2007, S. 37].

Jedoch sind Vorgehensmodelle, wie alle Modelle, zweckorientierte und reduzierte Abbilder der Realität. Dadurch kann es geschehen, dass wichtige Punkte ausgeblendet werden und als Einflussparameter bei der Anwendung des Modells nicht mehr zur Verfügung stehen. Bei der Verwendung von Vorgehensmodellen ist daher immer eine kritische Betrachtung notwendig. Eine unreflektierte und an die gegebene Situation nicht angepasste Anwendung kann zu Fehlern führen. Daher kann sich beim Anwender leicht eine generelle Frustration gegenüber der Verwendung von Vorgehensmodellen einstellen, ohne dass der Grund des Versagens des Modells analysiert wurde. Im Folgenden werden einige wichtige Probleme, die im Zusammenhang mit der Verwendung von Vorgehensmodellen auftauchen, und die für die Zwecke dieser Arbeit von Bedeutung sind, diskutiert.

4.1.6.1 Granularität und Spezifität

Es existiert eine Reihe von Problemen, welche die operative Anwendbarkeit von Vorgehensmodellen in konkreten Entwicklungssituationen erschweren. Zwei grundsätzliche Probleme sind die einer zu geringen Granularität bzw. einer zu niedrigen Spezifität. Domänenspezifische Vorgehensmodelle auf übergeordneter Ebene (Makrologik) weisen eine sehr geringe Granularität auf. Zwar werden grobe Arbeitsschritte und zugeordnete Ergebnisse beschrieben, eine Planung und Steuerung des Vorgehens auf der Ebene operativer Arbeitsschritte wird jedoch nicht unterstützt. Andererseits besitzen insbesondere Vorgehensmodelle der Problemlösung einen Metamodell-Charakter mit Anspruch auf hoher Allgemeingültigkeit und Anwendbarkeit in vielen Situationen. Sie müssen für eine operative Anwendung daher zunächst auf die Situation übertragen und konkretisiert werden.

In diesem Zusammenhang sei die Untersuchung von JÄNSCH & BIRKHOFFER erwähnt [JÄNSCH & BIRKHOFFER 2006]. Sie vergleichen Gestaltungsrichtlinien für die Entwicklung und Konstruktion, die im Laufe der Geschichte der Entwicklungsmethodik entstanden sind: die Wegleitung zur Erfindung [KESSELRING 1954], die Konstruktionssystematik [HANSEN 1965], die VDI-Richtlinie 2222 [VDI 1977] und die VDI-Richtlinie 2221 [VDI 1993]. Es wird eine Veränderung in der Natur der Richtlinien festgestellt: von anfänglich konkreten, an das Individuum adressierten Denk- und Handlungsanweisungen hin zu holistischen, allgemeingültigen und branchenübergreifenden, deutlich systemtechnisch und wissenschaftlich geprägten Vorgehensmodellen. Auch rückt der Fokus weg vom Individuum (dem Entwickler) hin zur Adressierung des gesamten Unternehmens. Die Terminologie veränderte sich vom Alltagsvokabular des Konstrukteurs hin zu einem abstrakten, technischen Vokabular, das ein

beträchtliches Hintergrundwissen erfordert, um eine korrekte Interpretation zu ermöglichen. Als Beispiel werden die Begriffe ‚Spezifikation‘, ‚Wirkprinzip‘ und ‚Konzept‘ angeführt.

Ferner weisen JÄNSCH & BIRKHOFFER darauf hin, dass Richtlinien wie die VDI 2221 in der Regel lediglich auf die darin enthaltenen Flussdiagramme reduziert werden, die damit zum dominanten und fokussierten Teil der Richtlinie geraten, wodurch jedoch eine Menge wichtiger Information, welche in den Richtlinien enthalten ist, ignoriert wird. So seien im Weißdruck sehr viele Informationen zur Unterstützung des menschlichen Denk- und Problemlöseprozesses enthalten, die nicht alleine durch die Flussdiagramme abgedeckt werden. Diese Feststellung deckt sich mit den eigenen Erfahrungen des Autors dieser Arbeit basierend auf dem Studium zahlreicher Ausführungen zur VDI-Richtlinie 2221 in der Literatur.

Für die konkrete Anwendung der Richtlinie durch einen Entwickler sind folgende Dinge notwendig [JÄNSCH & BIRKHOFFER 2006, S. 51-52]: die Kenntnis der vollständigen Richtlinie (nicht lediglich des Flussdiagramms), die Vertrautheit mit der Terminologie und die Adaption der abstrakten Instruktionen hinsichtlich der eigenen Denk- und Handlungsweisen sowie der spezifischen Situation. Diese Voraussetzungen sind nach Einschätzungen des Autors bei Entwicklern in der Praxis nicht erfüllt, was die Möglichkeiten einer „korrekten“ Anwendung der VDI-Richtlinie 2221 in Frage stellt¹⁰. Letztendlich fordern JÄNSCH & BIRKHOFFER, dass die Forschung wissenschaftliche Erkenntnisse in konkrete Handlungsanweisungen zu überführen hat und dabei einen Fokus auf tatsächliche Probleme legen sollte, die in der Industrie zu beobachten sind. Die durchaus wertvollen Informationen, die in Konstruktionsrichtlinien wie der VDI 2221 enthalten sind, sollten an den einzelnen Entwickler und die identifizierten Probleme gerichtet und angepasst werden. Dadurch wird eine effektivere Nutzung der vielen wertvollen Informationen, die in den Richtlinien vorhanden sind, erhofft.

4.1.6.2 Darstellung spezifischer Sichten

Angesichts der hohen Anzahl verfügbarer Vorgehensmodelle (die oben vorgestellten Modelle repräsentieren nur eine geringe Auswahl) stellt sich auch die Frage, welches Vorgehensmodell eigentlich wann sinnvoller Weise anzuwenden ist? Als wichtig wird hier die Tatsache erachtet, dass Vorgehensmodelle jeweils spezifische Sichten darstellen (z. B. Problemlösung, Systemlebenslauf, Produktkonkretisierung, Informationsverarbeitung etc.) und reale Entwicklungsprozesse zumeist nicht umfassend abzubilden vermögen. Daher erscheint unter Umständen eine geeignete Kombination von Modellen sinnvoll. Die Notwendigkeit der Verknüpfung von Vorgehensmodellen ergibt sich beispielsweise beim Übergang zwischen verschiedenen Ebenen der Granularität, da wie bereits angesprochen für verschiedene Auflösungsgrade der Betrachtung unterschiedliche Modelle Gültigkeit besitzen. EHRENSPIEL bettet beispielsweise den Vorgehenszyklus zur Problemlösung in ein Modell der Lebensphasen eines Systems bzw. eines Produkts ein [EHRENSPIEL 2003, S. 89].

¹⁰ Hier ist zu berücksichtigen, dass die VDI-Richtlinie 2221 eigentlich nicht für die Praxis entwickelt worden war, sondern primär für die Lehre, um überhaupt erst ein Rückgrat für die Vermittlung eines systematischen Konstruierens zu schaffen (Aussage von Prof. Hans-Joachim Franke, Mitglied in dem Gremium, das die Richtlinie entwickelte, in einem persönlichen Gespräch mit dem Autor dieser Arbeit im Rahmen eines Symposiums).

Doch auch auf derselben Stufe der Granularität stellt sich die Frage, wie sich Vorgehensmodelle sinnvoll verknüpfen lassen. Bild 58 zeigt einen Ansatz, der das Vorgehen zur Problemlösung mit dem Vorgehen in der Produktkonkretisierung kombiniert [PONN & LINDEMANN 2005]. Hierfür wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit das Netzwerk des Münchener Vorgehensmodells aufgebrochen und die sieben Elemente auf der nach rechts verlaufenden Achse dargestellt. Ansonsten wäre eine 3D-Darstellung notwendig gewesen, wie rechts unten in Bild 58 angedeutet, was die Komplexität deutlich erhöht hätte. Die Schritte der Produktkonkretisierung nach VDI 2221 wurden auf die vier Stufen Anforderung, Funktion, Prinzip und Gestalt reduziert und auf der nach unten verlaufenden Achse angetragen.

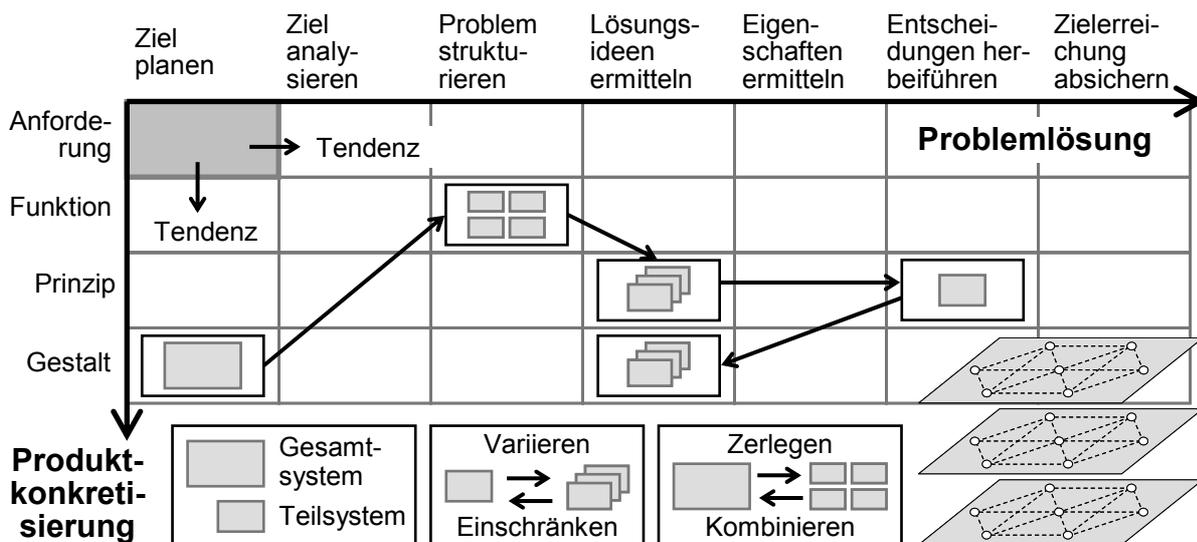


Bild 58: Kombination von Vorgehensweisen zur Problemlösung und Produktkonkretisierung

Das Vorgehen im Entwicklungsprozess lässt sich somit als Navigation durch einen zwei-dimensionalen Raum darstellen. Das Fortschreiten in der Problemlösung entspricht einer Bewegung nach rechts, das Fortschreiten in der Produktkonkretisierung einer Bewegung nach unten. Tendenziell findet somit eine Bewegung von links oben nach rechts unten statt. Jedoch lassen sich auch Rücksprünge, Iterationen etc. darstellen. Die 28 möglichen Felder, die sich rein rechnerisch ergeben, werden vermutlich je nach Projekt und Situation unterschiedliche Relevanz besitzen. Als Zusatzinformation wurde durch die Wahl grafischer Elemente die Art der Tätigkeit (zerlegen, kombinieren, variieren, einschränken) dargestellt. Außerdem wurde berücksichtigt, ob sich ein Schritt auf das Gesamtsystem oder auf Teilsysteme (beispielsweise Teilfunktionen) bezieht. Hierdurch lassen sich zwar mehr Aspekte abbilden als in jedem der einzelnen Vorgehensmodelle, jedoch dürfte aufgrund der Komplexität der Anordnung eine praktische Handhabung des Modells zur Prozessplanung oder Prozessreflexion vor allem dem ungeübten Anwender Schwierigkeiten bereiten. Folglich erscheint es durchaus sinnvoll, dass sich ein Vorgehensmodell jeweils auf die für seinen Anwendungszweck wesentlichen Aspekte von Entwicklungssituationen bzw. -prozessen konzentriert.

MÖHRINGER beschäftigt sich ebenfalls mit Vorgehensmodellen der Produktentwicklung, speziell unter dem Gesichtspunkt der Entwicklung mechatronischer Systeme. Er entwickelt dabei einen Ansatz zur normierten Beschreibung von Vorgehensmodellen mittels der Visualisierung in einem imaginären Raum [MÖHRINGER 2004, S. 27]. Dieser wird durch drei Dimensionen

aufgespannt: Phasen (Entwicklungsschritte), Ergebnisse (Produktzustände) und eine spezifische Dimension, die bei den Vorgehensmodellen unterschiedlich ausgeprägt sein kann (z. B. Produktreife, Prozesse, Betrachtungsebenen). Er veranschaulicht existierende Vorgehensmodelle in diesem dreidimensionalen Raum (Würfel), indem er für verschiedene Elemente (Prozessbausteine, Strategien, Methoden, Aktivitäten, Werkzeuge) ein grafisches Vokabular vorgibt. Daraus ergibt sich eine interessante neue Darstellungsform für Vorgehensmodelle, die aber äußerst komplex erscheint. Dennoch ist der Wert einer normierenden Beschreibung von Vorgehensmodellen zu betonen, um deren Vergleichbarkeit zu erhöhen. Schließlich gehen inhaltliche Ähnlichkeiten in den Modellen oft durch die grafische Divergenz unter.

4.1.6.3 Flexibilität und realitätsgerechte Anwendbarkeit

In der Literatur wird häufig eine erhöhte Flexibilität in der Anwendung der Entwicklungsmethodik gefordert, um der Dynamik und Verschiedenartigkeit von Entwicklungsprozessen und der Vielzahl der Einflussfaktoren und Abhängigkeiten in der Praxis gerecht zu werden [EHRENSPIEL 2003, S. 292]. Dies kann man insbesondere auf den Umgang mit Vorgehensmodellen beziehen. Nähere Hilfestellungen in Bezug auf die Frage, wie diese flexible Modellanwendung in der Praxis konkret erfolgen soll, werden aber oft vermisst. Es werden im Folgenden zwei grundlegende Modelltypen unterschieden und diskutiert (siehe Bild 59). Diese können als Extrempositionen im großen Spektrum der Vorgehensmodelle angesehen werden und werden von BRAUN einerseits als ‚präskriptiv prozedurales Vorgehen‘, andererseits als ‚flexibel adaptives Vorgehen‘ bezeichnet [BRAUN 2005, S. 31].

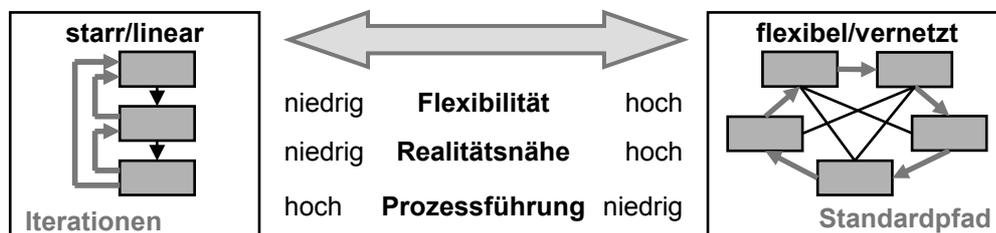


Bild 59: Typen von Vorgehensmodellen und deren Eigenschaften

Viele Modelle stellen einen **linearen Ablauf** dar, der Schritt für Schritt abuarbeiten ist. Ein Vorteil liegt hier in einer guten Prozessführung des Entwicklers, er muss lediglich dem starren Ablauf folgen. Jedoch mangelt es bei diesen Modellen an Flexibilität und Realitätsnähe. Dem Aspekt der notwendigerweise situationsabhängigen Anwendung wird lediglich Rechnung getragen mit einem Hinweis zur iterativen Anwendung und entsprechenden rückwärts gerichteten Pfeilen in der ansonsten sequenziellen Darstellung. Die Entscheidung, wann ein Rücksprung sinnvoll ist, wird jedoch meist nicht näher unterstützt. Ein Kritikpunkt an einem derart präskriptiven Charakter, durch den viele Leitlinien der Konstruktionsmethodik charakterisiert sind, ist, dass sie dem Konstruktionspraktiker vorschreiben, wie er arbeiten sollte, ohne dass dabei eine Anpassung des Vorgehens an die Praxisbedingungen und den individuellen Arbeitsstil des Konstrukteurs/Entwicklers erfolgen [GÜNTHER 1998, S. 21].

Neuere Modelle legen Wert auf ein Aufbrechen der linearen Sequenz und zeichnen sich durch eine **netzwerkartige Darstellung** aus (z. B. Konstruktionslandkarte [SCHRODA 2000], Münchener Vorgehensmodell [LINDEMANN 2007]). In der Reflexion eines abgeschlossenen Pro-

zesses kann das Vorgehen durch eine Verbindung der einzelnen Elemente dargestellt werden. Eine Prozessplanung im Voraus ist allerdings angesichts der großen implizierten Freiheiten schwierig. Im Prinzip ist jedes Element mit jedem kombinierbar, relevante Kombinationen hängen aber in der Regel wieder von der Situation ab. Hilfestellung kann hier ein „Standardpfad“ bieten. Jedoch erscheint es unwahrscheinlich, dass ein einziger Standardpfad alle denkbaren Situationen der Anwendung abdeckt. Denkbar wäre es vielmehr, für eine Menge repräsentativer Anwendungsszenarios entsprechende Vorgehensweisen (d. h. Pfade durch ein Vorgehensmodell) zu entwickeln. Jedoch müsste dieser Ansatz konkretisiert und auf Praktikabilität untersucht werden, um hier eine nähere Aussage treffen zu können.

4.2 Gezielter Einsatz von Arbeitsmethoden

Methoden werden in Entwicklungsprozessen eingesetzt, um eine systematische und zielgerichtete Ausführung der jeweiligen Aktivitäten zu unterstützen. Der Themenbereich der Produktentwicklungsmethoden ist Gegenstand vielfältiger Forschungsaktivitäten, die sich z. B. der Entwicklung, der Flexibilisierung oder der Vermittlung von Methoden an die Praxis widmen. An dieser Stelle wird ein Überblick über wesentliche Erkenntnisse gegeben, die für die vorliegende Arbeit von Relevanz sind. Zunächst erfolgen eine Beschäftigung mit dem Methodenbegriff und eine Abgrenzung zu verwandten Begriffen. Danach werden Ansätze zur Beschreibung und Charakterisierung von Methoden untersucht. Im Anschluss wird eine Auswahl an Methodensammlungen hinsichtlich der darin enthaltenen Methoden und der Zugriffsmöglichkeiten auf diese Methoden analysiert. Ferner erfolgen eine Diskussion der allgemeinen Mechanismen des Methodeneinsatzes sowie eine Analyse der Methodenanwendung im Rahmen von konkreten studentischen Entwicklungsprojekten. Abschließend werden wesentliche Probleme mit dem Einsatz von Methoden herausgearbeitet, die es in dieser Arbeit zu adressieren gilt, und ein Fazit gezogen.

4.2.1 Methode: Begriffsdefinition und Abgrenzung

MÜLLER definiert eine **Methode** als eine Menge von Vorschriften, deren Ausführung den Vollzug einer als zweckmäßig erachteten Operationsfolge unter gegebenen Bedingungen hinreichend sicherstellt [MÜLLER 1990, S. 17]. In dem Verständnis dieser Arbeit beschreiben Methoden ein regelbasiertes und planmäßiges Vorgehen, nach dessen Vorgabe bestimmte Tätigkeiten auszuführen sind, um ein gewisses Ziel zu erreichen [LINDEMANN 2007, S. 56].

Vorgehensmodelle und Methoden stehen in einem engen Zusammenhang, der Übergang ist tendenziell fließend. ZANKER bezeichnet z. B. Vorgehensweisen der allgemeinen Problemlösung sowie zur Bearbeitung von Konstruktions- und Entwicklungsaufgaben, also Vorgehensmodelle wie sie in Kapitel 4.1.3 diskutiert worden sind, als ‚übergeordnete Methoden‘ [ZANKER 1999, S. 42]. Eine Methode unterscheidet sich von einem Vorgehensmodell primär durch ihre formalisierte Beschreibung und ihren operativen Charakter. Während das Vorgehensmodell angibt, „WAS“ zu tun ist (welche Schritte durchzuführen sind), beschreibt die Methode, „WIE“ etwas zu tun ist (auf welche Art und Weise und mit welchem Ergebnis die Schritte durchzuführen sind) [EVERSHEIM 2003, S. 2]. Durch den oftmals verweisenden

Charakter auf Methoden bilden Vorgehensmodelle gleichzeitig die Grundlage für den Methodeneinsatz [BRAUN 2005, S. 27]. GAUSEMEIER ET AL. unterscheiden Methoden von Spezifikationstechniken [GAUSEMEIER ET AL. 2000, S. 40]. Spezifikationstechniken sind Beschreibungsmittel, welche die Eigenschaften von Produkten und Prozessen abbilden. Im Rahmen dieser Arbeit wird eine derartige Unterscheidung nicht getroffen. Methoden zur Unterstützung konkreter einzelner Arbeitsschritte auf operativer Ebene, die hier im Fokus stehen, werden als **Arbeitsmethoden** bezeichnet [LINDEMANN 2007, S. 57]. Auch HUBKA verwendet den Begriff ‚Arbeitsmethoden‘ und stuft diese als eine der bedeutendsten Operatoren für Arbeitsprozesse ein, neben dem Konstrukteur selbst und den Fachinformationen [HUBKA 1976, S. 66].

Als **Methodik** wird dahingegen einerseits die Theorie von Methoden allgemein verstanden [MÜLLER 1990, S. 17], andererseits wird damit auch die Zusammenfassung mehrerer Vorgehenspläne und Methoden bezeichnet [PULM 2004, S. 79]. Methodiken im Sinne dieser Arbeit stellen beispielsweise das Quality Function Deployment (QFD), die Szenariotechnik oder TRIZ dar. **Strategien** sind langfristig angelegte Pläne zur Erreichung grundlegender Ziele [LINDEMANN 2007, S. 14]. Sie sind daher auch Grundlage für die Auswahl geeigneter Methoden und Hilfsmittel zur Zielerreichung und geben dem Entwicklungsprozess einen Handlungsrahmen. Als Synonym für übergeordnete Strategien verwendet ZANKER den Begriff Philosophie [ZANKER 1999, S. 38]. In der Produktentwicklung angewandte Strategien sind unter anderem die Integrierte Produktentwicklung ([ANDREASEN & HEIN 1987], [EHRLENSPIEL 2003]), das Simultaneous Engineering [BULLINGER & WARSCHAT 1996] oder das Lean Development [WOMACK & JONES 1996].

Als **Grundprinzipien** werden dagegen allgemeine Strategien oder Grundsätze verstanden, die das Handeln des Entwicklers im Entwicklungsprozess unabhängig von der konkreten Problemstellung prägen [LINDEMANN 2007, S. 54]. Grundprinzipien verkörpern präskriptive Verhaltensweisen und dienen als elementare Gestaltungselemente des Vorgehens. Beispiele sind das Vorgehen ‚Vom Ganzen zum Detail‘, ‚Vom Abstrakten zum Konkreten‘ oder ‚Denken in Alternativen‘ ([DAENZER & HUBER 1999], [LINDEMANN 2007, S. 54-56]). Der Unterschied zwischen Methoden und Grundprinzipien des Handelns besteht darin, dass Grundprinzipien allgemein und problemunabhängig formuliert sind, während Methoden oftmals einen spezifischen Anwendungszweck besitzen. Letztendlich finden sich die Grundprinzipien in vielen Methoden wieder und prägen dadurch deren Wirkungsweise. Auf einer ähnlichen Ebene sind **Elementarmethoden**¹¹ ([AMBROSY 1997, S. 85-86], [ZANKER 1999, S. 86]) anzusiedeln, die sich aus der Zergliederung von Methoden in die sie konstituierenden Bestandteile ergeben.

Werkzeuge unterstützen und erleichtern die praktische Anwendung und Überprüfung von Methoden [WENZEL 2003, S. 21]. Die Bandbreite, die der Begriff Werkzeug abdeckt, ist groß und reicht von einfachen Hilfsmitteln, wie z. B. Formblättern und Checklisten, bis hin zu komplexer Software, beispielsweise zur Simulation. **Hilfsmittel** bezeichnen allgemein Möglichkeiten der Unterstützung des Entwicklungsprozesses und bilden damit den Oberbegriff für Vorgehensmodelle, Methoden und Werkzeuge.

¹¹ In anderen Arbeiten ist auch von ‚methodischen Funktionen‘ [GERST 2002, S. 77] oder von ‚Denkbausteinen von Methoden‘ [HUTTERER 2005, S. 102] die Rede. Damit wird zwar ein etwas anderer Fokus geschaffen, letztendlich sind jedoch hohe Ähnlichkeiten zum Konzept der Elementarmethode vorhanden.

Methoden lassen sich schwer hierarchisch strukturieren. Besser eignet sich hierzu die Form eines flexiblen Netzwerks, in dem einzelne Methoden sowie deren Teilschritte als Module in anderen Methoden Anwendung finden [LINDEMANN 2003]. Wie ein derartiges Netzwerk schematisch aussehen könnte, ist in Bild 60 dargestellt.

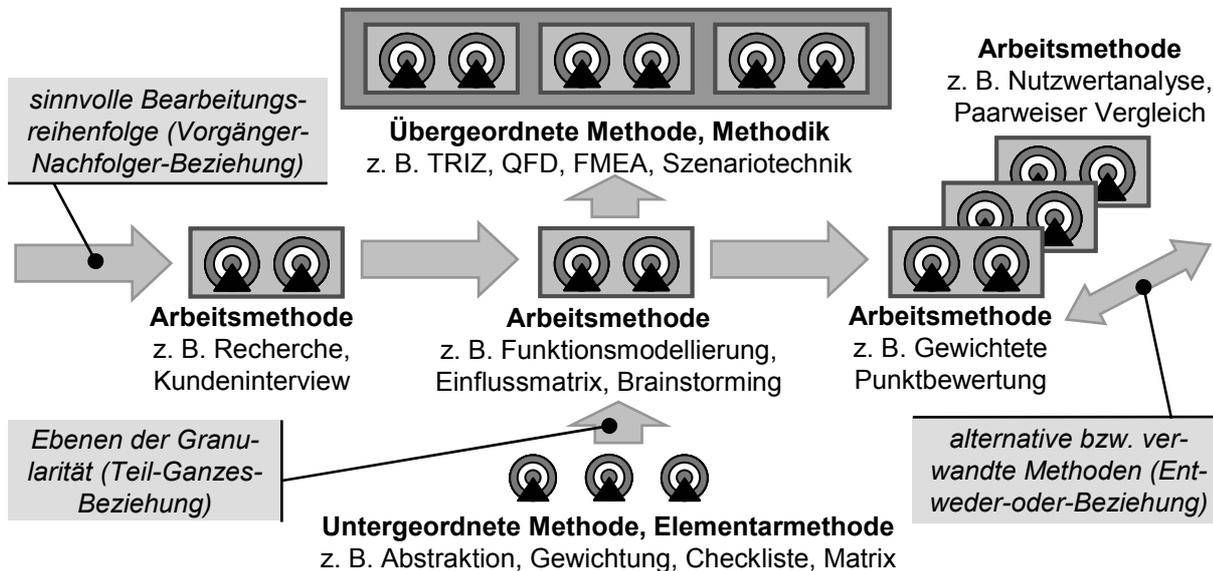


Bild 60: Darstellung der Zusammenhänge zwischen Methoden in einem flexiblen Netzwerk

4.2.2 Beschreibung und Charakterisierung von Methoden

Zur Darstellung des Aufbaus von Methoden, d. h. der beschreibenden und charakterisierenden Elemente von Methoden, wurden in der Vergangenheit verschiedene Modelle entwickelt. Als ein repräsentativer Vertreter für **Methodenbeschreibungsmodelle** sei exemplarisch das ‚Prozessorientierte Methoden-Modell‘ (PoMM) erwähnt ([BIRKHOFFER ET AL. 2001], [BIRKHOFFER ET AL. 2002, S. 19], [BERGER 2004, S. 174 FF.]). In diesem wird dem Umstand Rechnung getragen, dass die Anwendung einer Methode als Prozess aufgefasst werden kann, in welchem ein Anfangszustand (Input) in einen Endzustand (Output) überführt wird. Daher benötigt der Entwickler eine prozessorientierte Methodenbeschreibung mit der Spezifizierung von Input und Output, ergänzt um weitere Einflussparameter, z. B. Nutzereigenschaften oder Hilfsmittel. Das in Bild 61 dargestellte Modell beschreibt Entwicklungsmethoden in einer standardisierten, strukturierten Form und ermöglicht dadurch einen individuellen, flexiblen Zugang zu einzelnen Elementen der Methodenbeschreibung, um damit den Anforderungen verschiedener Nutzer und Anwendungen gerecht zu werden.

STETTER präsentiert ebenfalls ein Modell, in welchem Beschreibungselemente von Methoden in ihrem Zusammenhang dargestellt werden. Hier wird insbesondere der Unterschied zwischen essentiellen und variablen bzw. zwischen abstrakten und konkreten Methodenmerkmalen betont [STETTER 2000, S. 94]. Im ‚Münchener Methodenmodell‘ werden Beschreibungselemente von Methoden im Kontext der einzelnen Schritte des Methodeneinsatzes diskutiert ([BRAUN 2005, S. 34], siehe auch Kapitel 4.2.3). Weitere Methodenmodelle finden sich beispielsweise bei [ZANKER 1999, S. 73] und [DOBBERKAU 2002, S. 16].

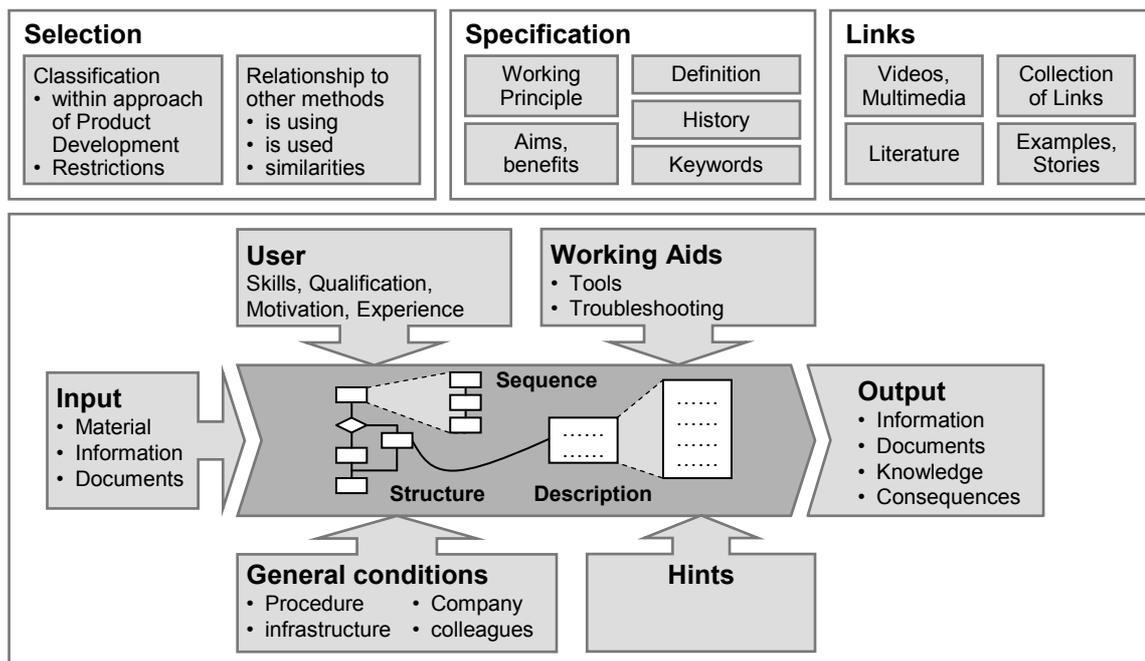


Bild 61: Prozessorientiertes Methoden-Modell (nach [BIRKHOFER ET AL. 2002, S. 19])

Von essenzieller Bedeutung für einen gezielten Methodeneinsatz ist zunächst die Frage, welche **Beschreibungsmerkmale für Methoden** geeignet sind. In der Literatur ist in diesem Zusammenhang von Methodenmerkmalen, Methodendeskriptoren [BERGER 1998, S. 70] oder Methodenattributen [BRAUN 2005, S. 126] die Rede.

In der Literatur finden sich zahlreiche Sammlungen an Methodenmerkmalen. GRÖBER entwickelt z. B. eine morphologische Systematik für Problemlöseverfahren mit 28 Merkmalen [GRÖBER 1992, S. 88 FF.]. WACH präsentiert ein Ordnungsschema für Hilfsmittel der Produktentwicklung, das insgesamt 27 Beschreibungsmerkmale enthält [WACH 1994, S. 44]. Deutlich umfangreicher ist die Sammlung an Methodenmerkmalen bei HELBIG. Hier sind insgesamt 69 einzelne Merkmale angegeben. Jedoch sind in der Auflistung, anders als bei GRÖBER und WACH, auch administrative Kriterien wie Methodenautor, Erstellungsdatum und Versionsnummer enthalten [HELBIG 1994, S. 94-95]. Alle genannten Merkmalsammlungen (siehe Anhang, Kapitel 10.4) sind ähnlich aufgebaut: die Merkmale sind in Obergruppen bzw. Kategorien organisiert, danach folgt eine Auflistung der Merkmale und schließlich mögliche Ausprägungen im Sinne einer Morphologie. Ein spezieller Aspekt bei HELBIG ist die Tatsache, dass zu etlichen Merkmalen weitere Benennungen angegeben sind, die das Verständnis erhöhen (z. B. Verträglichkeit und Kompatibilität beim Merkmal ‚Weiterverarbeitung‘).

ZANKER diskutiert die „Methodenmerkmalskataloge“ nach WACH und HELBIG und stellt fest, dass diese Beschreibungsformen von Methoden nicht allen Anforderungen gerecht werden können, die für einen effektiven Methodeneinsatz notwendig sind: die Vielzahl der angegebenen Merkmale trägt eher zur Erhöhung der Komplexität statt zu ihrer Reduzierung bei. Auch bestehen viele Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Merkmalen. Er folgert, dass die Reduktion auf voneinander unabhängige und relevante Methodenmerkmale deshalb erforderlich ist, um die Suche und die Auswahl der „richtigen“ Methode für den Anwender zu erleichtern [ZANKER 1999, S. 46].

4.2.3 Methodensammlungen der Produktentwicklung

Eine Vielzahl an Methoden der Produktentwicklung ist prinzipiell verfügbar. So existieren umfangreiche **Methodensammlungen** für die Produktentwicklung und Konstruktion (z. B. [EHRENSPIEL 2003], [PAHL ET AL. 2005], [LINDEMANN 2007]) und für verwandte Themenfelder wie den Innovationsprozess [EVERSHEIM 2003] oder das Systems Engineering [DAENZER & HUBER 1999]. Neben einer mehr oder weniger ausführlichen Beschreibung der Methoden erfolgt meist eine Zuordnung zu Phasen bzw. einzelnen Aufgaben in den zu unterstützenden Prozessen sowie eine Zuordnung nach anderen Aspekten wie Organisation, Kosten, Qualität etc. Darüber hinaus existiert eine Reihe von Methodensammlungen für enger gefasste Aufgabenstellungen wie beispielsweise die Produktplanung [BRAUN 2005], das Qualitätsmanagement [DOBBERKAU 2002] oder die Anforderungsklä rung [GRÖBER 1992]. Daneben ist in den letzten Jahren eine Vielzahl an digitalen Methodenkatalogen entstanden, die als webbasierte Methodenportale im Internet zur Verfügung stehen und gegenüber herkömmlichen papierbasierten Versionen mehrere Vorteile bieten.

Als **Methodenbaukasten** bezeichnet EHRENSPIEL eine systematisch geordnete Sammlung von Methoden, die für bestimmte Arbeitsschritte eines Prozesses alternativ eingesetzt werden können und für deren Auswahl Hilfen angegeben sind [EHRENSPIEL 2003, S. 318]. Er beschreibt als Anforderungen, die ein Methodenbaukasten erfüllen muss:

- Verknüpfung zwischen Aufgaben und zweckmäßigen Bearbeitungsmethoden
- Identifizierbare Beschreibung von Methoden
- Bereitstellung von Auswahlkriterien und Hinweisen für den Methodeneinsatz
- Bereitstellung von Hinweisen, wo man mehr über die Methoden erfahren kann
- Erweiterbarkeit und Aktualisierbarkeit

Neben Methodensammlung und Methodenbaukasten wird hier der Begriff **Methodenkatalog** verwendet, in Anlehnung an den von ROTH geprägten Begriff des Konstruktionskatalogs. Nach ROTH ist ein Konstruktionskatalog ein für die Konstruktion nutzbarer, außerhalb des Gedächtnisses meist in Tabellenform vorliegender Wissensspeicher, der nach methodischen Gesichtspunkten erstellt wird, innerhalb eines gegebenen Rahmens weitestgehend vollständig sowie systematisch gegliedert ist. Er ermöglicht einen gezielten Zugriff auf seinen Inhalt und besteht aus einem Gliederungs-, einem Haupt- und einem Zugriffsteil und gegebenenfalls aus einem Anhang [ROTH 1994, S. 420]. Der „Katalog-Gedanke“ wird hier auf Methoden als Elemente des Wissensspeichers übertragen. Die von ROTH formulierten Anforderungen decken sich weitgehend mit den von EHRENSPIEL aufgestellten Anforderungen. Weitere gebräuchliche Begriffe für Methodensammlungen sind Methodenset [GRABOWSKI & PARAL 2004, S. 59] oder Methodenpool [PARAL 2003, S. 52].

Methodenkataloge werden als Grundlage der Unterstützung eines gezielten Methodeneinsatzes angesehen. Im Folgenden werden zwölf konkrete Methodenkataloge näher untersucht, davon acht, die papierbasiert als Bücher erhältlich sind, sowie vier digitale Kataloge, die als webbasierte Internetportale zugänglich sind. Kriterien für die Analyse und den Vergleich der Methodenkataloge sind die Existenz und Art einer Methodenordnung sowie die Form der Methodenbeschreibung und des Methodenzugriffs. Eine Übersicht gibt Bild 62.

Methodensammlung; Anzahl Methoden	Schwerpunkt der Sammlung; Charakteristika	Methoden- ordnung	Methoden- beschreibung
Papierbasierte Methodenkataloge			
VDI-Richtlinie 2221 [VDI 1993]; 77 Methoden	Fokus: Entwicklung & Konstruktion; Zugriff über Arbeitsschritte des Vorgehensmodells (Matrix)	5 Kategorien	---
[Pahl et al. 2005]; 35 Methoden	Fokus: Entwicklung technischer Systeme (Konzipieren, Entwerfen); Zugriff über Matrix	---	uneinheitlich; über das Buch verteilt
[Ehrlenspiel 2003]; 90 Methoden	Fokus: Integrierte Produktentwicklung; allgemeine, organisatorische, sachge- bundene Methoden; Zugriff über Matrix	20 Kategorien	uneinheitlich; über das Buch verteilt
[Daenzer & Huber 1999]; 107 Methoden	Fokus: Systems Engineering (System- gestaltung, Projektmanagemt.); Ordnung nach Problemlösungsprozess	10 Kategorien	uneinheitlich; zusammen- hängend
[Eversheim 2003]; 38 Methoden	Fokus: Planung von Produktinnovationen; Zuordnung zu Elementen des W-Modells	---	standardisiert; Buchanhang
[Strasser 2004]; 106 Methoden	Fokus: Produktentwicklung allgemein; Methodenlandschaft als Mind Map	6 Kategorien	standardisiert; Buchanhang
[Braun 2005]; 52 Methoden	Fokus: Strategische Produkt- und Prozessplanung; Zuordnung zu Phasen und einzelnen Prozessschritten	---	---
[Lindemann 2007]; 83 Methoden	Fokus: Produktentwicklung (Problem- lösung); Methoden im Portal CiDaD enthalten	---	standardisiert; Buchanhang
Digitale Methodenkataloge - webbasierte Methodenportale			
Portal MAP-Tool [RPK - Universität Karlsruhe 2006]; 136 Methoden	Fokus: Prozesskette 'Vom Markt zum Produkt' & Organisationsentwicklung; umfassender Methodenbaukasten	---	standardisiert; Dokumente zum Download
Portal GINA/Methodos [TU Braunschweig, Institut für Konstruktionstechnik 2006]; 63 Methoden	Fokus: Produktentwicklung allgemein; Ordnung der Methoden in einem Methodenbaum; mehrere Zugriffsarten: Methodenindex, Grundtätigkeiten etc.	9 Kategorien	standardisiert; Dokumente zum Download
Portal CiDAD [Lehrstuhl für Produktent- wicklung, TU München 2006]; 83 Methoden	Fokus: Produktentwicklung (Problem- lösung); Zugriff über Münchener Vorgehensmodell, handlungsorientierte "Wie-Fragen" und Methodenliste	---	standardisiert; Dokumente zum Download
Portal Innovations-wissen.de [SPP GmbH 2006]; 63 Methoden	Fokus: Strategie- und Innovations-wissen; Zugriff über generische Leitfäden und Prozessschritte	---	standardisiert; Dokumente zum Download

Bild 62: Übersicht über die in dieser Arbeit untersuchten Methodensammlungen

Bei der **VDI-Richtlinie 2221** handelt sich streng genommen nicht um eine Methodensammlung, sondern vielmehr um eine strukturierte Methodenübersicht [VDI 1993, S. 33 ff.]. In einer Matrix werden die in fünf Kategorien gegliederten Methoden den Schritten des Vorgehensmodells zugeordnet. Die Richtlinie hat lediglich verweisenden Charakter auf Methoden, nähere Informationen müssen dem angegebenen Schrifttum entnommen werden.

Nach PAHL ET AL. sind Konzipieren und Entwerfen die Schwerpunkte bei der Entwicklung eines technischen Systems. Für diese Arbeitsphasen wurden am Ende des Buchs ‚**Konstruktionslehre**‘ anwendbare Methoden und Hilfsmittel zusammengestellt und in einer Matrix den einzelnen Arbeitsschritten zugeordnet [PAHL ET AL. 2005, S. 741-742]. Zusätzlich wird auf die Buchkapitel verwiesen, in denen die Methoden näher behandelt werden.

Die von EHRENSPIEL im Anhang des Buchs ‚**Integrierte Produktentwicklung**‘ zusammengestellten Methoden gliedern sich grob in allgemein anwendbare, organisatorische und sachgebundene Methoden [EHRENSPIEL 2003, S. 689 FF.]. Auch hier erfolgt in einer Matrix die Gegenüberstellung der Methoden zu Arbeitsschritten der Entwicklung und Konstruktion. Außerdem wird die Eignung der Methoden für die Funktionsbereiche Produktion, Vertrieb und Controlling angegeben. EHRENSPIEL schreibt, dass mit dieser Methodensammlung die oben beschriebenen Anforderungen an einen Methodenbaukasten noch nicht erfüllt seien.

DAENZER & HUBER stellen im Buch ‚**Systems Engineering**‘ Techniken und Hilfsmittel für die Unterstützung der Arbeiten bei der System-Gestaltung und beim Projekt-Management im Sinne einer Enzyklopädie dar [DAENZER & HUBER 1999, S. 426 FF.]. Die Ausführungen haben Übersichtscharakter, für detaillierte Erläuterungen wird auf die jeweils angegebene Literatur verwiesen. Gegenüber PAHL ET AL. und EHRENSPIEL werden die Methoden hier in einem zusammenhängenden Buchteil in alphabetischer Reihenfolge beschrieben. Zusätzlich werden die Methoden in einem so genannten ‚SE-Wissensbaum‘ dargestellt.

EVERSHEIM stellt eine Sammlung von Methoden zur systematischen Planung erfolgreicher **Produktinnovationen** zusammen. Die einzelnen Methoden werden in Form von Methodendatenblättern im Anhang des Buchs beschrieben [EVERSHEIM 2003, S. 342 FF.]. Auf jedem Datenblatt ist in einer Grafik gekennzeichnet, für welche Schritte im W-Modell der IRM-Methodik (siehe Kapitel 4.1.3.3) die jeweilige Methode geeignet ist.

STRASSER präsentiert einen Methodenpool für die Produktentwicklung. Die Darstellung der Methodenvielfalt erfolgt in Form einer Mind Map und bildet eine so genannte ‚**Methodenlandschaft**‘ [STRASSER 2004, S. 33]. Die enthaltenen Methoden werden in Klassifikationsdatenblättern, welche in kurzer und prägnanter Weise die wichtigsten Informationen bezüglich Leistungsfähigkeit und Durchführungsaufwand enthalten, im Buchanhang beschrieben. Der Zugriff auf die Methoden erfolgt mittels eines Methodenauswahltools, das auf einem Fragekatalog zur Erfassung der Aufgabenstellung basiert.

BRAUN beschäftigt sich mit Prozessen der **Strategischen Produkt- und Prozessplanung**. Im Anhang seines Buchs gibt er eine tabellarische Übersicht über zugehörige Methoden [BRAUN 2005, S. 236 FF.]. Den Methoden sind jeweils unterstützte Prozessschritte sowie Phasen der Produktplanung zugeordnet. Umgekehrt werden allen Prozessschritten, die in einer weiteren Tabelle alphabetisch aufgeführt sind, entsprechende Methoden zugeordnet. Hierbei gibt es einen Methodenvorschlag zur Bearbeitung des Prozessschritts für Methoden-Anfänger und weitere Methodenalternativen, die Methoden-Fortgeschrittenen eine ressourcenspezifische Auswahl ermöglichen. Eine nähere Beschreibung der Methoden erfolgt nicht, diese sind jedoch im Methodenportal Innovations-wissen.de enthalten.

LINDEMANN beschreibt Arbeitsmethoden zur **Entwicklung technischer Produkte**. Im Hauptteil des Buchs erfolgt eine Orientierung an den Elementen des Münchener Vorgehensmodells. Im Buchanhang werden die Methoden in strukturierter und standardisierter Form beschrieben, um das Verständnis für die situationsgerechte Anwendung der Methoden zu erleichtern [LINDEMANN 2007, S. 239 FF.]. Die Methoden sind alle im selben Beschreibungsformat im Methodenportal CiDaD (Competence in Design and Development) enthalten.

Auf die vier in Bild 62 aufgeführten **Methodenportale** wird weiter unten in Kapitel 4.2.3.3 eingegangen. Die hier betrachteten Methodenkataloge stellen lediglich eine repräsentative Auswahl dar, zumindest für Methodensammlungen im deutschsprachigen Raum. Es existieren ebenfalls zahlreiche Methodensammlungen im internationalen Schrifttum, unter anderem [PUGH 1991], [JONES 1992], [ROOZENBURG & EEKELS 1995], [ULRICH & EPPINGER 1999] und [CROSS 2001].

4.2.3.1 Methodenordnung und -klassifikation

Gerade bei umfangreichen Methodensammlungen ist der Aspekt der Ordnung der beinhalteten Methoden wichtig. Methodenordnungen verschaffen einerseits einen Überblick, zum anderen stellen sie einen Anhaltspunkt für die Auswahl von Methoden dar. Ordnungskriterien können somit als Auswahlkriterien herangezogen werden. In den untersuchten Katalogen bewegt sich der Umfang zwischen 35 Methoden [PAHL ET AL. 2005] und 136 Methoden (Portal MAP-Tool). Hier erscheint durchaus der Bedarf nach einer Ordnung bzw. nach der Schaffung eines Überblicks gegeben.

VDI 2221	Analyse- und Zielvorgabe	Daenzer & Huber	Informationsbeschaffung
	Entwickeln von Lösungsideen		Informationsaufbereitung
	Kosten- und Wirtschaftlichkeitsberechnung		Informationsdarstellung
	Bewertung und Entscheidung		Ziel-Formulierung
	Integrierte Methoden (Handlungsmodelle)		Kreativität
			Optimierung
			Analyse von Lösungen
			Bewertung/Entscheidung
			Projekt-Management
			Allgemein
Ehrlenspiel		Strasser	Situationsanalyse
Allgemein anwendbare Methoden			Ziele, Anforderungen
	Systemmodellierung		Ideengenerierung
	Basismethoden für Prozesse		Beurteilung, Informationsbeschaffung
	Analyse und Strukturierung		Organisation
	Beurteilung und Entscheidung		Universelle Methoden
	Information		
Organisatorische Methoden			
	Aufbauorganisation		
	Ablauforganisation		
	Rationalisierung		
Sachgebundene Methoden			
	Qualität		
	Vorgehen		
	Produktplanung		
	Aufgabenklärung		
	Aufgabenstrukturierung		
	Lösungssuche		
	Kombination (morph. Kasten)		
	Gestaltung		
	Analyse		
	Beurteilung und Entscheidung		
	Information		
	Kostengünstig Konstruieren		
		Portal GINA/Methodos	Analysemethoden
			Aufgabenformulierung
			Basismethoden
			Berechnungsmethoden
			Bewertungsmethoden
			Lösungssuche
			Organisationsmethoden
			Prognosemethoden
			Qualitätsmethoden

Bild 63: Kategorien von Methodenordnungen in den betrachteten Methodensammlungen

In der Literatur existieren viele Möglichkeiten zur Ordnung von Methoden. BRAUN stellt fest, dass für Methodenordnungen eine Vielzahl an Bezeichnungen gewählt wird: Einteilungen, Gruppierungen, Gliederungen, Klassifizierungen, Systematisierungen, Typologien, Synopsen, Taxonomien etc. Ferner gibt er eine umfassende Übersicht über die Vielfalt der Methodenordnungen bzw. zugehöriger Ordnungskriterien [BRAUN 2005, S. 125]. ZANKER vergleicht die Methodensammlungen verschiedener Autoren bezüglich der verwendeten Klassifikationskriterien [ZANKER 1999, S. 44]. Im Rahmen dieser Arbeit werden diejenigen Kriterien fokussiert, die auch tatsächlich zur Ordnung von Methodensammlungen herangezogen werden¹². Von den zwölf betrachteten Methodenkatalogen weisen lediglich fünf eine Methodenordnung auf. Die jeweils verwendeten Ordnungskategorien sind in Bild 63 dargestellt.

Die ausführlichste Methodenordnung ist bei EHRENSPIEL zu finden, der zunächst eine Grobgliederung in allgemein anwendbare, organisatorische und sachgebundene Methoden vornimmt, und innerhalb dieser Kategorien insgesamt 20 Unterkategorien definiert¹³ [EHRENSPIEL 2003, S. 688-693]. Die anderen Methodenordnungen enthalten zwischen fünf und zehn Kategorien. Ein Vergleich der fünf Methodenordnungen führt zu der Erkenntnis, dass viele Ähnlichkeiten existieren. Daher wurde ein allgemeines Kategoriensystem aufgestellt, welchem die Kategorien der einzelnen Autoren zugeordnet wurden (siehe Bild 64). Eine detailliertere Zuordnung ist dem Anhang (Kapitel 10.4) zu entnehmen.

M-ordnung Kategorien	VDI 2221	Ehrlenspiel	Daenzer & Huber	Strasser	Portal GINA/ Methodos
Allgemein	●	●	●	●	●
Organisation		●	●	●	●
Analyse, Planung, Problemklärung, Strukturierung	●	●	●	●	●
Lösungssuche	●	●	●	●	●
Beurteilung, Entscheidung	●	●	●	●	●
Informations- verarbeitung		●	●	●	
Weitere Aspekte (Konstruktion, Optimierung, DFX-Kriterien)	●	●	●		●

Bild 64: Übersicht über Methodenordnungen (allgemeines Kategoriensystem)

¹² Beispielsweise diskutiert BERGER eine Klassifikation von Innovationsmethoden nach dem Erkenntnisprinzip und unterscheidet zwischen empirischen, heuristischen und hermeneutischen Methoden [BERGER 1998, S. 67]. Dieses Ordnungskriterium ist für die in dieser Arbeit betrachteten Methodenkataloge nicht relevant.

¹³ Die Kategorien ‚Beurteilung und Entscheidung‘ und ‚Information‘ tauchen jeweils doppelt auf, sowohl bei den allgemein anwendbaren, als auch bei den sachgebundenen Methoden. Die den Kategorien zugeordneten Methoden sind identisch. Außerdem ähneln sich die Kategorien ‚Analyse‘ bzw. ‚Analyse und Strukturierung‘ bezüglich der hinterlegten Methoden deutlich. Streng genommen sind es damit lediglich 17 Kategorien.

Um die Betrachtung zu fokussieren, werden im Folgenden insbesondere die Kategorien untersucht, die sich den Schritten der Problemlösung zuordnen lassen: Analyse/Planung/Problemklärung/Strukturierung, Lösungssuche und Beurteilung/Entscheidung. Methoden der Kategorien Organisation, Informationsverarbeitung etc. werden aus Gründen des Umfangs trotz ihrer hohen Bedeutung für die Produktentwicklung hier nicht weiter betrachtet, da der Schwerpunkt auf der technischen Konzeptentwicklung liegt.

4.2.3.2 Methodenspektrum und Methodenbezeichnung

Im nächsten Schritt wird der Frage nachgegangen, ob in den einzelnen Methodensammlungen für dieselbe Aufgabenstellung, d. h. denselben Schritt im Problemlösungsprozess, auch vergleichbare Methoden vorgeschlagen werden. Dafür werden wiederum die fünf Methodenkataloge herangezogen, die im vorigen Abschnitt hinsichtlich ihrer Methodenordnungen verglichen worden waren. Die Kataloge werden in Bezug auf die enthaltenen Methoden in der Kategorie Lösungssuche analysiert. Eine genaue Übersicht über den Methodenvergleich ist dem Anhang (Kapitel 10.4) zu entnehmen.

Einige Methoden tauchen in allen fünf Katalogen auf, z. B. Brainstorming, Methode 635 und Synektik. Andere Methoden sind nur jeweils in einem Katalog enthalten, beispielsweise Ideen-Delphi [VDI 1993], Szenario-Planung [DAENZER & HUBER 1999], Progressive Abstraktion [STRASSER 2004] und Quality Function Deployment (Portal GINA/Methodos). Manche Methoden besitzen ähnliche Bezeichnungen wie Morphologischer Kasten, Morphologie, morphologische Schemata. Bei anderen Methoden geht die Verwandtschaft wiederum nicht allein aus deren Namen hervor, beispielsweise bei den Methoden Funktionsgrößenmatrix (Portal GINA/Methodos), Effekte-Lexikon [STRASSER 2004] und Physikalische Effekte [EHRENSPIEL 2003]. Zwischen den Methoden besteht folgender Zusammenhang: Die Funktionsgrößenmatrix dient dem systematischen Zugriff auf in einem Effekte-Katalog bzw. Effekte-Lexikon hinterlegte physikalische Effekte. Die Problematik der Diversität in der Benennung ähnlicher Methoden lässt sich auch an den Methoden veranschaulichen, die der Erarbeitung, Darstellung und Analyse von Funktionen dienen. Funktionsanalyse ist ein Methodenname, der in vier der zwölf Kataloge von Bild 62 vorkommt ([EVERSHEIM 2003], [STRASSER 2004], Portal MAP-Tool, Portal GINA/Methodos). An anderer Stelle ist von Funktionen-Hierarchie [VDI 1993], Funktionsstruktur [PAHL ET AL. 2005] oder Funktionsmodellierung ([BRAUN 2005], [LINDEMANN 2007]) die Rede.

Die Analyse lässt den Schluss zu, dass auf der einen Seite eine Reihe allgemein anerkannter Methoden für die Aufgabenstellungen innerhalb der Produktentwicklung existiert. Auf der anderen Seite ist jeder Methodenkatalog auch durch die individuellen Präferenzen der Autoren geprägt, was sich auf die Gliederung und Strukturierung der Methodensammlung, ihren Umfang sowie Vorkommen und Bezeichnung spezifischer Methoden auswirkt.

4.2.3.3 Methodenbeschreibung

Die alleinige Existenz von Methodensammlungen führt noch nicht dazu, dass Methoden auch tatsächlich in der Praxis eingesetzt werden. Hierfür spielt neben anderen Aspekten die Form der Methodenbeschreibung eine entscheidende Rolle. Bei der Analyse der Beschreibungsformen wird zwischen papierbasierten und digitalen Methodensammlungen unterschieden.

Die Beschreibungen der Methoden in manchen **papierbasierten Katalogen** sind über das gesamte Buch verteilt und besitzen keine einheitliche Form (z. B. [EHRLENSPIEL 2003], [PAHL ET AL. 2005]). Eine bessere Übersicht über die Methoden wird ermöglicht, wenn diese in einem zusammenhängenden Buchteil in alphabetischer Reihenfolge beschrieben werden (z. B. bei [DAENZER & HUBER 1999]). Vor allem in neueren Werken hat sich der Trend durchgesetzt, Methodenbeschreibungen in einer strukturierten und standardisierten Form im Anschluss an den Hauptteil des Buchs zu legen (z. B. bei [EVERSHEIM 2003], [STRASSER 2004], [LINDEMANN 2007]). Standardisierte Methodenbeschreibungen in Form von ‚Methodendatenblättern‘ haben den Vorteil, dass sich der Nutzer einen schnellen Überblick über das verfügbare Methodenangebot verschaffen, gezielt die wesentlichen Aspekte einer Methode erfassen und Methoden besser vergleichen kann. Von den theoretisch möglichen Merkmalen zur Methodenbeschreibung (siehe [GRÖBER 1992], [WACH 1994], [HELBIG 1994]) wird hierbei in der Regel nur eine kleine Anzahl tatsächlich genutzt, was die Übersichtlichkeit erhöht und den Aufwand zur Erstellung der Methodenbeschreibung auf ein sinnvolles Maß begrenzt.

Eine schematische Übersicht über die Inhalte der Methodenbeschreibungen der vier im Rahmen dieser Arbeit näher betrachteten **Methodenportale** gibt Bild 65. In der Regel besitzt jede Methode eine eigene Seite mit Einträgen zu einer unterschiedlich hohen Anzahl von Beschreibungskriterien. Darüber hinaus existieren Verknüpfungen oder Links (im Bild grau hinterlegt) zu weiterführenden Informationen bzw. hinterlegten Dokumenten.

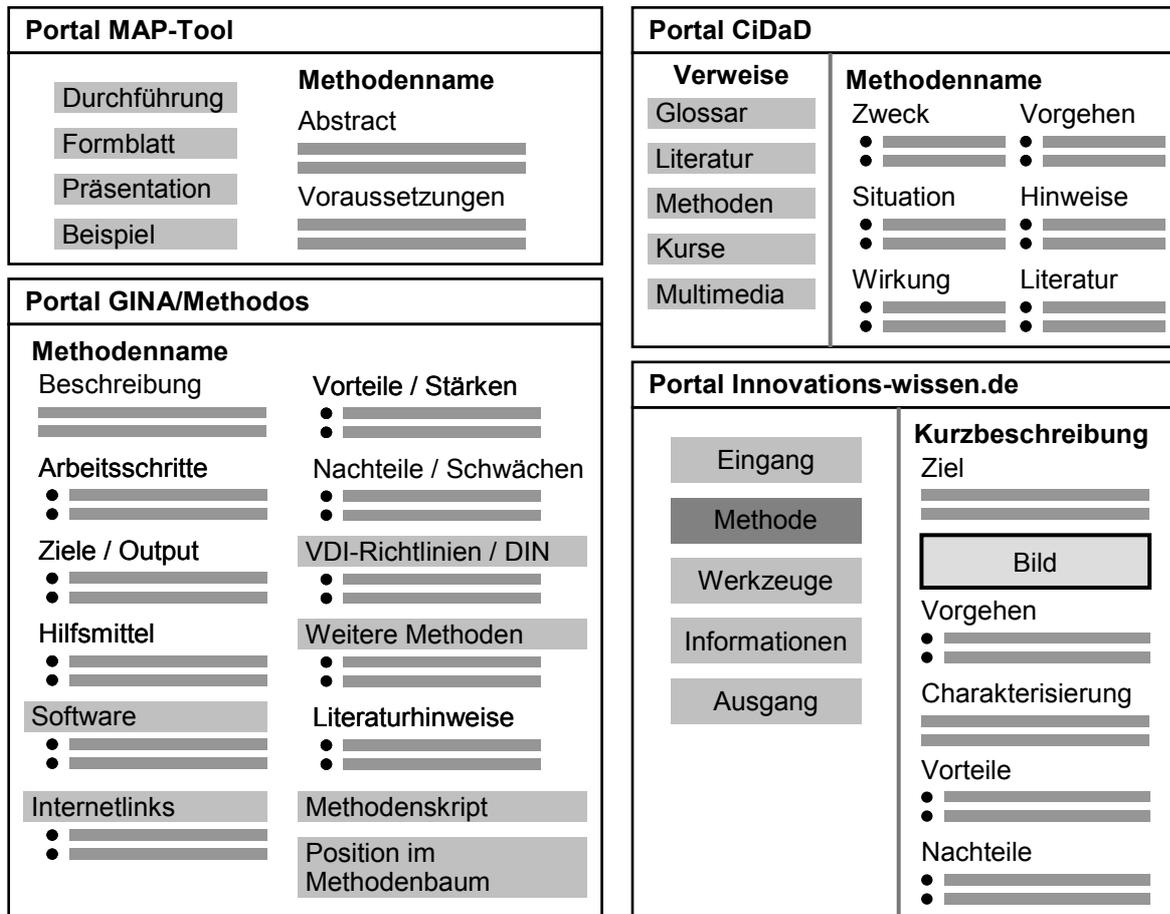


Bild 65: Vergleich von Kriterien zur Methodenbeschreibung bei Methodenportalen

Das **MAP-Tool** [RPK – UNIVERSITÄT KARLSRUHE 2006] ist ein im Rahmen des Verbundforschungsprojekts ‚Vom Markt zum Produkt‘ [SPATH 2001] entwickelter Methodenbaukasten. Mit insgesamt 136 Methoden stellt er eine umfangreiche Übersicht über aktuelle Methoden der Produkt- sowie Organisationsentwicklung zur Verfügung. Um dem Anwender einen Einstieg und Überblick zu ermöglichen, bietet das MAP-Tool eine prozessorientierte Auswahlhilfe für Methoden an [GRABOWSKI & PARAL 2004, S. 33]. Die Prozesskette ‚Vom Markt zum Produkt‘ dient dabei als Referenzmodell für den Innovationsprozess und umfasst vier Prozessebenen sowie eine Methodenebene [SPATH 2001, S. 52]. Auf der vierten Prozessebene werden jeweils alternative Methoden angeboten. Die Informationen auf der Methodenseite sind im MAP-Tool im Vergleich zu den anderen Portalen sehr knapp gehalten. Es finden sich lediglich Einträge bei den Kriterien ‚Abstract‘ und ‚Voraussetzungen‘. Zu ausführlicheren Informationen (in den Kategorien: Durchführung, Formblatt, Präsentation, Beispiel) gelangt man über Verweise am linken Rand der Seite. Das Dokument, das bei ‚Durchführung‘ hinterlegt ist, enthält eine standardisierte Methodenbeschreibung mit über zehn Kriterien. Als Schwachstellen werden u. a. die statische Natur des HTML-basierten Portals sowie der Umstand genannt, dass das schnelle Finden von Methoden nur begrenzt unterstützt wird [GRABOWSKI & PARAL 2004, S. 50]. Tatsächlich ist das Portal sehr unübersichtlich, da das gesamte Prozessmodell mit vier Ebenen auf einer Seite dargestellt wird.

Das Portal **GINA/Methodos** [TU BRAUNSCHWEIG, INSTITUT FÜR KONSTRUKTIONSTECHNIK 2006] ist aus dem Verbundforschungsprojekt ‚Ganzheitliche Innovationsprozesse in modularen Unternehmensnetzwerken‘ (GINA) heraus entstanden [FRANKE ET AL. 2005]. Der Methodenbaukasten ‚Methodos‘ ist dabei eines von sechs ‚GINA-Innovation-Tools‘. Im Portal GINA/Methodos sind die Methodenbeschreibungen ausführlicher, es wurden mehr als zehn Kriterien zur Beschreibung herangezogen. Links zu anderen Methoden, Arbeitsdokumenten etc. wurden direkt in die Methodenbeschreibung integriert. Der Zugriff auf Methoden ist auf verschiedene Arten und Weisen möglich: über eine Stichwortsuche, einen Methodenindex, Methodenklassen, Grundtätigkeiten sowie den Konstruktionsprozess. Ein besonderer Aspekt ist der Link zur Position der Methode in einem Methodenbaum. Von allen vier Portalen ist GINA/Methodos das einzige, das die Methoden in einer hierarchischen Ordnung gliedert und somit eine strukturierte Übersicht über die gesamte Methodensammlung bietet.

Das Entwicklerportal **CiDaD** (Competence in Design and Development) [LEHRSTUHL FÜR PRODUKTENTWICKLUNG, TU MÜNCHEN 2006] soll Produktentwickler bestmöglich beim Erwerb von Methodenwissen sowie bei der Auswahl und Anwendung von Methoden der Produktentwicklung unterstützen. Das CiDaD-Portal besitzt eine Kurs- sowie eine Methodenumgebung, die jeweils unterschiedliche Zugänge zu den hinterlegten Methoden ermöglichen: über Elemente des Münchener Vorgehensmodells, über handlungsorientierte „Wie-Fragen“ sowie über eine alphabetische Methodenliste [PONN & LINDEMANN 2006]. Für die Methodenbeschreibung werden sechs Kriterien verwendet: Zweck, Situation, Wirkung, Vorgehen, Hinweise und Literatur. Die Beschreibungen zeichnen sich durch eine hohe Übersichtlichkeit aus, was neben der relativ geringen Zahl an Kriterien auch daran liegt, dass die Einträge in Spiegelstrichen aufgeführt sind. Ähnlich wie im MAP-Tool existieren Verknüpfungen, die vom Methodenbeschreibungsteil abgekoppelt sind und sich in einer strukturierten Verweisliste am linken Rand des Browserfensters befinden. Im Punkt ‚Multimedia‘ sind Dokumente mit Präsentationen, Beispielen, Arbeitsdokumenten etc. hinterlegt.

Das Portal **Innovations-wissen.de** [SPP GMBH 2006] ist eine universitäre Ausgründung, die die Ergebnisse des Forschungsprojekts ‚Strategische Produkt- und Prozessplanung‘ (SPP) [GAUSEMEIER ET AL. 2004] kommerzialisiert und stetig weiterentwickelt. Das Portal enthält einen Katalog an Prozessschritten und Methoden für die Strategische Produkt- und Prozessplanung. Der Zugang zu Methoden ist direkt, über Prozessschritte oder über generische Leitfäden möglich. Die Methodenbeschreibung orientiert sich an einem prozessorientierten Modell, das durch die Kriterien Eingang, Methode, Werkzeuge, Informationen und Ausgang gekennzeichnet ist. Beim Punkt ‚Methode‘ ist eine Kurzbeschreibung hinterlegt, die vom Umfang her vergleichbar ist mit der Methodenbeschreibung im CiDaD-Portal. Ein besonderes Merkmal hier ist, dass zu einigen Methoden eine Abbildung existiert, die für eine visuelle Auflockerung der ansonsten textlastigen Beschreibung sorgt.

Den Vorteil von Methodenportalen gegenüber herkömmlichen papierbasierten Methodenbaukästen macht vor allem die Tatsache aus, dass zusätzlich zur eigentlichen Methodenbeschreibung weitere Informationen verfügbar gemacht werden können, die eine Anwendung bzw. Vertiefung unterstützen, wie Anwendungsbeispiele oder Arbeitsdokumente. Außerdem bieten sich bessere Möglichkeiten des Zugriffs auf die Methoden und der Verlinkung von Inhalten, beispielsweise die Verknüpfung von Prozessschritten und Methoden.

4.2.4 Einsatz von Methoden im Entwicklungsprozess

Ebenso wie für die Beschreibung des Aufbaus von Methoden existieren Modelle, die den **Einsatz von Methoden** im Rahmen von Entwicklungsprozessen darstellen. Zum Beispiel betont das ‚Münchener Methodenmodell‘ den Einsatz von Methoden im Kontext der Methodenauswahl, -anpassung und -anwendung ([BRAUN 2005, S. 34], siehe Bild 66).

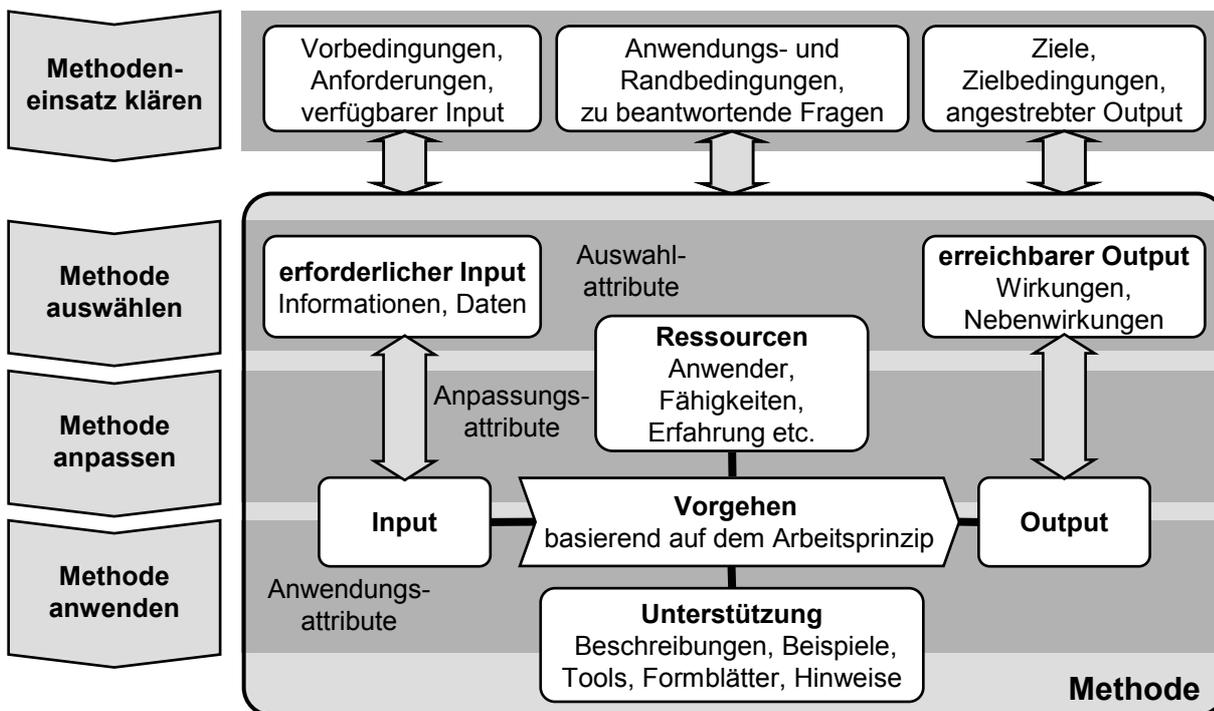


Bild 66: Münchener Methodenmodell [Braun 2005, S.34]

Als grundlegenden Schritt sieht das Modell zunächst die Klärung des Methodeneinsatzes vor. Erscheint ein Methodeneinsatz als angezeigt, so ist eine adäquate Methode auszuwählen. Hier gilt es abzuklären, ob die vorliegende Aufgabenstellung von der Methode unterstützt wird und ob die mit der Methode erzielbaren Ergebnisse mit den angestrebten Zielen übereinstimmen. Zumeist lassen sich Methoden nicht unverändert auf unterschiedliche Einsatzsituationen übertragen, weshalb sie an die individuelle Einsatzsituation anzupassen sind. Soweit möglich sollte eine Anpassung vor der eigentlichen Methodenanwendung erfolgen. Eine fortlaufende Anpassung erfolgt aber auch während der Anwendung. Die Anwendung der Methode umfasst die Bearbeitung der Aufgabenstellung mit Hilfe der Methode. Aus dem für die Methoden-anwendung erforderlichen Input wird durch die Methode ein Output generiert. BRAUN bezeichnet das Modell selbst als „Methode für den Methodeneinsatz“ [BRAUN 2005, S. 35]. Darüber hinaus existiert eine Vielzahl weiterer Modelle, die unterschiedliche Aspekte in den Mittelpunkt der Betrachtung stellen¹⁴. Im Folgenden wird auf den Stand der Forschung bei den Schritten der Methodenauswahl, -anpassung und -anwendung eingegangen.

4.2.4.1 Methodenauswahl

Die Methodenauswahl ist eng gekoppelt mit den Zugriffsmöglichkeiten auf Methodeninformationen in Methodensammlungen. Eine falsche oder mangelhafte Methodenauswahl, die z. B. durch einen ungenügenden Überblick über das vielfältige Angebot der Methoden verursacht wird, ist in hohem Maße verantwortlich für einen nicht erfolgreichen Methodeneinsatz. BRAUN unterscheidet hinsichtlich der Möglichkeiten der Methodenauswahl drei grundlegende Mechanismen [BRAUN 2005, S. 122 FF.]: methodenordnend, methodencharakterisierend und elementarmethodisch. Der elementarmethodische Mechanismus kann auch als Sonderfall des methodencharakterisierenden Mechanismus angesehen werden.

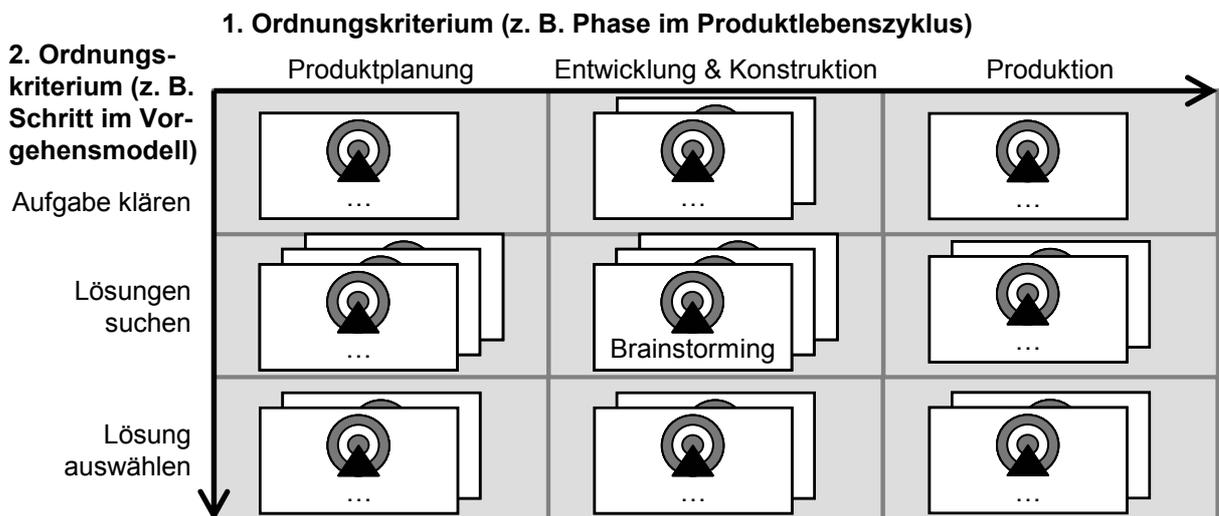


Bild 67: Methodenordnender Mechanismus

¹⁴ Ein Thema, das hier nicht näher betrachtet wird, ist die Entwicklung von Methoden, die dem Methodeneinsatz vorausgeht. WEIGT präsentiert z. B. einen meta-methodischen Ansatz, der eine informationszentrierte Sichtweise auf die Entwicklung und Umsetzung von Methoden realisiert ([WEIGT 2005], [SEIDEL 2005, S. 141-144]).

Der **methodenordnende Mechanismus** (siehe Bild 67) legt einen Fokus auf die gesamte Methodensammlung, die anhand geeigneter Kriterien gegliedert und strukturiert wird („Blick von außen auf die Methode“). Die Darstellung kann anhand einer hierarchischen Struktur oder eines mehrdimensionalen Ordnungsschemas erfolgen. Der Methodenbaum im Portal GINA/Methodos sowie das Prozessmodell im MAP-Tool stellen eine eindimensionale hierarchische Struktur zur Methodenordnung dar. Dabei ist lediglich der Methodenbaum im Portal GINA/Methodos eine „echte“ Methodenordnung, da die Methoden im Katalog eindeutig klassifiziert bzw. nach den Kategorien gegliedert werden. Im MAP-Tool werden viele Methoden mehreren unterschiedlichen Aktivitäten auf Ebene vier zugeordnet.

Der **methodencharakterisierende Mechanismus** nutzt Eigenschaften der Methode, die mit den Eigenschaften der Einsatzsituation abgeglichen werden, um somit Aussagen hinsichtlich der Auswahl einer Methode im Rahmen einer spezifischen Einsatzsituation treffen zu können („Blick in die Methode hinein“, siehe Bild 68). BRAUN stellt fest: „Gestaltet sich schon die Aufstellung einer Ordnung von Methoden als „harte Arbeit“, so ist es noch diffiziler, Methoden durchgängig zu charakterisieren. Gelingt bei vielen Kriterien noch eine grobe qualitative Einschätzung, so „verweigern“ sich viele Methoden hinsichtlich zahlreicher Merkmale einer genauen Quantifizierung. Eine gewisse Unschärfe bzw. Schwierigkeit der Quantifizierung ihrer Einsatzparameter liegt scheinbar in der Natur von Methoden.“ [BRAUN 2005, S. 128].

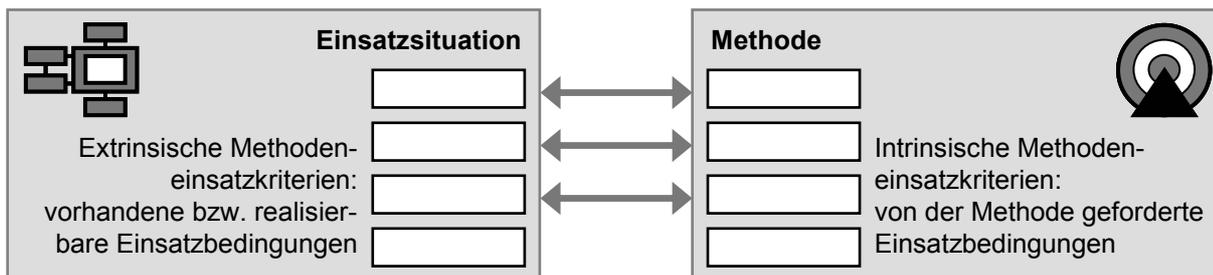


Bild 68: Methodencharakterisierender Mechanismus

Eine Methodenauswahl auf Basis des methodencharakterisierenden Mechanismus wird z. B. bei STRASSER realisiert, der in seiner standardisierten Methodenbeschreibung eine Vielzahl an Kriterien aufführt, die einer Klassifikation von Methoden dienen und somit für die Methodenauswahl herangezogen werden können [STRASSER 2004, S. 37]. Beispielsweise wird zwischen divergenten und konvergenten Methoden, zwischen Methoden für die Einzelarbeit und die Gruppenarbeit, Methoden mit geringem und mit hohem Schulungsaufwand unterschieden.

Einen ähnlichen Ansatz wie STRASSER verfolgt KUHLENKÖTTER, der ein Formblatt zur Klassifikation von Methoden entwickelt [KUHLENKÖTTER 2002, S. 70]¹⁵. Als Klassifikationskriterien verwendet er unter anderem Einsatzgebiete und Aufwand von Methoden. Ein weiterer charakterisierender Ansatz findet sich bei BERGER, der zur Verknüpfung von Innovationsproblemen und -methoden entsprechende Problem- und Methodendescriptoren gegenüberstellt und diskutiert, welche Kriterien jeweils miteinander korrespondieren. Beispielsweise hängt das Kriterium ‚Zielgröße des Innovationsproblems‘ mit dem Kriterium ‚Ergebnis‘ der Methode zusammen [BERGER 1998, S. 70].

¹⁵ KUHLENKÖTTER spricht von PMH-Klassifikation, da er Philosophien, Methoden und Hilfsmittel betrachtet.

Als Beispiel des **elementarmethodischen Mechanismus** sei das Konzept von ZANKER erwähnt. Dieses dient auf der einen Seite der Erhöhung der Flexibilität von Entwicklungsmethoden, auf der anderen Seite verfolgt es eine bessere Anpassung von Methoden an spezielle Aufgaben oder Randbedingungen [ZANKER 1999, S. 83-84]. ZANKER entwickelt insgesamt drei Ansätze: die Verknüpfung von Prozessen und Methoden über Grundtätigkeiten, die Anpassung von Methoden an spezielle Randbedingungen und die Neukombination von Entwicklungsmethoden (siehe Bild 69, Ansatz drei ist dabei nicht dargestellt).

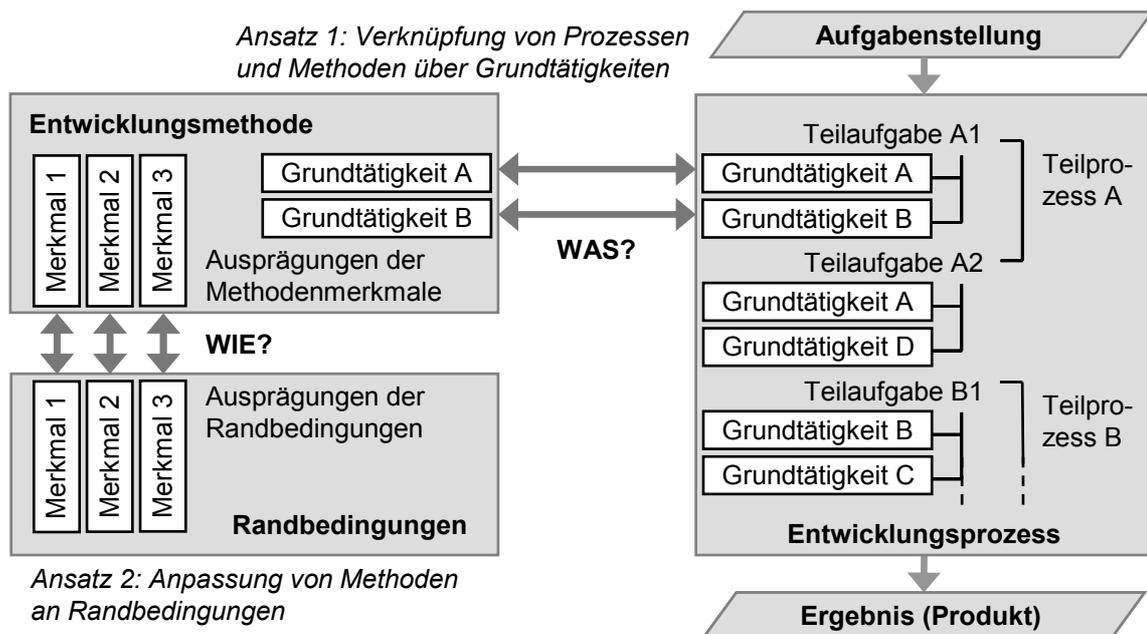


Bild 69: Ansatz zur situativen Anwendung, Anpassung und Neukombination von Entwicklungsmethoden (nach [ZANKER 1999, S. 84])

ZANKER verknüpft Methoden einerseits über Grundtätigkeiten mit Aufgaben und andererseits über Methodenmerkmale mit Randbedingungen [ZANKER 1999, S. 55 ff.]. Die Passfähigkeit zwischen Aufgaben und Methoden bzw. Randbedingungen und Methoden wird als Kongruenz bzw. ‚Schlüssel-Schloss-Prinzip‘ bezeichnet. Grundtätigkeiten bzw. Methodenmerkmale repräsentieren – soweit möglich – überschneidungsfreie und nicht mehr unterteilbare Grundelemente. Von entscheidender Bedeutung ist nach ZANKER, dass die Klassifikation mit den gleichen Grundelementen (Grundtätigkeiten, Methodenmerkmalen) durchgeführt wird [S. 57].

Bei der Suche nach **Klassifikationen von Grundtätigkeiten** wurde eine Reihe von Ansätzen identifiziert: zum einen in der Literatur der Kognitionspsychologie (z. B. [SELZ 1913], [LOMPSCHER 1972, S. 33 ff.], [DÖRNER 1979, S. 111 ff.]) zum anderen in Arbeiten der Entwicklungsmethodik (z. B. [GRÖBER 1992, S. 79-80], [AMBROSY 1997, S. 102], [ZANKER 1999, S. 62-63], [WALLMEIER 2001, S. 61], [DOBBERKAU 2002, S. 22-23], [SIM & DUFFY 2003], [HUTTERER 2005, S. 102 ff.]). Die elementaren kognitiven Operationen bzw. Tätigkeiten des Menschen (hier speziell des Produktentwicklers), die grundlegende Bausteine von Aufgaben und Methoden darstellen, sind immer wieder Gegenstand von Forschungsaktivitäten. Dies ist wohl insbesondere deswegen der Fall, weil sich bis heute noch keine einheitliche Klassifikation durchgesetzt hat. Bild 70 zeigt die Grundelemente verschiedener Ansätze, die Ähnlichkeiten aber auch Unterschieden aufweisen, alleine schon in der Anzahl der Grundelemente.

Lompscher 1972	Ambrosy 1997	Zanker 1999		
Zergliedern	Kombinieren	Durchführen	Zerlegen	Kombinieren
Erfassen	Sammeln/suchen/ Vervollständigen	Erkennen	In Beziehung (zu- einander) setzen	Gewichten
Vergleichen	Vergleichen	Suchen		Bewerten
Ordnen	Zerlegen	Sich informieren	Vergleichen	Festlegen
Abstrahieren	Festlegen/auswählen	Sammeln	Berechnen	(Andere) Informieren
Verallgemeinern	Gewichten/priorisieren	Strukturieren	Simulieren	Beraten
Klassifizieren	Logische Ketten aufzeigen	Abstrahieren	Experimentieren	Darstellen
Konkretisieren	Ordnen/klassifizieren/ strukturieren/sortieren	Konkretisieren	Kreieren	Beschreiben
	Analogie schließen/ Gegensatz finden	Generalisieren	Variieren	Dokumentieren
	Abstrahieren/detaillieren	Wallmeier 2001		
Größer 1992	Eigenschaften erkennen	Ändern	Informieren	Organisieren
Analyse	Darstellen/ dokumentieren	Bewerten	Konfliktlösen	Rückmelden
Prognose	Variieren	Durchsetzen	Kontrollieren	Stören
Planung		Entscheiden	Liefern	Suchen
Ideenfindung		Erfassen	Modellieren	Unterstützen
Bewertung		Generieren	Motivieren	Wiederverwenden
Synthese				
Darstellung				

Bild 70: Elementare Operationen bzw. Grundtätigkeiten in der Literatur

Zahlreiche existierende Ansätze zur Methodenauswahl können nicht eindeutig als ordnend oder charakterisierend eingestuft werden, da sie beide Mechanismen vermischen: methodenbeschreibende Charakteristika werden zur Bildung von Methodenordnungen herangezogen und Ordnungskriterien werden zur Charakterisierung der Methoden verwendet. Weiterhin ist festzustellen, dass bevorzugt Elemente des Entwicklungsprozesses auf unterschiedlichsten Ebenen der Granularität (Phasen, Arbeitsschritte, Aktivitäten, Grundtätigkeiten etc.) als Kriterien für die Methodenauswahl Anwendung finden. Etliche Methodenkataloge orientieren sich an einem Vorgehensmodell und ordnen die beinhalteten Methoden den Elementen des Modells zu. Vertiefende Ausführungen zur Methodenauswahl anhand der in dieser Arbeit untersuchten Methodensammlungen sind dem Anhang (Kapitel 10.4) zu entnehmen.

4.2.4.2 Methodenanpassung

In Bezug auf die Thematik der Methodenanpassung existieren in der Literatur zahlreiche Forschungsarbeiten (z. B. [ZANKER 1999, S. 93 FF.], [DOBBERKAU 2002, S. 36 FF.], [REINICKE 2004, S. 120 FF.], [LÓPEZ-MESA 2004, S. 62], [BRAUN 2005, S. 137 FF.]). DOBBERKAU versteht unter Methodenanpassung „die zweckgebundene Veränderung einer Methode“ [DOBBERKAU 2002, S. 24]. Er stellt am Beispiel des Qualitätsmanagements ein Konzept vor, welches die aufgabenorientierte Anpassung von Methoden ermöglichen soll. Die Anpassung einer Methode erfolgt durch die Anpassung einzelner Methodenelemente, indem diese verändert, hinzugefügt oder entfernt werden [DOBBERKAU 2002, S. 50]. Ebenso wie im Ansatz nach ZANKER setzt auch DOBBERKAU dazu zunächst die Kongruenz von Aufgabe und Methode voraus, verwendet allerdings den Begriff der ‚Konsistenz‘ zwischen Aufgabe und Methode.

Unter Methodenanpassung wird hier explizit eine Anpassung im Kontext der Methoden-anwendung verstanden. Im Gegensatz dazu steht die Anpassung im Rahmen der Methoden-auswahl. Hier spielen die Hierarchieebenen von Methoden eine Rolle. Beispielsweise kann die Auswahl einer (Teil-)Methode innerhalb einer übergeordneten Methodik als Anpassung dieser Methodik aufgefasst werden [BRAUN 2005, S. 138]. Dies spielt für diese Arbeit eine untergeordnete Rolle, da hier ein Fokus auf Arbeitsmethoden gelegt wird. BRAUN betont auch, wie stark Methodenanpassung und flexible Anwendung einer Methode korrelieren.

Eine Anpassung kann prinzipiell auf **zwei Arten** erfolgen: zum einen durch die Anpassung der Methode an den Kontext, zum anderen durch die Anpassung des Kontextes an die Methode. BRAUN spricht hier von Anpassungsrichtungen bzw. Wirkrichtungen bei der Anpassung [BRAUN 2005, S. 138-139]. ZANKER verfolgt nur eine Richtung, nämlich die Anpassung von Methoden an die vorherrschenden Randbedingungen, da Veränderungen der Randbedingungen in seinen Augen mit einem deutlich höheren Umstrukturierungsaufwand verbunden seien als die Modifikation von Methoden [ZANKER 1999, S. 41].

Für die Durchführung dieser Anpassung werden von den meisten Autoren gewisse Fähigkeiten vom Anwender vorausgesetzt, wie Methodenverständnis und Kreativität [DOBBERKAU 2002, S. 67] oder Erfahrung des Anwenders und Kenntnisse hinsichtlich der Grenzen und Möglichkeiten von Methoden [ZANKER 1999, S. 97]. Als konkrete **Hilfsmittel für die Anpassung** werden in der Regel Checklisten angeboten, z. B. ein Katalog möglicher Ausprägungen von Methodenelementen [DOBBERKAU 2002, S. S. 118 FF.], ein Maßnahmenkatalog zur Anpassung der vorhandenen Randbedingungen [REINICKE 2004, S. 220 FF.] und eine Checkliste zur Methodenanpassung [BRAUN 2005, S. 240].

4.2.4.3 Methodenanwendung

Die Anwendung einer Methode umfasst die Bearbeitung der Aufgabenstellung mit Hilfe der Methode, um aus dem für die Methodenanwendung erforderlichen Input einen Output zu generieren. Für etliche Methoden stehen unterstützende **Werkzeuge** zur Verfügung, welche die Anwendung effektiver und effizienter machen sollen. Generell haben Werkzeuge großen Einfluss auf den Erfolg einer Methodenanwendung. So verändert sich die Situation für den Anwender, wenn die Ressource ‚Werkzeug‘ vorhanden ist und der Anwender zusätzlich Erfahrung im Umgang damit hat. Werkzeuge zur Unterstützung von Arbeitsmethoden können verschiedene Zwecke erfüllen¹⁶. Zum einen dienen sie als Informationsspeicher und stellen dem Anwender für die Anwendung der Methode erforderliche Informationen bereit. Beispiele derartiger Werkzeuge sind: Checkliste allgemein, Hauptmerkmalsliste, Konstruktionskatalog, Effektesammlung oder Liste mit Innovativen Prinzipien. Dann gibt es wiederum Werkzeuge, die den gezielten Zugriff auf bestimmte Informationsspeicher ermöglichen, wie die Funktionsgrößenmatrix oder die Widerspruchsmatrix. Schließlich dienen viele Werkzeuge der strukturierten Dokumentation der Ergebnisse einer Methodenanwendung im Sinne eines Formulars oder Formblatts wie Anforderungsliste, Ideenformular, Vorauswahlliste, Handlungsplanungsblatt oder FMEA-Formblatt.

4.2.5 Einsatz von Methoden in Studentenprojekten

Es wird nun analysiert, wie der Methodeneinsatz im Rahmen der untersuchten Studentenprojekte erfolgte. Es ist zu betonen, dass bei studentischen Entwicklungsprojekten im akademischen Umfeld generell mehr Methoden Anwendung finden als in Entwicklungsprozessen in der Praxis, jedenfalls explizit. Der Methodeneinsatz wird häufig sogar ausdrücklich vom Betreuer der Arbeit gefordert. Für die Analyse sind folgende Aspekte relevant:

¹⁶ Komplexe Rechnerwerkzeuge, z. B. zur Produktmodellierung und Simulation, werden hier nicht betrachtet.

- **Methodenauswahl:** Welche Methoden werden im Projekt ausgewählt? Ziel ist es zu untersuchen, ob Studenten sich lediglich auf die Anwendung „offensichtlicher Methoden“ z. B. aus dem Lehrangebot des Lehrstuhls für Produktentwicklung beschränken, oder ob sie „neue Methoden“ aus anderen Quellen erschließen bzw. eigene Methoden entwickeln. Außerdem soll geprüft werden, ob die ausgewählten Methoden zum Kontext passen, also zur Problemstellung, zum Zeitpunkt im Projekt oder zu den Rahmenbedingungen.
- **Methodenanwendung:** Wie werden die Methoden angewandt und mit welchem Ergebnis? Ziel dieser Untersuchung ist es herauszufinden, ob die Methodenanwendung auch tatsächlich zu einem feststellbaren Ergebnis führt und welche Bedeutung dieses Ergebnis für den weiteren Verlauf der Entwicklung besitzt.
- **Methodendokumentation:** Wie wird der Methodeneinsatz, d. h. die Auswahl, Anpassung, Anwendung und etwaige Reflexion der Methoden in der Arbeit dokumentiert? Ziel ist es herauszufinden, welche Schlussfolgerungen hinsichtlich des Methodeneinsatzes der Projektbericht in Form einer Studienarbeit zulässt bzw. welche Aspekte daraus nur bedingt oder gar nicht entnommen werden können.

Von den zwölf insgesamt untersuchten Projekten werden hier aus Gründen des Umfangs lediglich drei diskutiert. Bild 71 gibt einen Überblick über die im Projekt ‚Anzeigevorrichtung‘ ([ANTON 2003], [WALTHER 2003]) eingesetzten Methoden. Ferner werden die Projekte ‚Liegerad-Umwerfer‘ [KUB 2005] und ‚Haartrockner‘ ([FUCHS 2005], [NORREFELDT 2005]) herangezogen, deren Vorgehen bereits in Kapitel 4.1.5 analysiert worden war. Eine Übersicht über alle in diesen Projekten eingesetzten Methoden findet sich im Anhang (Kapitel 10.5).

Methodische Entwicklung von Anzeigevorrichtungen für Schienenfahrzeuge ([Anton 2003], [Walther 2003])			
Phase	Nr	Prozessschritt	Methoden
Planung, Analyse	1	Situation analysieren	Wertanalyse
	2	Verantwortlichkeiten im Team aufteilen	
	3	Einsatzgebiet und Produkt beschreiben	
	4	Bestehende Anzeigevorrichtungen analysieren	Benchmarking, Schwachstellenanalyse, Reverse Engineering
Lastenheft	5	Anforderungen an eine Anzeigevorrichtung ermitteln	Lastenheft, Recherche, Target Costing (Zielkostenermittlung)
	6	Variantenvielfalt analysieren	
	7	Entwicklungsziel formulieren	Zielformulierung
	8	Lastenheft erstellen	Lastenheft
Lösungskonzepte	9	Lösungen suchen	Vorgehenszyklus, Brainstorming, Black Box, Reizwortanalyse, Checklisten, Analogie
	10	Vorauswahl treffen	Lastenheft, Vorauswahl
	11	Lösungskonzepte ausarbeiten	Baukastenprinzip, Standardteile
	12	Lösungskonzept auswählen	Gewichtete Punktbewertung, Expertenschätzung, Sensitivitätsanalyse
Detaillierung der Neukonstruktion	13	Teilzielkosten ermitteln (Zielkostenaufspaltung)	Lastenheft, Target Costing (Zielkostenaufspaltung)
	14	Detaillösungen suchen und ausarbeiten	Vorgehenszyklus, Gleichteile, CAD-Modell, Berechnung, FEM-Analyse
	15	Detaillösungen bewerten und auswählen	Einfache Punktbewertung
	16	Einzellösungen darstellen und kombinieren	Morphologischer Kasten
	17	Gesamten Lösungsvorschlag im Detail beschreiben	Baukastenprinzip
	18	Einhaltung der wirtschaftlichen Ziele überprüfen	Kostenkalkulation, Ratioerfassung

Bild 71: Methodeneinsatz im Projekt ‚Anzeigevorrichtung‘ ([ANTON 2003], [WALTHER 2003])

Hinsichtlich der **Methodenauswahl** gibt es etliche Methoden, die als „Standardmethoden“ angesehen werden können und nahezu in allen Projekten zur Anwendung kamen. Dazu zählen Anforderungsliste¹⁷, Recherche, Brainstorming, Morphologischer Kasten und Vorauswahl. Es kamen aber auch vereinzelt Methoden zum Einsatz, die nicht im Lehrangebot des Lehrstuhls enthalten sind, wie z. B. die Methode Funktion-Mittel-Baum nach [TJALVE 1978, S. 22] im Projekt ‚Liegerad-Umwerfer‘. Ebenso wurden zum Teil neue Methoden entwickelt, wie die Tischmethode als Brainstorming-Variante im Projekt ‚Haartrockner‘. Letztendlich könnte hier sowohl von der Anpassung einer bekannten Methode als auch der Kreation einer neuen Methode gesprochen werden, der Übergang ist tendenziell fließend. Der Projektkontext wirkt sich sichtbar auf die Methodenauswahl aus. Das Projekt ‚Anzeigevorrichtung‘ fand im Rahmen eines übergeordneten Wertanalyse-Projekts bei einem Hersteller für Bremssysteme statt. Hier war die Hauptforderung im Projekt eine Kostenoptimierung des existierenden Systems, weshalb verschiedene Einzelmethoden des Target Costing [EHRENSPIEL ET AL. 2005, S. 50 FF.] Anwendung fanden.

In frühen Projektphasen werden bei Studentenprojekten häufig Methoden der Funktionsermittlung angewandt, teilweise werden sogar mehrere unterschiedliche Funktionsmodelle erstellt. Beliebt ist die Umsatzorientierte Funktionsmodellierung¹⁸, aber auch die Erstellung eines Hierarchischen oder Relationsorientierten Funktionsmodells. Im Projekt ‚Anzeigevorrichtung‘ war auf derartige Formen der Funktionsmodellierung verzichtet wurden. Es wurde lediglich eine Black Box-Darstellung des zu entwickelnden Systems als Input für eine Brainstorming-Sitzung herangezogen. In der Regel wird als **Wirkung der Anwendung** einer Funktionsmodellierungsmethode ein erhöhtes Systemverständnis angegeben. KUB schreibt jedoch hinsichtlich der Erstellung des Funktion-Mittel-Baums für das Umwerfersystem: „Ein konventioneller Umwerfer ist so einfach aufgebaut, dass diese Darstellungsform hier keine großen Vorteile bietet.“ [KUB 2005, S. 13]

Die Untersuchung des Methodeneinsatzes in den Studentenprojekten basierte auf einer Analyse der **Projektdokumentation**. Aufgrund von Unterschieden bzgl. Struktur, Inhalten und Qualität der Dokumentation konnte der Methodeneinsatz an manchen Stellen sehr gut nachvollzogen werden, an anderen Stellen weniger gut. Die Dokumentation der analysierten Projekte weist eine große Bandbreite auf in Bezug auf den Informationsgehalt der Beschreibungen von Arbeitsschritten (hier als ‚Stories‘ bezeichnet). Manche Prozessschritte sind auf ein bis zwei Seiten beschrieben, andere umfassen mehr als 10 Seiten. Manche Stories fokussieren den Prozess, d. h. wie eine Teilaufgabe ausgeführt wurde (z. B. die detaillierte Schilderung einer Brainstorming-Sitzung), geben aber nur wenige Hinweise auf die konkret erzielten Ergebnisse. Andere Stories beschäftigen sich hauptsächlich mit den Ergebnissen eines Arbeitsschritts (z. B. Schwachstellen von verfügbaren Vorgängerlösungen), ohne dass erkennbar wird, wie diese Informationen gewonnen und weiterverarbeitet wurden. Daher wurden zusätzlich Interviews mit den studentischen Entwicklern durchgeführt, um Kenntnisse bzgl. derjenigen Aspekte zu gewinnen, die nicht aus der Dokumentation hervorgingen.

¹⁷ Im Projekt ‚Anzeigevorrichtung‘ wurde für die Anforderungsdokumentation ein Lastenheft erstellt.

¹⁸ Je nach Studienarbeit ist auch von ‚Ablauforientierter Funktionsanalyse‘, ‚Umsatzorientierter Funktionsstruktur‘ oder ‚Funktionsstruktur nach EHRENSPIEL‘ die Rede.

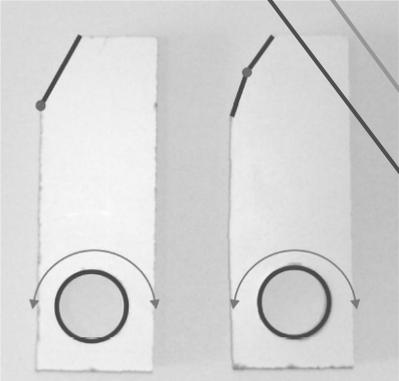
5.1 Vorauswahl

Die drei Grobkonzepte aus der Lösungssuche befinden sich auf verschiedenen Konkretisierungsniveaus. Während sich bei der Lösung auf Basis eines konventionellen Parallelogrammumwerfers die Eigenschaften schon relativ gut abschätzen lassen, ist das bei den anderen beiden Lösungen nicht der Fall. Um alle drei Konzepte vergleichen zu können, müssen diese deshalb weiter konkretisiert werden.

Die Konkretisierung erfolgt dabei durch den Bau von Funktionsmodellen. Mit diesen kann die prinzipielle Funktion simuliert und damit die Eignung deutlich besser beurteilt werden. Ein wichtiges Hilfsmittel ist dabei der angefertigte Prüfstand.

Hebelumwerfer

Modelle des Hebelumwerfers wurden aus 19 mm dicken Pressspanplatten angefertigt. Dabei wurden verschiedene Lagen der Drehachse des Hebels verwirklicht. Bei den Modellen, bei denen als Drehachse das Umwerferrohr verwendet wurde, wurde beispielsweise ein Loch mit entsprechendem Durchmesser gebohrt (rote Kreise in Bild 5-1). Die farbigen Linien im Bild kennzeichnen die Stellen, an denen der Umwerfer beim Schaltvorgang die Kette berührt. Pressspanplatten boten sich dabei als Material für das Modell an, da sie leicht mit Laubsäge und Feile zu bearbeiten, sehr preisgünstig und leicht zu beschaffen sind. Daneben bieten sie für diesen Fall eine ausreichende Festigkeit.



- 1 **Ist-Situation:** Eingangsinformation aus vorangegangenem Arbeitsschritt: 3 Grobkonzepte
- 2 **Ist-Situation:** Problem, Eigenschaften von 2 Lösungen nur schwer zu beurteilen
- 3 **Soll-Situation:** Ziel, weitere Konkretisierung der Konzepte zur Ermöglichung d. Vergleichbarkeit
- 4 **Methode:** Bau physikalischer Funktionsmodelle; Zweck: zur Simulation von grundlegenden Funktionalitäten
- 5 **Werkzeug:** Prüfstand; Bewertung: wertvolles Hilfsmittel zur Ermittlung von Eigenschaften
- 6 **Produktmodelle:** Details zu Ergebnissen; Modell des Hebelumwerfers aus 19 mm dicken Pressspanplatten

Bild 72: Einsatz von Methoden in studentischen Entwicklungsprojekten

Als ein konkretes Beispiel sind in Bild 72 Ausschnitte der Dokumentation zu Arbeitsschritt Nr. 16 im Projekt ‚Liegerad-Umwerfer‘ (‚Funktionsfähigkeit überprüfen und Grobkonzepte vorauswählen‘) dargestellt. In diesem Fall lässt sich der Arbeitsschritt sehr gut nachvollziehen, da Angaben zur Ausgangssituation, zu Vorgehen und angewandten Methoden sowie zu den erzielten Ergebnissen gemacht werden. Die Analyse der Studentenprojekte führte zu der Erarbeitung einer Checkliste für gutes ‚Storytelling‘, welche als Hilfsmittel für eine projektbegleitende Dokumentation verwendet werden kann (siehe Kapitel 10.5 im Anhang).

4.2.6 Problematik und Fazit

Es gibt viele Untersuchungen hinsichtlich des Einsatzes von Methoden der Produktentwicklung in der industriellen Praxis (z. B. [GRABOWSKI & GEIGER 1997], [GAUSEMEIER ET AL. 2000], [SPATH 2001], [SCHNEIDER 2001], [FUJITA & MATSUO 2005]). Immer wieder ist zu beobachten, dass Methoden noch nicht in dem Maße genutzt werden, wie man es von Seiten der Forschung erwarten würde [BIRKHOFFER ET AL. 2005]. Hierfür wird an eine Vielzahl an Gründen angeführt (z. B. bei [ZANKER 1999, S. 48 FF.], [PARAL 2003, S. 17-18], [PULM 2004, S. 80], [HUTTERER 2005, S. 15 FF.]). An dieser Stelle erfolgt eine Konzentration auf diejenigen Aspekte, für die im Rahmen dieser Arbeit Lösungsansätze entwickelt werden.

4.2.6.1 Der Methodenbegriff und seine Verwendung

Der „Methodendschungel“ ist sehr unübersichtlich, was u. a. mit dem Fehlen einer einheitlichen Verwendung des Methodenbegriffs zusammenhängt. Methoden auf unterschiedlichsten Stufen der Granularität werden oft undifferenziert „in denselben Topf geworfen“, indem sie in Methodenlisten auf derselben Ebene erscheinen. Bei TRIZ beispielsweise handelt es sich im Verständnis dieser Arbeit um eine Methodik, also einen übergeordneten Dachbegriff für eine Vielzahl von Einzelmethoden. Die Aussage „Wir haben TRIZ angewandt!“ besitzt daher an sich wenig Aussagekraft. Hier bedürfte es einer näheren Spezifizierung bzgl. konkreter Arbeitsmethoden, die tatsächlich eingesetzt wurden. Es dürfte aufwendig und abgesehen davon vermutlich auch unsinnig sein, alle Teilmethoden von TRIZ komplett im Rahmen einer einzelnen konstruktiven Aufgabenstellung anzuwenden. Auf der anderen Seite handelt es sich bei der Methode Gewichtung um eine Elementarmethode, die in vielen Methoden als Teilschritt zur Anwendung kommt, z. B. bei der Gewichteten Punktbewertung oder der Anforderungsliste. Somit sind die „Methoden“ TRIZ und Gewichtung unterschiedlich zu behandeln. Eine Hierarchisierung von Methoden erscheint äußerst sinnvoll, um der Vision eines flexiblen Netzwerks an Methoden [LINDEMANN 2003] näher zu kommen. Jedoch ist dem Autor noch keine geeignete Implementierung dieses Netzwerks für einen definierten Pool an Methoden bekannt. Letztendlich ist bei der Auswahl von Methoden für die Zusammenstellung eines Methodenkatalogs mit großer Vorsicht vorzugehen. Auf alle Fälle hat sich diese Auswahl an dem zu unterstützenden Anwendungsbereich, d. h. den betrachteten Arbeitsprozessen und Aufgaben zu orientieren, insbesondere in Bezug auf die Granularität.

4.2.6.2 Situationsgerechte Auswahl von geeigneten Methoden

In papierbasierten wie digitalen Methodenkatalogen erfolgt in der Regel eine Zuweisung von Methoden zu Aufgaben bzw. Prozessschritten. Andere Merkmale, die prinzipiell auch als Auswahlkriterien in Frage kommen könnten (z. B. erreichbare Ergebnisse, Aufwand zur Durchführung der Methode, notwendige Methodenexpertise des Anwenders etc.) finden sich zwar oft als Hinweise in den Methodenbeschreibungen, werden aber nicht im Sinne eines Zugriffsinstruments zur Verfügung gestellt. Eine Ausnahme stellt hier [STRASSER 2004] dar. Zudem existiert eine Reihe theoretisch möglicher Mechanismen der Methodenauswahl, deren Praktikabilität aber nie umfassender untersucht wurde, z. B. die Zuordnung von Teilaufgaben im Entwicklungsprozess und Methoden zueinander nach dem ‚Schlüssel-Schloss-Prinzip‘ über Grundtätigkeiten, die im Prozess auszuführen sind bzw. von der Methode unterstützt werden [ZANKER 1999]. Der Wert dieses Ansatzes wird vor allem für eine Zusammenstellung eines geeigneten Methodenkatalogs durch Methodenexperten gesehen. Für methodenunerfahrene Entwickler in der Praxis, die auf der Suche nach Lösungen für ihre alltäglichen Entwicklungsprobleme sind, ist dieser Ansatz vermutlich sehr theoretisch.

4.2.6.3 Aufbereitung und Zugriff auf Methodeninformationen

Die Beschreibung von Einzelmethoden ist je nach Quelle sehr knapp oder äußerst ausführlich. Nicht in jeder Situation wird ein potenzieller Methodenanwender die komplette Information einer Methodenbeschreibung benötigen. Beiträge zur Methodenauswahl beschäftigen sich in der Regel damit, in einer bestimmten Einsatzsituation passende Methoden zu identifizieren.

Hierfür sind geeignete Kriterien vonnöten die helfen, zunächst aus dem kompletten Methodenangebot eine reduzierte Auswahl an Methoden zu extrahieren, die beispielsweise für eine bestimmte Aufgabenstellung passend sind. Sodann ist eine ressourcenspezifische Endauswahl einer Methode zu treffen, die letztendlich angewandt werden soll. Ist eine geeignete Methode identifiziert worden, benötigt der Entwickler Informationen zu deren Anwendung.

Die Elemente von Methodenbeschreibungen sind sehr vielfältig und beinhalten z. B. die in Bild 73 auf der rechten Seite dargestellten Komponenten. Strukturierte, standardisierte Methodenbeschreibungen helfen tendenziell dabei, sich in der Vielfalt der angebotenen Informationen zu Methoden zurechtzufinden und Methoden gezielt zu vergleichen. Modulare Methodenbeschreibungen erlauben es, Methodeninformationen an unterschiedliche Nutzer und Situationen anpassen zu können [BERGER 2004, S. 173]. Jedoch existiert bisher noch keine Methodensammlung, in welcher tatsächlich einzelne Elemente der Methodenbeschreibung je nach Situation und Informationsbedürfnissen der Anwender gezielt zugeordnet werden.

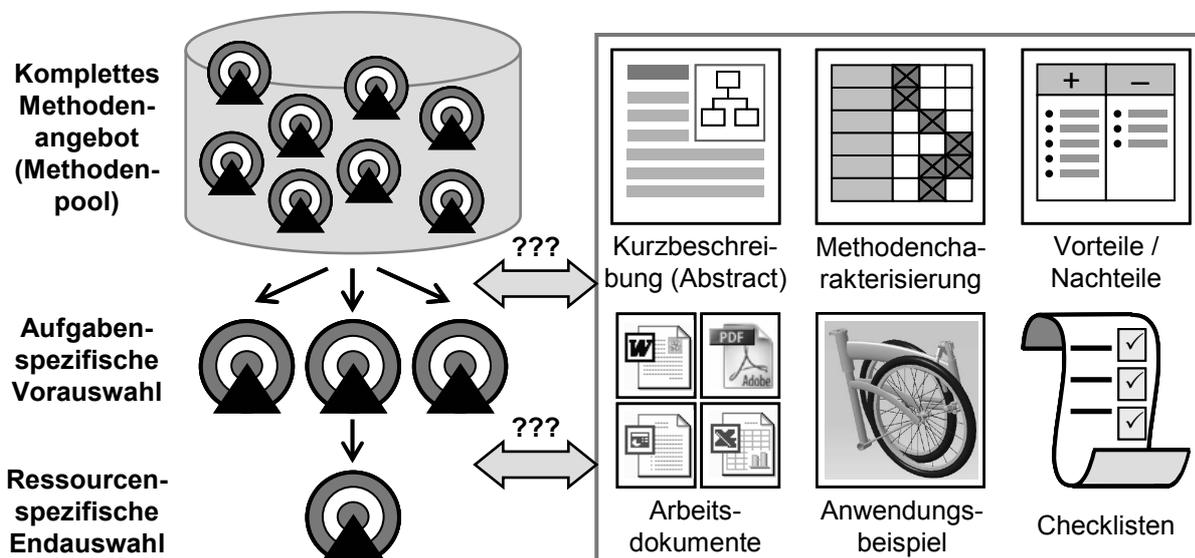


Bild 73: Vielfalt der Komponenten von Methodenbeschreibungen

4.2.6.4 Ansätze zur Optimierung des Methodeneinsatzes

Neben den existierenden Problemen gibt es vielfältige Bestrebungen im Bereich der Entwicklungsmethodikforschung, den Methodeneinsatz zu optimieren. PULM stellt fest, dass sich in Bezug auf die übergeordnete Entwicklung von Methoden und generellen Methodenansätzen ein ständiger Wechsel von Systematisierung und Flexibilisierung erkennen lässt [PULM 2004, S. 82]. Er erklärt dies mit der Natur von Methoden, die einerseits eine Handlungsanleitung darstellen (Systematisierung), andererseits auf unterschiedliche Aufgaben und Randbedingungen anwendbar sein sollen (Flexibilisierung). Er empfiehlt eine kontinuierliche Dialektik zwischen diesen beiden Richtungen. BRAUN beschreibt und diskutiert ebenfalls Optimierungsansätze des Methodeneinsatzes und gibt einen detaillierten Überblick zu aktuellen Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet [BRAUN 2005, S. 37 FF.]. Bei den Optimierungsansätzen unterscheidet er vier grundlegende Richtungen (siehe Bild 74), von denen für diese Arbeit vor allem die Themenbereiche der Flexibilisierung des Methodeneinsatzes und der Vermittlung von Methodenwissen relevant sind.

Optimierungsansätze	Beschreibung
Flexibilisierung des Methodeneinsatzes	Thematisierung der Auswahl und Anpassung von Methoden im Hinblick auf eine zugrunde liegende Einsatzsituation; Entwicklung von Methodenklassifikations- und Methodenselektionssystematiken; Schwerpunkt: operative Methodennutzung
Einführung von Methoden in die unternehmerische Praxis	Anstoßen eines Veränderungsprozesses, vor allem bezogen auf die Mitarbeiterqualifikation und die Ablauf- und Aufbauorganisation; Schwerpunkt: dauerhafte Integration von Methoden im Unternehmen
Vermittlung von Methodenwissen	Nutzung von Erkenntnissen aus „angrenzenden“ Forschungsdisziplinen (Psychologie, Soziologie, Pädagogik, Wissensmanagement); anwendergerechte Beschreibung und Bereitstellung von Methoden und Informationen, die mit Methoden verknüpft sind (Präsentationen, Werkzeuge etc.)
Methodenbewertung – Nutzenbetrachtungen des Methodeneinsatzes	Bewertbarmachung der Wirksamkeit von Methoden, Bestimmung eines Aufwand/Nutzen-Verhältnis des Methodeneinsatzes, Entwicklung geeigneter Effizienzkriterien

Bild 74: Ansätze zur Optimierung des Methodeneinsatzes (nach [BRAUN 2005, S. 37 FF.])

4.3 Begleitende Aspekte aus weiteren Themenbereichen

Der Schwerpunkt der bisherigen Ausführungen zu unterstützenden Mechanismen und Hilfsmitteln für die Produktentwicklung lag auf der Untersuchung von Vorgehensmodellen und Methoden. Weitere Themenbereiche, die für die Arbeit von Bedeutung sind, stellen die Denkpsychologie, der Einsatz von Produktmodellen sowie das Informations- und Wissensmanagement dar. Wesentliche Aspekte aus diesen Gebieten, die Relevanz für die vorliegende Arbeit besitzen, werden im Folgenden erläutert.

4.3.1 Denkpsychologie

Interdisziplinäre Forschungsprojekte, bei denen sich Maschinenbauingenieure und Psychologen in Zusammenarbeit der Erforschung und Unterstützung von Produktentwicklungsprozessen widmen, führen zu einer Synthese von psychologischen und ingenieurmäßigen Sichtweisen [BADKE-SCHAUB & FRANKENBERGER 2004]. Der Nutzen dieser Gemeinschaftsarbeiten zeichnet sich in der Praxis zunehmend ab [HACKER 2002, S. 5]. Bei der Entwicklung von Lösungsansätzen sind denkpsychologische Aspekte unbedingt zu berücksichtigen, da Vorgehensweisen und Methoden letztendlich von Menschen akzeptiert und gelebt werden müssen.

Viele denkpsychologische Untersuchungen zum Umgang mit Komplexität bzw. dem Lösen komplexer Probleme zeigen die Begrenztheit des menschlichen Gehirns, besonders im Fall von vernetzten, intransparenten und dynamischen Systemen (z. B. [DÖRNER 2000, S. 58], [FUNKE 2003, S. 126 FF.]). Hinzu kommt eine eingeschränkte Fähigkeit zur Extrapolation nichtlinearer Zusammenhänge und zum Erkennen von Fernwirkungen. Diese „angeborenen“ Grenzen führen daher immer wieder zu einem fehlerhaften Handeln. Beispiele sind die mangelnde Einsicht in Zielkonflikte, das Lösen falscher Probleme, die mangelnde Reflexion, die fehlende Berücksichtigung implizierter Probleme und ein zu hohes Maß an Methodismus, d. h. das Festhalten an starren Plänen.

VON DER WETH beschreibt ein Modell des ‚Ressourcenorientierten Handelns‘, das Individuen dabei unterstützen soll, komplexe Arbeitssituationen trotz der soeben genannten Grenzen des menschlichen Gehirns zu bewältigen [VON DER WETH 2001, S. 111 FF.]. Problemabhängig und in Einbeziehung der eigenen Möglichkeiten und Grenzen sollen damit in komplexen Situationen Handlungsstrategien geplant und umgesetzt werden können. Das Modell basiert auf Teilfunktionen des menschlichen Denkens und Handelns, beispielsweise: Handlungsplan vervollständigen, Handlungswissen aktivieren, Effekterwartungen erzeugen, Handlungsplan umsetzen etc. Ergänzend zu dem Modell präsentiert VON DER WETH eine Trainingsmethode, um das ressourcengerechte Handeln in komplexen Situationen zu erlernen [S. 189 FF.].

AHMED betont die Wichtigkeit von (richtig gestellten) Fragen für den Problemlöseprozess. Sie sind z. B. ein wesentliches Mittel für die inhaltliche Strukturierung von Problemen und unterstützen die Analogiebildung. Ihre Untersuchungen zeigen, dass Anfänger und erfahrene Konstrukteure jeweils unterschiedliche Herangehensweisen an ein Konstruktionsproblem aufweisen und auch andere Arten von Fragen stellen. Experten zeichnen sich durch einen wesentlich bewussteren Umgang mit Informationen aus. Sie interessieren sich vor allem für die Herkunft von Daten, um ihre Vertrauenswürdigkeit beurteilen zu können [AHMED 2001].

JÄNSCH beschäftigt sich mit der Aufbereitung und Vermittlung von Entwicklungsmethoden. Methoden werden in der Regel von Experten entwickelt und dokumentiert, enthalten jedoch nicht alle Aspekte, die für deren Verständnis notwendig sind, z. B. implizites Wissen des Experten, Quellen der Motivation und Information, Informationen über den Kontext etc. Diese Aspekte müssen berücksichtigt werden, wenn Methodeninformation als Lehrmaterial aufbereitet wird. Für eine Vermittlung von Methoden an Novizen müssen zudem deren kognitive Voraussetzungen berücksichtigt werden ([JÄNSCH ET AL. 2003], [JÄNSCH ET AL. 2005]).

4.3.2 Einsatz von Produktmodellen

Als **Produktmodell** wird die Spezifikation von Produktinformationen in Form technischer Dokumente, Artefakte oder sonstiger Produktrepräsentationen verstanden, die im Laufe des Entwicklungsprozesses als (Zwischen-)Ergebnisse entstehen. Produktmodelle stellen damit formale Abbilder realer oder geplanter Produkteigenschaften dar [GRABOWSKI ET AL. 1993, S. 4-5]. Sie werden durch Abstraktion komplexerer Sachverhalte erzeugt und trennen das für die jeweilige Aufgabe Wesentliche vom Unwesentlichen, d. h. sie sind aufgabenspezifisch und zweckorientiert. Produktmodelle spielen im Kontext dieser Arbeit deswegen eine Rolle, weil die Anwendung von Methoden meist zur Generierung von Produktmodellen führt. Daher findet eine Auseinandersetzung mit Produktmodellen und ihren Eigenschaften, mit dem Einsatz von Produktmodellen im Entwicklungsprozess und diesbezüglichen Problemen statt.

Produktmodelle beinhalten produktbezogene Informationen und dienen unterschiedlichen Zwecken: der Klärung der Problemstellung, der nachvollziehbaren Dokumentation und Kommunikation einer Lösung, als Basis für Eigenschaftsanalysen etc. Die Produktmodelle selbst und die in ihnen enthaltenen Produktinformationen lassen sich durch gewisse Parameter beschreiben, deren Ausprägungen von Modell zu Modell variieren und die sich dynamisch im Rahmen von Entwicklungsprozessen verändern. Beispiele für diese Parameter sind der Konkretisierungsgrad, der Vollständigkeitsgrad und der Grad der Konsistenz.

In der Konstruktions- und Entwicklungsmethodik existieren zahlreiche Beschreibungsmodelle für Entwicklungsprozesse, die ihren Fokus auf die erzeugten Produktmodelle legen. Beispielsweise unterteilt der Vorgehensplan der VDI-Richtlinie 2221 [VDI 1993] den Entwicklungs- und Konstruktionsprozess in sieben Arbeitsschritte mit zugehörigen Arbeitsergebnissen bzw. Dokumenten, die Produktmodelle mit zunehmendem Konkretisierungsgrad darstellen. Und schon RODENACKER unterscheidet verschiedene Konkretisierungsstufen eines Systems: Aufgabe, Funktion, physikalisches Geschehen und Wirkort [RODENACKER 1976, S. 28].

EHRENSPIEL beschreibt ein hierarchisches Modell zur Abbildung von technischen Systemen, in welchem die Bereiche Funktion, Physik und Gestalt als horizontal angeordnete Ebenen dargestellt sind ([EHRENSPIEL 2003, S. 33], vgl. Bild 75 links). Im Sinne einer durchgängigen Produkterstellung ist als zusätzliche Ebene der Produktionsbereich enthalten. Prozesse der Lösungssuche und -auswahl sind schematisch als Dreiecksflächen eingezeichnet. Die Pyramidenform des Modells bringt die Zunahme von sinnvollen Lösungsmöglichkeiten und den Informationszuwachs mit zunehmender Konkretisierung zum Ausdruck.

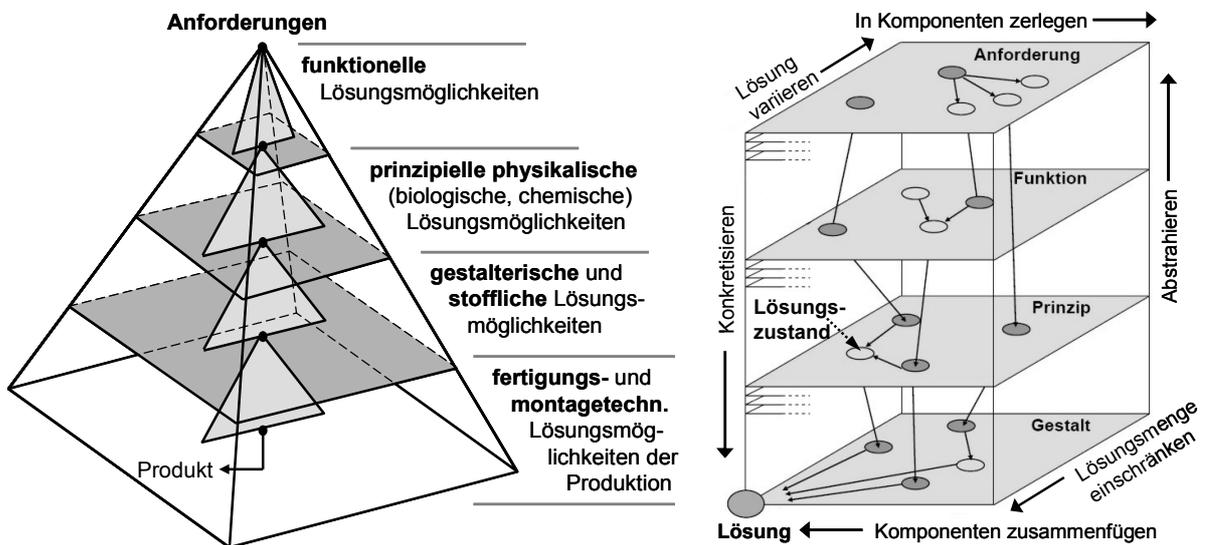


Bild 75: Ebenenmodelle der Produktkonkretisierung ([EHRENSPIEL 2003], [RUDE 1998])

RUDE skizziert den Modellraum des Konstruierens, der aus drei Dimensionen aufgespannt wird: dem Konkretisierungsgrad, dem Zerlegungsgrad und dem Variationsgrad ([RUDE 1998, S. 239], vgl. Bild 75 rechts). Die Dimensionen dienen der Ordnung von Ergebnissen aus dem Entwicklungsprozess. Zugehörige Tätigkeiten des Entwicklers sind ebenfalls dargestellt, dem Konkretisierungsgrad entsprechen z. B. die Tätigkeiten Abstrahieren bzw. Konkretisieren. Innerhalb des Modellraums werden den vier Konkretisierungsstufen Anforderung, Funktion, Prinzip und Gestalt jeweils Partialmodelle eines integrierten Produktmodells zugeordnet. Der Konkretisierungsgrad ordnet die vom Abstrakten zum Konkreten hin entstehenden Ergebnisse des Konstruktionsprozesses. Der Zerlegungsgrad ordnet die immer genauer werdenden Beschreibungen von Produkten. Der Variationsgrad ordnet die Menge der Lösungsalternativen.

DYLLA spannt mit den beiden Attributen Konkretheit (Konkretisierungsgrad) und Vollständigkeit eine Ebene auf, in der sich Produktmodelle anordnen lassen [DYLLA 1991, S. 21]. Die Konkretheit ist ein Maß dafür, wie genau die Merkmale eines Produkts bestimmt sind. Sie ist

die Inverse von Abstraktheit, mit der Leerstellen bzw. Unschärfen im Entwicklungsmodell bezeichnet werden und die einen gewissen Spielraum für die endgültige Festlegung lassen. Die Vollständigkeit gibt an, wieviele Merkmale festliegen. In dieser Ebene der Produktmerkmale lässt sich nun der Vorgehensplan der VDI-Richtlinie 2221 aus Sicht der im Prozess generierten Produktmodelle darstellen ([DYLLA 1991, S. 26], siehe Bild 76).

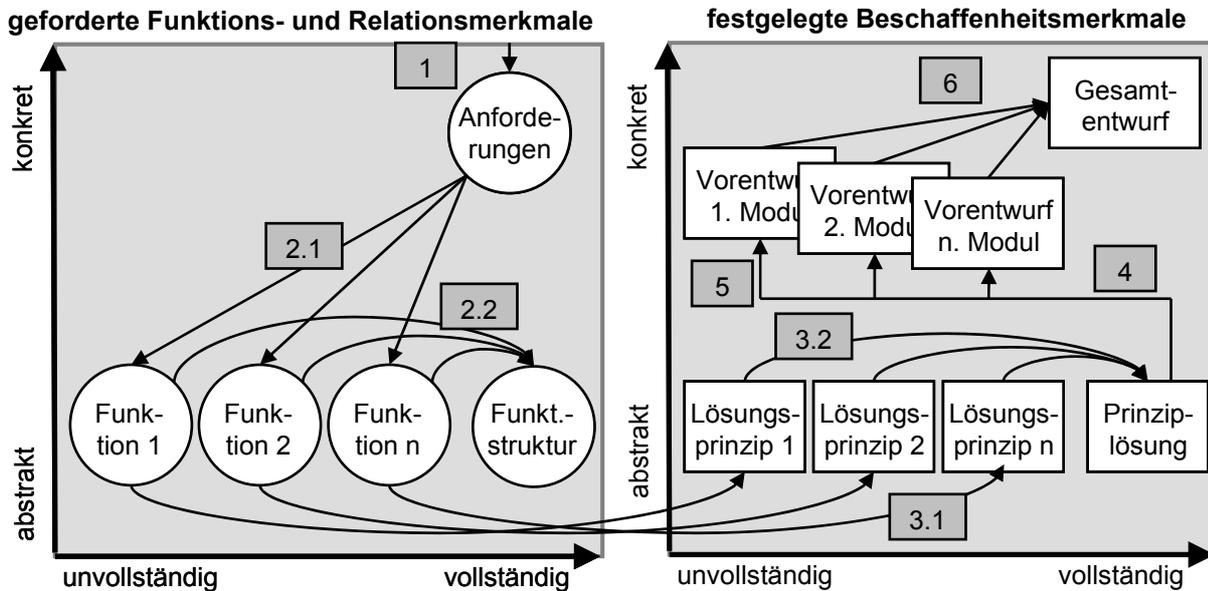


Bild 76: Vorgehen nach VDI 2221 in der Produktmerkmalsebene [DYLLA 1991, S. 26]

Neben der Konkretheit und Vollständigkeit können Produktmodelle auch durch ihre Konsistenz beschrieben werden [PACHE 2005, S. 7]. So können Produktbeschreibungen falsch bzgl. geforderter Eigenschaften oder irrational im Sinne sich widersprechender Elemente sein. Diese Eigenschaften müssen nicht unbedingt negativ zu interpretieren sein, unter Umständen können Unvollständigkeit und Inkonsistenz in den Produktbeschreibungen auch wertvolle Anregungen für die Kreativität des Entwicklers darstellen. Unvollständigkeit, Abstraktheit und Inkonsistenz sind Merkmale, die typisch für Produktbeschreibungen während der Konzeptentwicklung sind. Sie drücken aus, dass eine Produktbeschreibung „vorläufig“ ist.

Produktmodelle und ihre Eigenschaften sind eng an den Entwicklungsprozess gekoppelt. Dieser stellt tendenziell den Übergang von abstrakten zu immer konkreter werdenden Produktmodellen dar, z. B. Anforderungsliste, Funktionsstruktur, Prinziplösung, Baustruktur, Entwurf etc. Aktivitäten im Entwicklungsprozess lassen sich als Zustandsänderungen von Produktmodellen interpretieren. Die geforderten Funktions- und Relationsmerkmale nach DYLLA (links in Bild 76) stehen dabei im Wechselspiel mit den festgelegten Beschaffenheitsmerkmalen (rechts in Bild 76). Im Axiomatic Design nach SUH entsprechen diese zwei Merkmalsarten den ‚functional requirements‘ einerseits und den ‚design parameters‘ andererseits. In Bezug auf den Entwicklungsprozess schreibt SUH: „Design may be formally defined as the creation of synthesized solutions in the form of products, processes or systems that satisfy perceived needs through the mapping between functional requirements in the functional domain and the design parameters of the physical domain, through the proper selection of design parameters that satisfy functional requirements.“ [SUH 1990, S. 27]

Im Ansatz des Property-Driven Development/Design ([WEBER ET AL. 2002], vgl. Kapitel 4.1.3.2) ist analog zu functional requirements und design parameters von ‚Eigenschaften‘ und ‚Merkmale‘ des Produkts die Rede. Der Entwicklungsprozess wird ebenfalls aus Sicht der Produktbeschreibung interpretiert. Die Einteilung in frühe bzw. späte Phasen wird z. B. über die Anzahl der Merkmale und Eigenschaften bestimmt, die zu einem gewissen Zeitpunkt bekannt sind. WEBER schlägt hierfür ein neuartiges Produktmodell vor, das eine Eigenschaftsliste, Lösungsmuster und eine Liste offener Probleme enthält. Weiterer Kernaspekt des Ansatzes ist ein PDM-gestütztes Workflow-Management. Insgesamt verspricht der Ansatz Vorteile hinsichtlich der Handhabung von Alternativen im Entwicklungsprozess und von Produktinformationen in frühen Phasen sowie der Wiederverwendung von Produktinformation (‚Design Reuse‘). Schließlich sei in diesem Kontext noch das Function-Behaviour-Structure-Modell nach GERO erwähnt, das den Entwicklungsprozess als Übergang zwischen den Zuständen Funktion, Verhalten und Struktur beschreibt [GERO 1998, S. 49]¹⁹.

Reale Entwicklungsprozesse sind gekennzeichnet durch Iterationsschleifen, Änderungen und Rücksprünge in der Produktkonkretisierung. Die Ursachen dafür liegen u. a. in einer Reihe von Übergängen bzw. „Brüchen“, z. B. in Bezug auf Verantwortlichkeiten für (Teil-)Ergebnisse oder hinsichtlich verwendeter Werkzeuge und Datenformate. Als negative Folge ergeben sich Mängel im Informationsfluss zwischen den Produktmodellen. So kommt es z. B. vor, dass Informationen über geforderte Produkteigenschaften (dokumentiert in der Anforderungsliste) oder Kenntnisse über das tatsächliche Produktverhalten (dokumentiert in einem Versuchsbericht) nicht in die Überarbeitung des Geometriemodells einfließen. Diese Brüche werden sich aufgrund der Komplexität von Produkt, Prozess und Organisation nicht vermeiden lassen. Ein geeigneter Umgang mit ihnen ist jedoch Voraussetzung für effektive und effiziente Entwicklungsprozesse. Für die vorliegende Arbeit ist vor allem von Interesse, wie im Zuge der Optimierung eines Methodeneinsatzes der Einsatz von Produktmodellen ebenfalls adressiert werden kann. Zum Teil herrscht eine enge Kopplung zwischen Methoden und Produktmodellen – manche Methoden deuten bereits in ihrem Namen auf die zu generierenden Produktmodelle hin, z. B. Anforderungsliste, Einflussmatrix, Ordnungsschema etc.

4.3.3 Informations- und Wissensmanagement

Der Lösungsansatz dieser Arbeit beruht auf einer gezielten Bereitstellung von Informationen zu Vorgehensweisen und Methoden unter Berücksichtigung von Ausprägungen der Entwicklungssituation. Daher sind auch Aspekte aus dem Bereich des Informations- und Wissensmanagement relevant. Zunächst sind Zusammenhänge und Unterschiede der Begriffe ‚Daten‘, ‚Informationen‘ und ‚Wissen‘ von Bedeutung²⁰. Wissen stützt sich auf Daten und Informationen und ist im Gegensatz zu diesen an Personen gebunden [PROBST ET AL. 1997, S. 35]. Um

¹⁹ Eine kritische Auseinandersetzung mit dem Modell findet sich bei [DORST & VERMAAS 2005]. Insbesondere stellen sie fest, dass das Konzept des ‚Verhaltens‘ des Produkts eine mehrdeutige Natur besitzt. Je nach Interpretation korreliert es stärker mit der ‚Funktion‘ oder stärker mit der ‚Struktur‘ des Produkts.

²⁰ Siehe z. B. [PROBST ET AL. 1997, S. 34 FF.], [IRLINGER 1998, S. 17 FF.], [DAVENPORT & PRUSAK 2000, S. 1 FF.], [COLLIN 2001, S.10-11], [PICOT ET AL. 2003, S. 118 FF.] und [PEARLSON & SAUNDERS 2004, S. 276 FF.]

aus Informationen Wissen zu generieren, müssen Informationen veredelt werden, wofür verschiedene Mechanismen existieren²¹. Der wichtigste Unterschied zwischen Informationen und Daten liegt in der Anreicherung der Daten mit Bedeutung (Semantik) und Zweck [DAVENPORT & PRUSAK 2000, S. 4]. Dadurch hinterlassen Informationen beim Empfänger eine Wirkung, auch Handlungskonsequenz genannt [PICOT ET AL. 2003, S. 90]. Es existieren zahlreiche Klassifikationen von Informations- und Wissensinhalten, die für die Produktentwicklung eine Rolle spielen (beispielsweise [WESTKÄMPER & HANSELMANN 2000], zitiert nach [COLLIN 2001, S. 13]). Es wird z. B. oft nach Produkt- und Prozesswissen unterschieden.

Der aus der Managementtheorie entstandene Begriff ‚Wissensmanagement‘ bildet ein integriertes Interventionskonzept zur Gestaltung einer Wissensbasis, die sich aus individuellen und kollektiven Wissensbeständen zusammensetzt und auf die eine Organisation zur Lösung von Problemen zugreifen kann [PROBST ET AL. 1997, S. 45]. Die Kernprozesse des Wissensmanagements bilden dabei einen Kreislauf²². Der Begriff ‚Informationsmanagement‘ wird im Vergleich dazu eher mit der Informationstechnologie in Verbindung gebracht und beschäftigt sich mit Informationsbeständen wie sie z. B. in Dokumenten und Datenbanken enthalten sind. IRLINGER sieht das Informationsmanagement als Bestandteil des Wissensmanagements, da alle strategischen und operativen Ziele und Funktionen des Wissensmanagements auf funktionierenden Informationsflüssen beruhen [IRLINGER 1998, S. 30].

Problematisch beim Informationsmanagement ist die schwierige Bewertbarkeit und Messbarkeit von Information. Der vom Wissensmanagement angestrebte Zuwachs der persönlichen oder organisationalen Wissensbasis ist nur mit Hilfe von geeigneten Informationen möglich. Bei der Erzeugung von Informationen ist daher deren Eignung für den Lernprozess beim Empfänger zu berücksichtigen: Informationen müssen so zur Verfügung gestellt werden, dass sie für zukünftige Nutzer geeignet, d. h. nachvollziehbar sind [IRLINGER 1998, S. 31-32].

Der Ansatz in dieser Arbeit verfolgt die Bereitstellung von relevanten Inhalten zu Vorgehensweisen und Methoden in Abhängigkeit der Entwicklungssituation. Von ‚Information‘ ist im Folgenden die Rede, wenn die Darstellung und Aufbereitung der Inhalte adressiert wird. Der Begriff ‚Wissen‘ wird verwendet, wenn die Nutzung der Inhalte durch den Anwender im Fokus steht. Für die Bereitstellung von Informationen wird ein regelbasierter Ansatz verfolgt (siehe [PUPPE 1990, S. 54 FF.], [RUDE 1998, S. 70 FF.], [SALEIN 1999, S. 71 FF.], [LUGER 2001, S. 289 FF.], [ORLIK 2005, S. 73 FF.]²³). Das Regelbasierte Schließen gehört zu den Problemlösungsmethoden der Klassifikation und findet insbesondere dort Einsatz, wo aus einer begrenzten Anzahl von Problemlösungen eine oder mehrere auszuwählen sind. Eine Regel (auch Produktionsregel genannt) besteht aus einer Prämisse (Bedingungsteil) und einer

²¹ Beispiele sind die als ‚C words‘ bezeichneten Mechanismen ‚Comparison‘ (Vergleich der vorliegenden Situation mit anderen Situationen), ‚Consequences‘ (Welche Folgerungen lässt die Information zu?), ‚Connections‘ (Wie verhält sich dieser Wissensausschnitt zu anderen?) und ‚Conversations‘ (Was halten andere Personen von den Informationen?) [DAVENPORT & PRUSAK 2000, S. 6].

²² Die Kernprozesse des Wissensmanagements sind: Wissensidentifikation, Wissenserwerb, Wissensentwicklung, Wissens(ver)teilung, Wissensnutzung und Wissensbewahrung [PROBST ET AL. 1997, S. 51].

²³ Neben einem regelbasierten Ansatz wäre z. B. auch ein fallbasierter Ansatz denkbar [KOLODNER 1993].

Konklusion (Aktion). Die Regel gibt also an, unter welcher Bedingung eine Aktion ausgeführt werden soll und wird als Wenn-Dann-Beziehung dargestellt: *Wenn* Bedingung erfüllt, *dann* Aktion ausführen. Derartige Regeln lassen sich auch in Form von Entscheidungstabellen oder Entscheidungsbäumen darstellen. Der Bedingungsteil bezieht sich im Rahmen dieser Arbeit auf die Entwicklungssituation, der Aktionsteil auf Vorgehensschritte und Methoden. Damit existieren große Ähnlichkeiten zu dem Ansatz nach [GRÖBER 1992] (siehe Kapitel 3.2.4).

4.4 Handlungsbedarf für diese Arbeit

Die Diskussion des Stands der Forschung zu existierenden Ansätzen der Unterstützung des Entwicklungsprozesses führte zu der Identifikation einer Reihe von Optimierungspotenzialen. Im Bewusstsein der Stärken und Schwächen bestehender Ansätze werden im Folgenden Handlungsschwerpunkte für die Entwicklung eines neuen Lösungsansatzes herausgearbeitet. Hierzu werden die Zielsetzung dieser Arbeit (siehe Kapitel 1.3) und die Anforderungen (siehe Kapitel 3.4) weiter detailliert und ein konkreter Handlungsbedarf formuliert. Bild 77 gibt eine Übersicht über die einzelnen Aspekte.

Anforderungen an den Lösungsansatz - Handlungsschwerpunkte	
Themenbereich Entwicklungssituation	
Geeignete Beschreibungsform für die Entwicklungssituation	
<input type="checkbox"/>	Kleine Menge an aussagekräftigen Situationsmerkmalen
<input type="checkbox"/>	Vorgabe sinnvoller Ausprägungen zur Differenzierung unterschiedlicher Situationen
<input type="checkbox"/>	Relevanz der Merkmale bzgl. der Bestimmung geeigneter Vorgehensschritte und Methoden
Unterstützung einer entwicklungsbegleitenden, aufwandsarmen Situationsanalyse	
<input type="checkbox"/>	Entwicklungsbegleitend, d. h. im operativen Tagesgeschäft anwendbar
<input type="checkbox"/>	Aufwandsarm, d. h. schnell durchführbar, damit die Methode Akzeptanz findet
<input type="checkbox"/>	Intuitiv anwendbar, d. h. ohne umfangreiches Training erlernbar
Themenbereich Vorgehensunterstützung	
Geeignete Beschreibung von Prozessbausteinen als Vorgehenselemente	
<input type="checkbox"/>	Adäquate Kriterien zur Beschreibung der Prozessbausteine
<input type="checkbox"/>	Geeignete Granularität und Spezifität
<input type="checkbox"/>	Berücksichtigung verschiedener Sichten (Problemlösung, Produktkonkretisierung)
Gewährleistung der Flexibilität bei guter Handhabbarkeit in der Anwendung	
<input type="checkbox"/>	Hohe Flexibilität, d. h. Berücksichtigung situativer Gegebenheiten
<input type="checkbox"/>	Gute Handhabbarkeit, d. h. adäquate Prozessführung ohne Überforderung des Anwenders
Themenbereich Methodeneinsatz	
Bereitstellung von Methoden in einem Katalog: Auswahl und Beschreibung von Methoden	
<input type="checkbox"/>	Auswahl geeigneter Methoden für einen Methodenkatalog passend zum Anwendungsgebiet
<input type="checkbox"/>	Adäquate Beschreibung der Methoden anhand geeigneter Kriterien
Unterstützung im operativen Methodeneinsatz: Zugriff auf Methodeninformation	
<input type="checkbox"/>	Geeignete Verknüpfung von Methoden und dem Anwendungsgebiet (Situation, Prozess)
<input type="checkbox"/>	Zielgerichteter Zugriff auf relevante Informationen unter Berücksichtigung situativer Informationsbedürfnisse der Anwender

Bild 77: Konkretisierte Anforderungen an den Lösungsansatz – Handlungsschwerpunkte

Um eine **situationsgerechte Unterstützung** überhaupt zu ermöglichen, wird als erster Schritt die Schaffung einer „greifbaren“ Vorstellung des Situationsbegriffs gesehen. Innerhalb der Unmenge an Kriterien, die theoretisch zur Situationsbeschreibung herangezogen werden kann, soll die Identifikation einer kleinen Menge aussagekräftiger Kriterien erfolgen. Die

Eignung bezieht sich darauf, inwiefern die Bestimmung der Ausprägungen Relevanz in Bezug auf die Auswahl von Vorgehensschritten und Methoden besitzt. Sodann ist ein Hilfsmittel zu schaffen, das dem Anwender die entwicklungsbegleitende Analyse und damit die explizite Erfassung seiner Situation ermöglicht. Dieses Hilfsmittel soll intuitiv anwendbar und nicht zu komplex sein, um sich bestmöglich ohne ungerechtfertigt hohen Aufwand in die operativen Arbeitsprozesse integrieren zu lassen.

Die Unterstützung eines **systematischen Vorgehens** soll durch die Bereitstellung von Vorgehenselementen erfolgen, die in geeigneter Weise auf Basis der situativen Gegebenheiten auszuwählen sind. Diese Vorgehenselemente werden im Folgenden als Prozessbausteine bezeichnet. Ihre Formulierung hat auf einem geeigneten Grad der Granularität und Spezifität zu erfolgen. Um eine operative Anwendbarkeit zu ermöglichen, dürfen die Prozessbausteine nicht zu allgemeingültig oder zu grob formuliert sein. Der Speicher an Prozessbausteinen soll jedoch begrenzt sein, um den Ansatz handhabbar zu gestalten. Die einzelnen Prozessbausteine dürfen damit auch nicht zu fein und zu spezifisch formuliert sein. Im Ordnungsschema mit den Achsen Granularität und Spezifität (vgl. Kapitel 3.4) lässt sich der Lösungsraum für die Formulierung von Prozessbausteinen skizzieren (siehe Bild 78). Zur Orientierung wurden existierende Vorgehensmodelle in das Schema eingeordnet. Zudem sollen verschiedene Sichten auf den Entwicklungsprozess, insbesondere die der Problemlösung und der Produktkonkretisierung, berücksichtigt werden. Der Ansatz hat sich in der Anwendung durch eine geeignete Flexibilität auszuzeichnen, um der Prozess- und Situationsdynamik gerecht zu werden. Dennoch sollten Entwickler ohne hohe Methodenexpertise nicht überfordert werden.

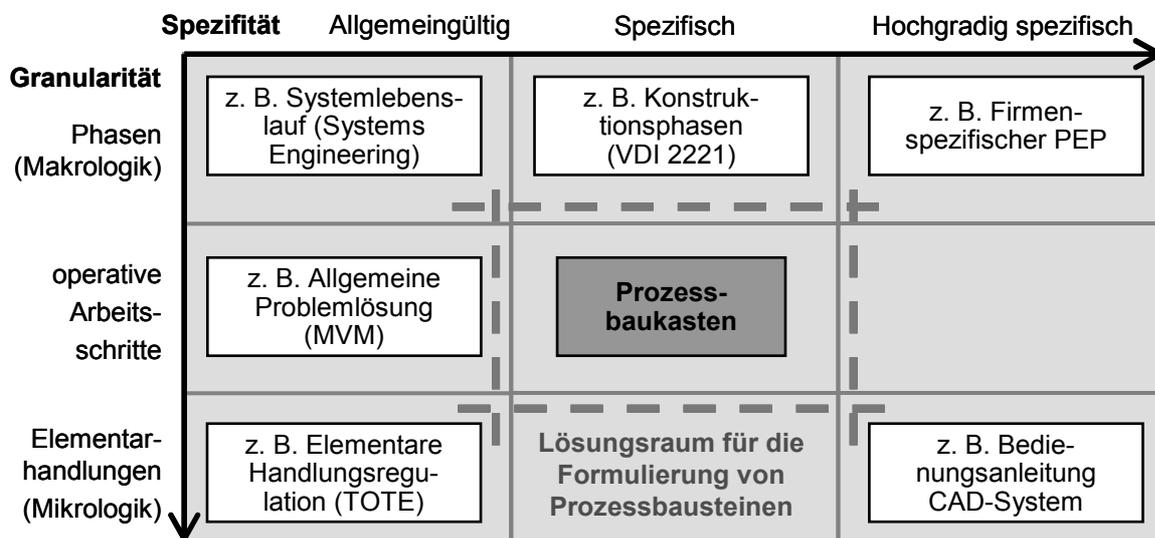


Bild 78: Lösungsraum für die Formulierung von Prozessbausteinen

Aus Sicht der Unterstützung eines optimalen **Methodeneinsatzes** hat der Lösungsansatz folgende Anforderungen zu erfüllen: die Vorauswahl von Methoden für einen Methodenkatalog hat zum Anwendungsgebiet zu passen, das es zu unterstützen gilt. Die Form der Methodenbeschreibung und -aufbereitung soll einen operativen Methodeneinsatz ermöglichen. Insbesondere soll Anwendern in Abhängigkeit ihrer Informationsbedürfnisse ein gezielter Zugriff auf relevante Bestandteile von Methodenbeschreibungen ermöglicht werden.

5 Ansatz zur situativen Unterstützung der methodischen Konzeptentwicklung

Im Folgenden wird der Lösungsansatz zur situativen Unterstützung der methodischen Entwicklung von technischen Produktkonzepten vorgestellt. In Kapitel 5.1 wird zunächst das Beschreibungsmodell, das die Grundlage des Lösungsansatzes bildet, erläutert. Dieses definiert, wie die Themenbereiche Entwicklungssituation, Aufgaben und Methoden zu beschreiben und zu verknüpfen sind. In Kapitel 5.2 wird die Erstellung einer Informationssammlung beschrieben, die aus einer Morphologie der Entwicklungssituation, einem Prozessbaukasten, einem Methodenbaukasten sowie Zuordnungen zwischen den drei Teilbereichen der Informationssammlung besteht. Dabei wurde die Informationssammlung für den Themenbereich der Konzeptentwicklung technischer Produkte ausgeprägt. Inhalt von Kapitel 5.3 ist die Anwendungsmethodik zum Einsatz der Informationssammlung im Rahmen operativer Entwicklungsprozesse. Die einzelnen Komponenten des Lösungsansatzes sind in Bild 79 dargestellt. In Kapitel 5.4 wird schließlich die prototypische Implementierung des Ansatzes in einem webbasierten Rechnerwerkzeug beschrieben.

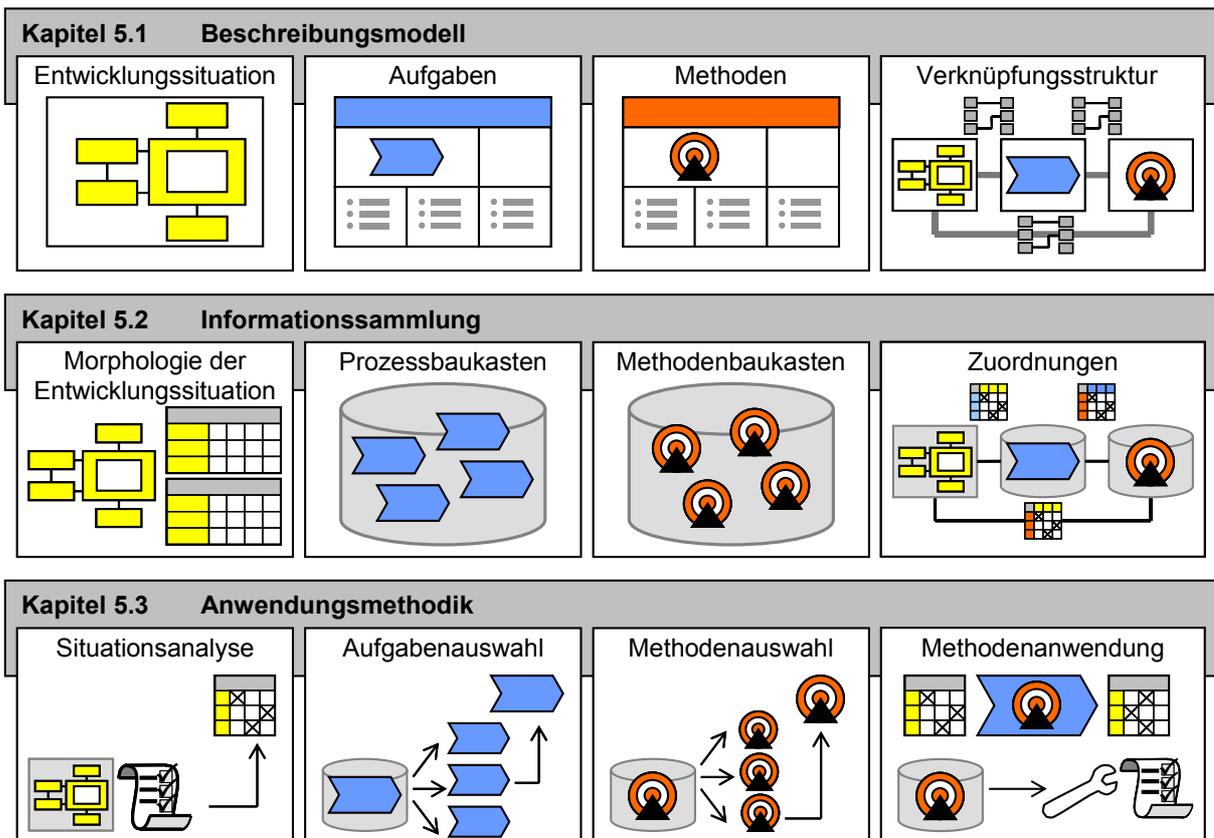


Bild 79: Struktur und Komponenten des Lösungsansatzes

5.1 Beschreibungsmodell als Grundlage des Lösungsansatzes

Das **Beschreibungsmodell**, das die Grundlage des Lösungsansatzes bildet, besteht aus vier Komponenten (siehe Bild 80). Die erste Komponente bildet Entwicklungssituationen ab. Die zweite Komponente stellt ein Beschreibungsmodell für Aufgaben im Entwicklungsprozess dar. Die dritte Komponente besteht aus einem Modell zur Beschreibung von Methoden der Produktentwicklung. In der vierten Komponente werden die drei ersten Komponenten zu einem Gesamtmodell verknüpft. Die Definition relevanter Beschreibungsparameter in den einzelnen Themenbereichen und deren konsistente Verknüpfung repräsentiert eine der wesentlichen Anforderungen und Herausforderungen dieser Forschungsarbeit. Daher wurde insbesondere Wert auf die Definition einer konsistenten Terminologie gelegt, die die Zusammenhänge der verwendeten Begriffe nachvollziehbar macht.

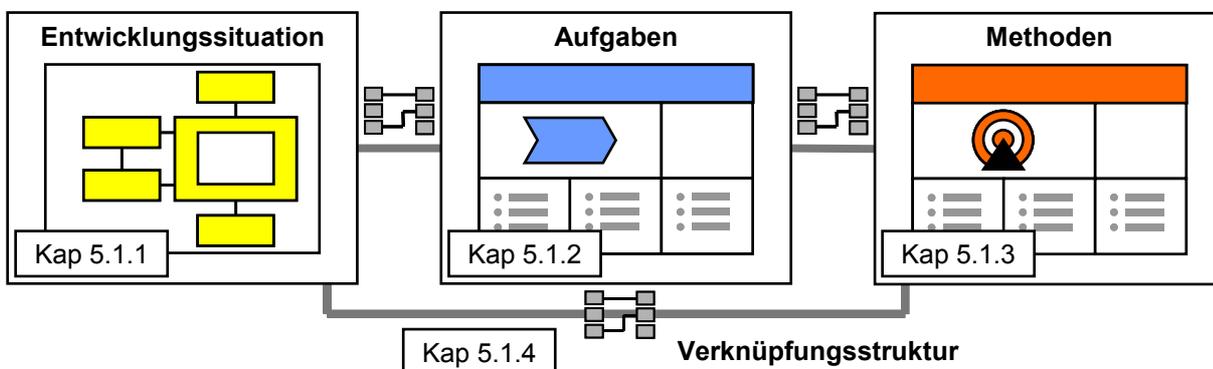


Bild 80: Beschreibungsmodell als Grundlage des Lösungsansatzes

5.1.1 Beschreibungsmodell der Entwicklungssituation

Basierend auf der Diskussion des Stands der Forschung zur Definition und Beschreibung von Situationen in der Produktentwicklung (siehe Kapitel 3.2) wurde ein Beschreibungsmodell der Entwicklungssituation entwickelt. Als **Entwicklungssituation** wird dabei ein konkreter Zeitpunkt im Entwicklungsprozess definiert, der sich durch den Zustand der Produktmodelle und des Entwicklungsprozesses sowie durch Einflussfaktoren auf Produkt und Prozess beschreiben lässt. Als **Entwicklungskontext** wird der den Entwicklungsprozess umgebende Zusammenhang bezeichnet, der sich durch Kontextfaktoren beschreiben lässt, die Einfluss auf Produkt und Prozess ausüben. Hier erfolgt eine starke Orientierung an [REYMEN 2001]. In dem Beschreibungsmodell (vgl. Bild 81) wurde dem Umstand Rechnung getragen, 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). Parameter der Situation werden den Bereichen Entwicklungsaufgabe/Produkt, Entwicklungsprozess, Entwickler/Team und Rahmenbedingungen zugeordnet, wodurch Struktur und Übersichtlichkeit im Umgang mit der Entwicklungssituation geschaffen werden. Dabei findet eine Orientierung am Erklärungsmodell für Kritische Situationen nach [FRANKENBERGER 1997] statt.

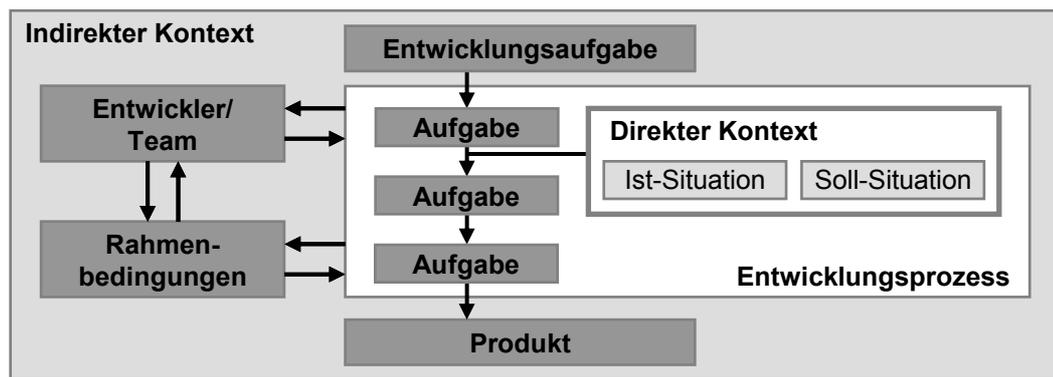


Bild 81: Beschreibungsmodell der Entwicklungssituation

Der Übergang von der Entwicklungsaufgabe zum Produkt wird über den Entwicklungsprozess dargestellt, in welchem die Bearbeitung einer gewissen Anzahl von (Teil-)Aufgaben notwendig ist. Die Grafik stellt aus Gründen der Übersicht eine Vereinfachung dar und soll nicht implizieren, dass der Entwicklungsprozess derart geradlinig und sequenziell abläuft. Wichtig ist vielmehr die Unterscheidung zwischen direktem und indirektem Kontext, durch die der unterschiedliche Einfluss von Parametern der Situation auf die Wahl geeigneter Aufgaben und Methoden adressiert wird²⁴. Primäre Treiber für Entscheidungen bzgl. des operativen Vorgehens im Entwicklungsprozess, d. h. der Wahl geeigneter Aufgaben („Was ist zu tun?“), sind Parameter des direkten Kontextes. Einflussgrößen auf die Wahl angemessener Methoden („Wie ist es zu tun?“), wenn das grundsätzliche Vorgehen bzw. die Aufgabe feststeht, sind vor allem Parameter des indirekten Kontextes. Diese Differenzierung orientiert sich an ZANKER, der das Ziel von Methoden („Was?“) mit Aufgaben verknüpft und die Mittel von Methoden („Wie?“) mit den Randbedingungen der Situation [ZANKER 1999, S. 56-57].

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. Diese recht allgemeine Definition wird im Folgenden konkretisiert. Bei Sachverhalten kann es sich konkret um Ergebnisse, Ereignisse und Erkenntnisse handeln. Mit Ergebnissen sind hier speziell Zwischenergebnisse im Entwicklungsprozess mit Bezug zur Produktdefinition gemeint (Produktmodelle, Konstruktionsdokumente etc.). Ereignisse sind Umstände, auf die der Entwickler nicht unbedingt einen Einfluss hat (z. B. Ausgang eines Versuchs). Erkenntnisse haben Bezug zum Wissensstand des Entwicklers. Die Generierung von neuen Ergebnissen im Entwicklungsprozess (z. B. detaillierte Anforderungsliste) führt beispielsweise durch die Interpretation des Entwicklers zu neuen Erkenntnissen (z. B. ‚Schwerpunkte für eine Produktoptimierung unklar‘). Die Unterscheidung zwischen den drei Begriffskonzepten Ergebnis, Ereignis und Erkenntnis ist vermutlich nicht immer eindeutig durchführbar. Dies spielt jedoch für den Ansatz dieser Arbeit keine Rolle.

²⁴ Im Prozess der Ausarbeitung des Lösungsansatzes waren zunächst die Begriffe ‚kurzfristiger‘ und ‚mittelfristiger‘ Kontext verwendet worden, in Anlehnung an die von [MEIBNER ET AL. 2005] vorgenommene Unterscheidung. Jedoch existieren auch Parameter, die sich kurzfristig ändern (z. B. die Tageslaune des Entwicklers), und die im Rahmen dieses Ansatzes nicht für die direkte Auswahl von Schritten im Vorgehen herangezogen werden. Daher wurden letztendlich die Begriffe ‚direkter‘ und ‚indirekter‘ Kontext gewählt.

Eine weitere Unterscheidung wird zwischen **Ist-Situation** 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. Beispiele für Ausprägungen der Ist- und Soll-Situation sind in Bild 82 dargestellt. Gewünschte Sachverhalte werden auch als **Ziele** bezeichnet. Hierbei sind insbesondere **Zwischenziele** gemeint, die von den globalen Zielen der Entwicklung (z. B. ‚leistungsstarkes Produkt, das im Kostenrahmen bleibt und in der vorgesehenen Zeit an den Kunden ausgeliefert werden kann‘) zu unterscheiden sind.

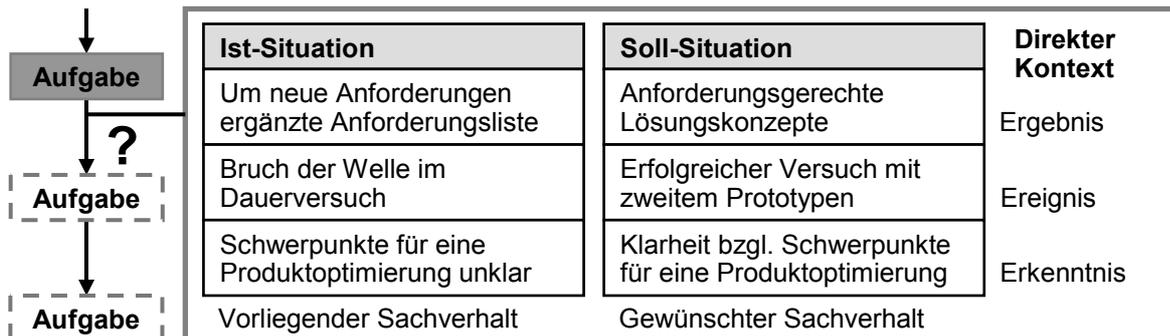


Bild 82: Direkter Kontext, Ist-Situation, Soll-Situation

Sachverhalte der Ist- und Soll-Situation haben in der Auffassung dieser Arbeit immer einen Bezug zu einem Betrachtungsobjekt. **Betrachtungsobjekte** können Ziele, Lösungen, Probleme, Funktionen etc. sein. Ein Sachverhalt lässt sich nach dem Betrachtungsobjekt und dessen Eigenschaften klassifizieren. Eigenschaften setzen sich zusammen aus Merkmalen (z. B. Anzahl) und Ausprägungen (z. B. keine, wenige, viele). Der Sachverhalt ‚Bruch der Welle im Dauerversuch‘ kann beispielsweise klassifiziert werden als Lösung (Betrachtungsobjekt), dessen Eignung (Merkmal) ungenügend (Ausprägung) ist. Jedoch sind auch alternative Klassifikationen möglich und zulässig. Der Zweck dieser Klassifikation besteht darin, auf Basis der Kenntnis von Ist- und Soll-Situation auf geeignete Aufgaben im Entwicklungsprozess zu schließen, worauf später noch im Detail eingegangen wird.

Der **indirekte Kontext** der Entwicklungssituation wird durch Parameter beschrieben, die keinen direkten Einfluss auf die Auswahl geeigneter Aufgaben im Entwicklungsprozess haben. Sie beeinflussen vielmehr die Auswahl angemessener Methoden. Zur Abgrenzung von den Parametern des direkten Kontextes (Ist-Situation, Soll-Situation) werden Parameter des indirekten Kontextes als **Kontextfaktoren** bezeichnet. Zur Strukturierung der Vielzahl möglicher Kontextfaktoren werden diese den Bereichen Entwicklungsaufgabe/Produkt, Entwicklungsprozess, Entwickler/Team und Rahmenbedingungen zugeordnet. Kontextfaktoren sind in Betracht zu ziehen, wenn der Frage der Eignung von Methoden in der aktuellen Situation nachgegangen wird. Basierend auf dieser Einschätzung kann die Auswahl einer adäquaten Methode vorgenommen werden. Als Beispiel wird ein Produktentwicklungsteam betrachtet, das die Aufgabe hat, für ein bestimmtes Produkt neue Lösungsideen zu generieren. Hier hängt die Wahl zwischen Methoden wie Brainstorming und Synektik unter anderem von den Ausprägungen der Kontextfaktoren ‚Motivation‘ und ‚Abstraktionsvermögen‘ der beteiligten Akteure ab. Sind die Ausprägungen beider Kontextfaktoren gering, ist die Methode Synektik vermutlich nicht für die Bearbeitung der Aufgabe geeignet.

5.1.2 Beschreibungsmodell für Prozessbausteine

Zur systematischen Vorgehensunterstützung wurde das Konzept eines **Prozessbaukastens** entwickelt. Dessen Elemente werden als Prozessbausteine bezeichnet und beschreiben eine gewisse Bandbreite an möglichen Aufgaben im Entwicklungsprozess. Der Prozessbausteinansatz dieser Arbeit unterscheidet sich von jenem nach [BICHLMAIER & GRUNWALD 1998], der in Kapitel 4.1.2 diskutiert worden war, hinsichtlich folgender Aspekte: Zum einen wird die Unterstützung der bereichsübergreifenden Zusammenarbeit nicht primär in den Fokus gestellt, zum anderen ist die Modellierung und Verknüpfung von Prozessen zu komplexen Prozessketten oder Prozessnetzwerken nicht Bestandteil der Betrachtung. Damit soll in keinster Weise die Wichtigkeit dieser Aspekte in Frage gestellt werden. Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt jedoch in der inhaltlichen Definition der Prozessbausteine und deren Auswahl im Entwicklungsprozess unter Berücksichtigung der Entwicklungssituation. In gewissem Sinne stellt dies eine Ergänzung bzw. Verfeinerung konkreter Teilaspekte des Gesamtkonzepts der Entwicklungsprozessbausteine dar.

Prozessbausteine beschreiben hier somit Aufgaben im Entwicklungsprozess. Dabei ist der Prozessbaustein als formale Repräsentation der Aufgabe zu verstehen, der als Informationseinheit im Prozessbaukasten abgelegt wird. Bild 83 enthält die verwendeten Beschreibungselemente für Prozessbausteine und erläuternde Anmerkungen. Die Abbildung des Prozessbausteins ergänzt die textuelle Beschreibung und soll vermitteln, WAS zu tun ist, also worin die Aufgabe besteht. Dahingegen ist es Ziel, mit der Grafik für eine Methode (siehe Kapitel 5.1.3) auszudrücken, WIE es getan wird, also mit welchen Mitteln die Methode die Aufgabe adressiert, der sie zugeordnet wurde. Eine **Aktivität** ist Bestandteil einer Aufgabe und wird, ebenso wie die Aufgabe selbst, durch eine Tätigkeit beschrieben, welche der Entwickler ausführt und ein Betrachtungsobjekt, an dem die Tätigkeit durchgeführt wird. Dabei drücken Aktivitäten teils detailliertere, teils spezifischere Handlungen als die Aufgabe selbst aus.

Kriterium	Definition
Name	Möglichst eindeutige und verständliche Beschreibung der im Entwicklungsprozess durchzuführenden Aufgabe; Formulierung als Objekt und Tätigkeit
Kurzbeschreibung	Knappe, prägnante Übersicht über die Inhalte des Prozessbausteins; enthält wesentliche Details zu Aktivitäten, Input und Output
Abbildung	Ergänzung der textuellen Beschreibung, visuelle Vermittlung davon, WAS in der durch den Prozessbaustein beschriebenen Aufgabe zu tun ist
Aktivitäten	Zum Teil Spezifizierung der Aufgabe (ODER-Verknüpfung einzelner Aktivitäten), zum Teil einzelne Aktivitäten, die zur Durchführung der Aufgabe notwendig sind (UND-Verknüpfung der Aktivitäten); Formulierung als Objekt und Tätigkeit
Input	Eigenschaften eines Ausgangszustands (Ist-Situation), die im Zuge der Ausführung von Aktivitäten in einen Output überführt werden
Output	Eigenschaften eines Folgezustands (Soll-Situation), die im Zuge der Ausführung von Aktivitäten aus einem Input generiert werden

Bild 83: Beschreibungselemente von Prozessbausteinen – Erläuterung

Bei der Generierung von Inhalten für Prozessbausteine ist in den Augen des Autors darauf Wert zu legen, das sich die Anzahl der Einträge in den Kategorien Aktivitäten, Input und Output in einem sinnvollen Rahmen bewegt. Zum einen soll eine aussagekräftige Be-

schreibung der Aufgabe ermöglicht werden, d. h. es ist eine gewisse Mindestanzahl an Einträgen notwendig. Zum anderen soll aber auch die Übersichtlichkeit gewährleistet sein, was die Anzahl der Einträge begrenzt. Schließlich soll der Gesamtansatz auch für die Ersteller eines Prozessbaukastens handhabbar sein. Die Kriterien sind für jeden Prozessbaustein im Prozessbaukasten auszuprägen und im Anschluss mit Beschreibungskriterien von Methoden zu vergleichen, worauf später noch eingegangen wird. Daher wird ein Umfang zwischen drei bis fünf Einträgen als sinnvoll erachtet.

Als Beispiel enthält Bild 84 die Inhalte des Prozessbausteins ‚System auf abstrahiertem Niveau beschreiben‘. Der Prozessbaustein hat Bezug zum Betrachtungsobjekt ‚System‘, mit dem hier das technische System gemeint ist, was in der Kurzbeschreibung erläutert wird. Neben dem System werden mehrere Betrachtungsobjekte adressiert, nämlich Anforderungen, Funktionen und Probleme. Die Beschreibung auf abstrahiertem Niveau wird durch Tätigkeiten des Modellierens und Reduzierens realisiert. Durch dieses Format der Prozessbausteine lassen sich auch „abstrakt klingende“ Aufgaben umfassend und verständlich beschreiben.

Prozessbaustein: System auf abstrahiertem Niveau beschreiben		
<p>Kurzbeschreibung: Reduktion der Fülle an konkreten Einzelinformationen in der Darstellung eines technischen Systems auf wenige relevante; Ausblenden der für die Zielstellung nicht relevanten Informationen; Zusammenfassung von Detailinformationen zu größeren Sinnzusammenhängen, z. B. dem Systemzweck; Erhöhung des Verständnisses für das System und Ermöglichung der Fokussierung auf das eigentliche Problem</p>		
<p>Aktivitäten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Funktionen des Systems und deren Zusammenhänge modellieren • System auf übergeordnete Zusammenhänge reduzieren • System auf den eigentlichen Zweck reduzieren 	<p>Input:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielstellung und wichtige Anforderungen • Detaillierte, komplexe Systemdarstellung • Fehlender Überblick über wesentliche Aspekte des Problems 	<p>Output:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wesentliche Systemzusammenhänge, Systemstruktur • Wesentliche Aspekte und Struktur des Problems • Erhöhtes System- und Problemverständnis

Bild 84: Beispiel eines Prozessbausteins

5.1.3 Beschreibungsmodell für Methoden

Analog zum Beschreibungsmodell für Prozessbausteine wurde eine Beschreibungsform für Methoden entwickelt, die den gezielten Methodeneinsatz im Rahmen operativer Entwicklungsaktivitäten unterstützt. Die Vielfalt möglicher Elemente und Kriterien für die Beschreibung und Charakterisierung von Methoden wurde in Kapitel 4.2.2 aufgezeigt. Da sich die Inhalte einer Methodenbeschreibung an den Anforderungen der jeweiligen Nutzer zu orientieren haben, wurden zunächst Informationsbedürfnisse formuliert, die gewissen Nutzungssituationen entsprechen. Diesen wurden Komponenten von Methodenbeschreibungen zugeordnet, welche diese Bedürfnisse potenziell befriedigen (siehe Bild 85).

Nutzer-Informationsbedürfnisse	Komponenten von Methodenbeschreibungen, z. B.
Überblick über Auswahl an anwendbaren Methoden für bestimmten Einsatzzweck	Methodenliste, Filter über Gesamtliste je nach Sicht (Aufgabe, Rolle, gewünschte Wirkung etc.)
Auswahl einer geeigneten Methode aus Liste potenziell anwendbarer Methoden	Vergleichs- bzw. Bewertungskriterien und diesbezügliche Informationen für jede Methode
Schneller Überblick über wesentliche Aspekte einer Methode	Kurzbeschreibung einer Methode (Abstract), Kriterien die eine Kategorisierung der Methode ermöglichen
Näheres Verständnis, wenn Methode in der Theorie in etwa umrissen wurde	Anschauliche, praxisnahe Beispiele, Best Practices (knapp vs. ausführlich), Links zu relevanter Literatur
Anwendung einer Methode für die Bearbeitung einer konkreten Aufgabe	Konkrete Anwendungsbeschreibung (Vorgehen, Tipps), Beispiele, Checklisten, Formulare, Arbeitsdokumente

Bild 85: Nutzerbedürfnisse in Bezug auf Methodeninformation und Lösungsansätze

Basierend auf der Analyse theoretischer Methodenbeschreibungsmodelle und dem Vergleich von in konkreten Methodensammlungen realisierten Beschreibungsformen wurde die Form der Methodenbeschreibung für diesen Ansatz abgeleitet, welche eine Erfüllung der skizzierten Nutzerbedürfnisse ermöglichen soll. Es werden drei wesentliche Bestandteile einer Methodenbeschreibung mit jeweils verschiedener Funktion unterschieden: Methodensteckbrief, Kontextbedingungen und Anwendungsdetails. Der **Methodensteckbrief** dient der Identifikation von für den Nutzer interessanter Methoden innerhalb eines Methodenpools, der Erlangung einer schnellen Übersicht über die wesentlichen Aspekte einer Methode und somit auch dem Vergleich und der Auswahl von Methoden. Diesbezügliche Beschreibungskriterien werden in Bild 86 erläutert.

Kriterium	Definition
Name	Name der Methode
Kurzbeschreibung	Knappe, prägnante Übersicht über die Inhalte der Methode; enthält wesentliche Details zu Zweck, Voraussetzungen und Wirkung
Abbildung	Ergänzung der textuellen Beschreibung, visuelle Vermittlung davon, WIE (mit welchen Mitteln) die Methode die zugrunde liegende Aufgabe adressiert
Zweck	Aktivitäten im Entwicklungsprozess, die durch den Einsatz der Methode unterstützt werden; Formulierung als Objekt und Tätigkeit
Voraussetzungen	Vorliegende Informationen, die zur Anwendung der Methode notwendig sind; Erkenntnisse und Ereignisse, die die Anwendung der Methode sinnvoll machen
Wirkung	Mögliche Wirkungen und Nebenwirkungen der Methodenanwendung (Ergebnisse, Erkenntnisse, Ereignisse)

Bild 86: Beschreibungselemente des Methodensteckbriefs – Erläuterung

Das Beispiel eines Methodensteckbriefs ist anhand der Methode Black Box in Bild 87 dargestellt. Einzelne Kriterien der Methodenbeschreibung können dabei tendenziell redundante Informationen zur Methode enthalten. Dennoch repräsentieren die Kriterien unterschiedliche Zugänge zu den Methoden. Insofern bringt eine gewisse Redundanz in den Aussagen keine Nachteile. Analog zur Beschreibung der Prozessbausteine wird bei den Methodenbeschreibungskriterien Zweck, Voraussetzungen und Wirkung eine Anzahl von drei bis fünf Einträgen als sinnvoll angesehen. Die Ähnlichkeiten zwischen den Beschreibungsinhalten der Prozessbausteine und jener der Methodensteckbriefe dienen deren Verknüpfung.

Methode: Black Box		
<p>Kurzbeschreibung: Mit Hilfe der Black Box-Darstellung wird die grundlegende Funktion bzw. der wesentliche Zweck eines Systems abgebildet. Dabei wird der innere Aufbau vernachlässigt und nur die Interaktion mit der Umwelt betrachtet. Durch diese Form der Abstraktion lässt sich die Komplexität eines Sachverhaltes deutlich reduzieren.</p>		
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • System in abstrahierter Form darstellen • System auf wesentliche Aspekte reduzieren • Zusammenhänge zwischen einem System und seiner Umgebung darstellen 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vorliegen eines komplexen technischen Systems • Schwere Durchschaubarkeit der Zusammenhänge eines komplexen Sachverhalts • Fixierung auf vorhandene Lösungen 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verständnis für den Gesamtzweck eines Systems • Neuer Blickwinkel auf einen bekannten Sachverhalt • Auflösung von Fixierungen auf bekannte Lösungen

Bild 87: Beispiel eines Methodensteckbriefs

Kontextbedingungen einer Methode dienen hauptsächlich der Auswahl und Anpassung von Methoden. Hierbei werden zum Zwecke des Abgleichs zwischen Methode und Entwicklungssituation dieselben Kriterien verwendet wie bei der Beschreibung des indirekten Kontextes. Dies bedeutet, dass Kontextbedingungen ebenfalls aus den Bereichen Entwicklungsaufgabe/Produkt, Entwicklungsprozess, Entwickler/Team und Rahmenbedingungen stammen können. Sie drücken Anforderungen an Eigenschaften des Kontextes aus, die vorliegen müssen, damit die Methodenanwendung die gewünschten Effekte erzielen kann. Die Methode Black Box ist z. B. insbesondere dann gut geeignet, wenn als Hauptforderung die Funktion eine Rolle spielt und Anwender ein gewisses Mindestmaß an Abstraktionsvermögen besitzen. Der zeitliche Aufwand für die Anwendung wird als gering eingestuft, wodurch sich die Black Box von aufwändigeren Methoden der Funktionsmodellierung unterscheidet.

Die **Anwendungsdetails** einer Methode enthalten Kriterien, die primär für die Anwendung bzw. Vertiefung der Methode relevant sind (siehe Bild 88). Beispielsweise bietet sich eine Kombination der Black Box mit weiteren Methoden zur Funktionsmodellierung an, insbesondere einer Umsatzorientierten Funktionsmodellierung. In einem webbasierten Methodenportal lassen sich zudem die Kriterien Werkzeuge, Methodenverknüpfung und Literatur direkt als Links zu anderen Webseiten bzw. Unterlagen zum Download verknüpfen.

Kriterium	Definition
Vorgehen	Schritte, die bei der Anwendung der Methode zu durchlaufen sind; Anwendungshinweise und Regeln für die Durchführung einzelner Schritte
Hinweise	Ergänzende Hinweise zur Methodenanwendung oder Informationen, die zum besseren Verständnis der Methode dienen
Werkzeuge	Werkzeuge oder Hilfsmittel, die bei der Anwendung der Methode unterstützend eingesetzt werden können (Formblätter, Checklisten, Software etc.)
Methodenverknüpfung	Verknüpfungsarten: alternative Methode, kombinierbare Methode, übergeordnete Methodik, in der Methode enthaltene Elementarmethode
Literatur	Quellen mit weiterführenden Informationen (Bücher, Normen, Weblinks etc.)

Bild 88: Beschreibungselemente der Anwendungsdetails – Erläuterung

5.1.4 Verknüpfungsstruktur: Integration der drei Themenbereiche

Das Integrationskonzept als vierte Komponente des Beschreibungsmodells hat die Verknüpfung der zuvor diskutierten Themenbereiche zum Inhalt. Diese Verknüpfung findet auf Ebene geeigneter Elemente bzw. Kriterien statt, die in den vorangegangenen Kapiteln zur Beschreibung von Entwicklungssituation, Aufgaben und Methoden definiert worden waren. Grundlage des Verknüpfungskonzepts ist ein **Klassifikationsansatz**, wie er in ähnlicher Form z. B. von ZANKER entwickelt wurde, der den Themenbereich Methoden sowie deren Verknüpfungen zu Aufgaben und Randbedingungen der Situation in den Mittelpunkt stellt ([ZANKER 1999], siehe Kapitel 4.2.4.1). Einen Überblick über die Bestandteile des Verknüpfungskonzepts gibt Bild 89. Im Folgenden werden die drei Verknüpfungsarten (Situationen und Aufgaben, Aufgaben, Aufgaben und Methoden, Situationen und Methoden) im Detail erläutert²⁵.

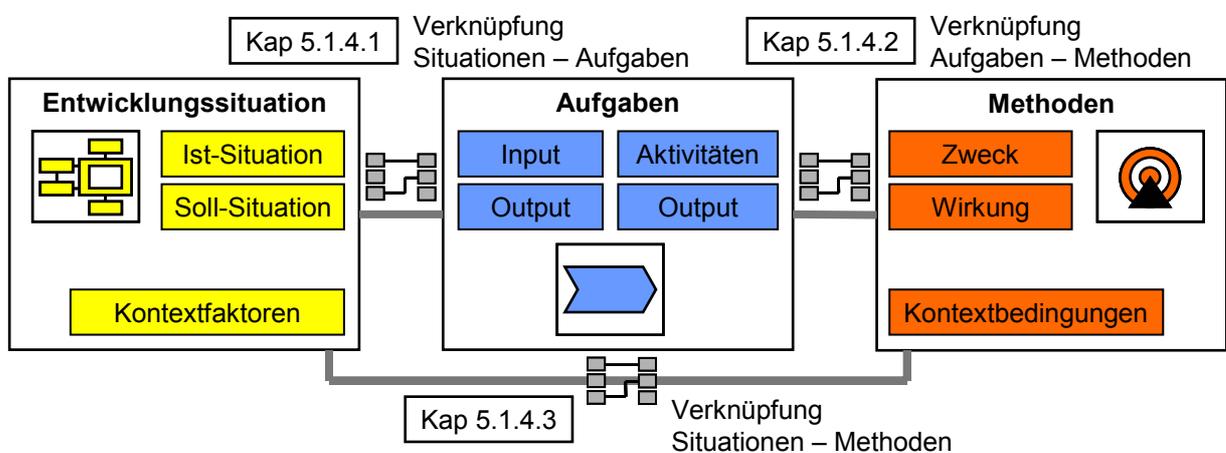


Bild 89: Verknüpfung von Situationen, Aufgaben und Methoden

5.1.4.1 Verknüpfung von Situationen und Aufgaben

Zunächst wird die Verknüpfung von Situationen und Aufgaben betrachtet. Diese wird über die Parameter des direkten Kontextes realisiert. Ausprägungen der Ist-Situation werden mit dem Input der Prozessbausteine verglichen, Ausprägungen der Soll-Situation mit dem Output der Prozessbausteine. Um das Prinzip dieses Verknüpfungsmechanismus zu demonstrieren, werden in Bild 90 beispielhaft zwei Situationen jeweils mittels zweier Aussagen zur Ist- und Soll-Situation beschrieben. Auf der rechten Seite sind Input und Output des schon weiter oben beschriebenen Prozessbausteins ‚System auf abstrahiertem Niveau beschreiben‘ abgebildet. Nun stellt sich die Frage: Ist der Prozessbaustein in einer der beiden Situationen geeignet, den jeweiligen Problemen zu begegnen bzw. die formulierten Soll-Zustände zu erreichen?

²⁵ Wenn im Folgenden von ‚Situation‘ die Rede ist, ist damit immer die ‚Entwicklungssituation‘ gemeint. Der Begriff wird aus Gründen der besseren Handhabung abgekürzt.

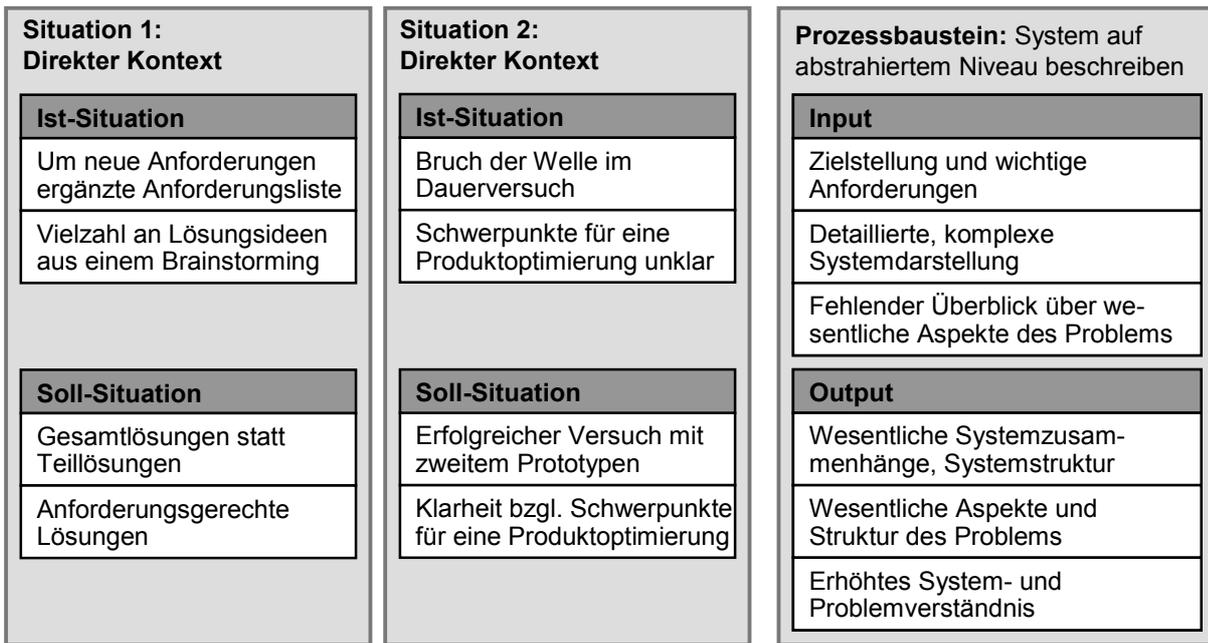


Bild 90: Beispielhafte Gegenüberstellung von zwei Situationen und einem Prozessbaustein

Als Basis für die Bestimmung geeigneter Aufgaben in einer spezifischen Situation wird eine Klassifikation von Betrachtungsobjekten und deren Eigenschaften eingeführt. Hier wird der Ansatz zur Visualisierung des aktuellen Konstruktionszustands mit Hilfe von Merkmals-ebenen aufgegriffen (vgl. [DYLLA 1991], siehe Kapitel 4.3.2). Jedoch steht hier nicht die Visualisierung des Konstruktionszustands in einem Diagramm im Vordergrund, sondern dessen verbale Beschreibung. So lässt sich beispielsweise die Generierung einer Funktionsstruktur (Schritt #1 in Bild 91) als Übergang des Zustands ‚Funktionen unstrukturiert‘ in den Zustand ‚Funktionen strukturiert‘ formulieren. Die Ermittlung von neuen Lösungsideen für die Teilfunktionen kann dementsprechend als Übergang des Zustands ‚Teilfunktionen bekannt‘ oder ‚Teillösungen unbekannt‘ in den Zustand ‚Teillösungen bekannt‘ ausgedrückt werden. Ein nächster möglicher Schritt wäre der Übergang von ‚Teillösungen ungeordnet‘ in ‚Teillösungen geordnet‘. Die Abbildung dieses Schritts im Diagramm gestaltet sich allerdings als schwierig, da nur die Merkmale Konkretheit und Vollständigkeit berücksichtigt werden.

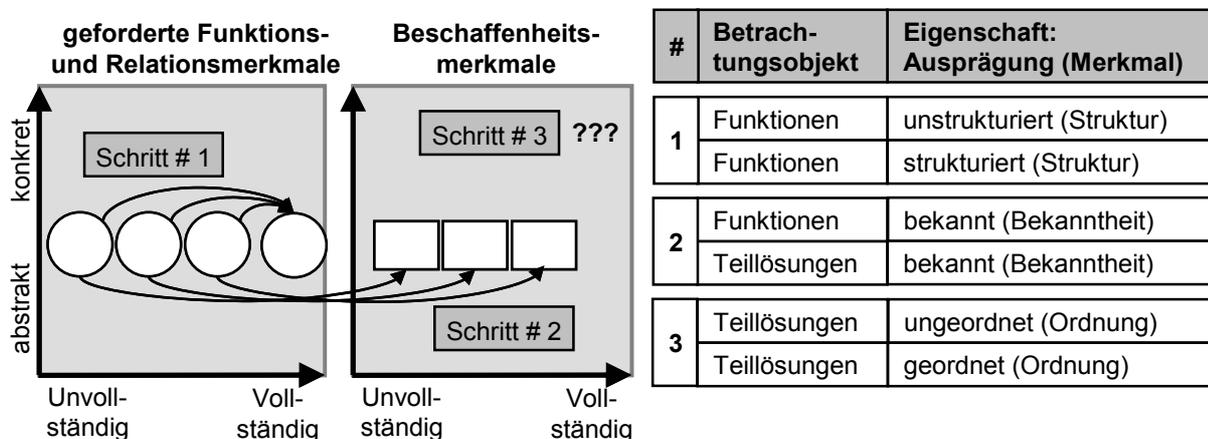


Bild 91: Konstruktionszustand formuliert durch Betrachtungsobjekte und ihre Eigenschaften

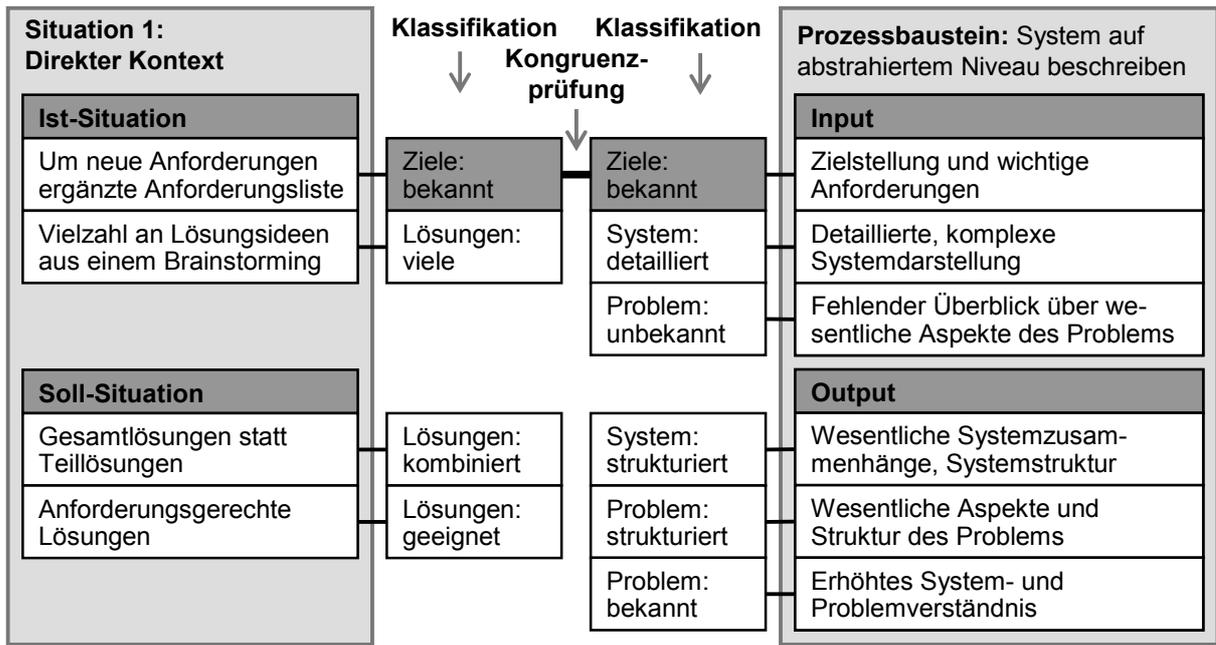


Bild 92: Anwendung der Klassifikation auf das Beispiel – Situation 1

Bei der Anwendung der Klassifikation auf das Beispiel stellt sich heraus, dass der Prozessbaustein ‚System auf abstrahiertem Niveau beschreiben‘ vermutlich nicht für Situation eins geeignet ist (siehe Bild 92). Zwar ergibt sich eine Übereinstimmung zwischen Ist-Situation und dem Prozessbaustein-Input (‚Ziele bekannt‘), jedoch besitzt der Prozessbaustein andere Outputs, die nicht zu der gewünschten Soll-Situation passen. Bei Situation zwei ergibt sich ein anderes Bild (siehe Bild 93): Der mögliche Output ‚erhöhtes System- und Problemverständnis‘ des Prozessbausteins passt zur gewünschten Situation ‚Klarheit bzgl. Schwerpunkte für eine Produktoptimierung‘ – beide können als ‚Problem bekannt‘ klassifiziert werden.

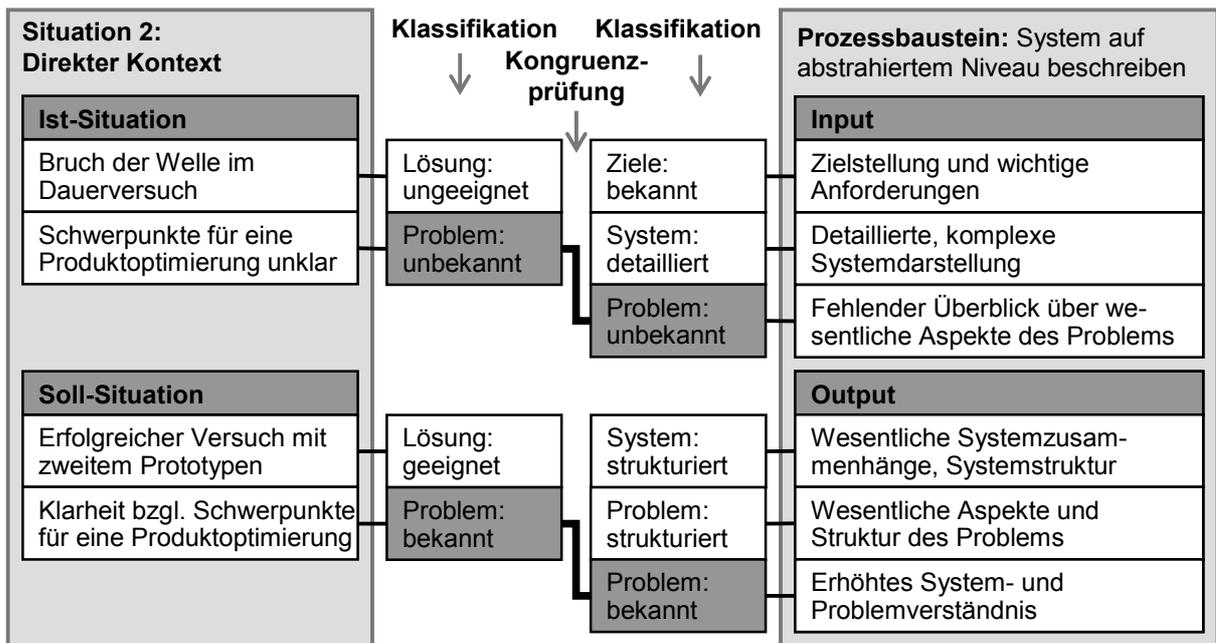


Bild 93: Anwendung der Klassifikation auf das Beispiel – Situation 2

Wesentlichen Einfluss auf die Eignung eines derartigen Vergleichs zwischen Situationen und Aufgaben wird die Definition geeigneter Betrachtungsobjekte, Merkmale und möglicher Ausprägungen haben. Auf Betrachtungsobjekte und Merkmale wird bei der Erstellung einer Morphologie der Entwicklungssituation in Kapitel 5.2.1 eingegangen. Hinsichtlich der möglichen Ausprägungen wird vorgeschlagen, maximal drei konkrete Prädikate für jedes Merkmal zu verwenden, z. B.: keine, wenige und viele für das Merkmal Anzahl. Eine weitere Quantifizierung wurde in Erwägung gezogen, z. B. die Angabe der Ausprägungen des Konkretisierungs- bzw. des Vollständigkeitsgrads zwischen 0 und 100 Prozent. Diese Option hat sich jedoch als nicht praktikabel erwiesen, da eine Genauigkeit vorgetäuscht würde, die aufgrund mangelnder Informationen in der Konzeptentwicklung nicht der Realität entspricht.

5.1.4.2 Verknüpfung von Aufgaben und Methoden

Die Verknüpfung von Aufgaben und Methoden ist sehr häufig Gegenstand von Forschungsarbeiten (siehe Kapitel 4.2.4.1). Im Ansatz dieser Arbeit findet eine Verknüpfung auf drei Arten statt: direkt, über Tätigkeiten und über Objekte. Diese Verknüpfungsmechanismen sind in Bild 94 exemplarisch am Beispiel des Prozessbausteins ‚System auf abstrahiertem Niveau beschreiben‘ und der Methode Black Box dargestellt.

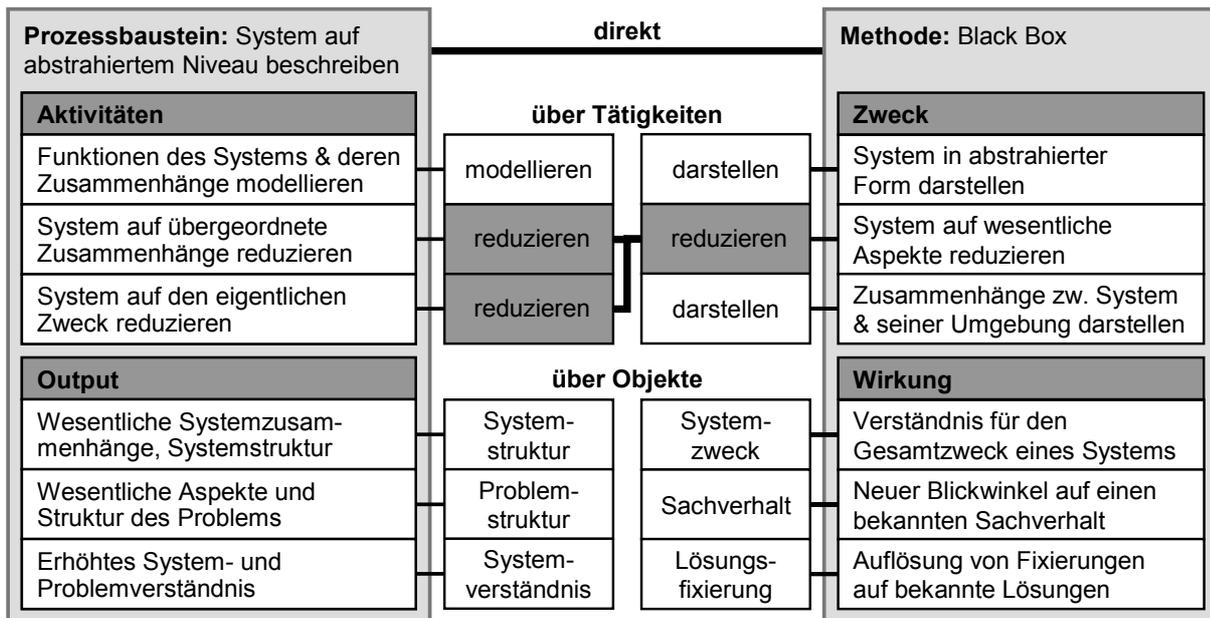


Bild 94: Verknüpfung von Aufgaben (Prozessbausteinen) und Methoden

Die erste Verknüpfung ist eine **direkte Zuordnung** von Methoden zu Aufgaben, wie sie in der Literatur an vielen Stellen zu finden ist. Diese Zuordnung erfolgt häufig in Form von Matrizen (z. B. bei [FREISLEBEN 2001]) oder Tabellen (z. B. bei [BRAUN 2005, S. 234-238]). Wie bereits diskutiert, kann die direkte Zuordnung von Methoden zu Aufgaben je nach Autor durchaus unterschiedlich ausfallen, hierfür existiert keine „Musterlösung“. Um diese Zuordnung vornehmen zu können, sind gute Kenntnisse bzgl. Aufgaben und Methoden nötig.

Die zweite Verknüpfung sieht eine **Verknüpfung über Tätigkeiten** vor. Dies stellt eine Umsetzung des von ZANKER entwickelten ‚Schlüssel-Schloss-Prinzips‘ dar. Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein zweistufiger Ansatz verfolgt: den Beschreibungskriterien Aktivitäten der

Prozessbausteine sowie Zweck der Methoden wurden zunächst Tätigkeiten zugewiesen. Hierbei erfolgte eine Orientierung an den in Aktivitäten und Zwecken enthaltenen Verben (z. B. modellieren, reduzieren etc.). Im zweiten Schritt wurden aus diesen Tätigkeiten Grundtätigkeiten abgeleitet. Die Prüfung der Kongruenz von Aufgabe und Methode auf Basis von Tätigkeiten ist exemplarisch in Bild 94 dargestellt. Der Prozessbaustein ‚System auf abstrahiertem Niveau beschreiben‘ und die Methode Black Box weisen bzgl. der Tätigkeit ‚reduzieren‘ eine Übereinstimmung auf. Grundtätigkeiten werden in Kapitel 5.2.4 diskutiert.

Der dritte Verknüpfungsmechanismus basiert auf einer **Verknüpfung über Objekte**. GERST greift das Konzept der Grundtätigkeiten nach ZANKER auf und ergänzt es um eine Objektsicht, d. h. er weist auf die Wichtigkeit der Angabe hin, auf welche Objekte sich die unterstützenden Grundtätigkeiten beziehen [GERST 2002, S. 75]. Methoden können demnach ähnliche Tätigkeiten unterstützen, sich aber auf unterschiedliche Objekte beziehen. Daher betrachtet er Tätigkeiten nicht losgelöst von Objekten, sondern immer in Kombination. Die Einheit aus Tätigkeit und Objekt bezeichnet er als „methodische Funktionen“. Basierend auf diesem Konzept wendet GERST die Methode der Funktionsstrukturierung nach [EHRENSPIEL 2003, S. 368 FF.] auf die Analyse und Synthese von Methoden und deren Strukturen an [GERST 2002, S. 77 FF.]²⁶. Die Objektsicht wird im Rahmen dieser Arbeit aufgegriffen und dient ebenfalls einem Abgleich zwischen Aufgaben und Methoden.

Aktivitäten der Prozessbausteine und Zwecke der Methoden wurden analog zu dem Modell nach GERST als Einheit aus Objekt und Tätigkeit formuliert. Für eine **Kongruenzprüfung über Objekte** existieren nun prinzipiell mehrere Möglichkeiten. Zum einen können die Kriterien Aktivitäten und Zwecke herangezogen werden. Ebenso bieten sich hierfür die Beschreibungskriterien Input (der Prozessbausteine) und Voraussetzungen (der Methoden) und schließlich das Kriterienpaar Output (der Prozessbausteine) und Wirkungen (der Methoden) an. Auf einen Abgleich zwischen Input und Voraussetzungen wurde verzichtet, da diese Kriterien im Gegensatz zu den anderen nicht dieselbe Aussagekraft für einen Abgleich zwischen Prozessbausteinen und Methoden besitzen. Produktanforderungen fließen z. B. tendenziell in sehr viele Prozessbausteine als Input und Methoden als Voraussetzungen ein, ohne Aufschluss über den Kern der Aufgabe oder Methode zu geben. Auf einen Abgleich zwischen Aktivitäten und Zwecken wurde ebenso verzichtet, da diese Kriterien bereits Gegenstand der Kongruenzprüfung über Tätigkeiten sind. Daher wurde eine objektbezogene Kongruenzprüfung in dieser Arbeit lediglich über die Kriterien Output und Wirkungen verfolgt.

Hinsichtlich der Objekte gibt es im Beispiel aus Bild 94 keine Übereinstimmung. Dies lässt mehrere Interpretationsmöglichkeiten zu. Die Methode ist vielleicht bzgl. der erreichbaren Wirkung nicht für die Erzeugung des Outputs des Prozessbausteins geeignet. Da die Methode in diesem Fall jedoch geeignet erscheint, existiert eine weitere Möglichkeit: die Formulierung von Output und Zweck ist für eine Kongruenzprüfung unglücklich gewählt. Hier sind Schwierigkeiten in der praktischen Umsetzung des Klassifikationsansatzes zu erkennen.

²⁶ Funktionen drücken bei EHRENSPIEL die Eigenschaftsänderungen (Zustandsänderungen) eines Umsatzprodukts in einem technischen System aus. Funktionen einer Methode beschreiben die (gedachten) Eigenschaftsänderungen zwischen zwei Betrachtungsmomenten bei der Anwendung einer Methode [GERST 2002, S. 78]. Umsatzprodukte sind bei GERST Betrachtungsfelder (Märkte, Produkte, Prozesse) und deren Eigenschaften.

Sowohl Tätigkeiten als auch Objekte müssen eine **geeignete Formulierung** aufweisen. Bei der Zuordnung von Tätigkeiten zu Aktivitäten und Zwecken wurde jeweils das Verb extrahiert. Daher sind bei der Formulierung von Aktivitäten und Zwecken aussagekräftige Tätigkeiten zu wählen. Nach dieser Vorgehensweise müsste den Aktivitäten ‚Lösungssuche unterstützen‘ und ‚Lösungsbewertung unterstützen‘ jeweils die Tätigkeit ‚unterstützen‘ zugeordnet werden. Es handelt sich aber um grundsätzlich verschiedene Aktivitäten. Besser wäre folgende Formulierung der Aktivitäten: ‚Lösungen suchen‘ und ‚Lösungen bewerten‘.

Ebenso ist der Formulierung geeigneter Objekte große Aufmerksamkeit zu schenken. Der zweite Eintrag bei der Wirkung der Methode Black Box lautet ‚Neuer Blickwinkel auf einen bekannten Sachverhalt‘. Als zugehöriges Objekt wurde ‚Sachverhalt‘ angegeben. Derartige Begriffe sind jedoch zu vermeiden, da sie zu allgemein sind, um eine sinnvolle Verknüpfung zwischen Aufgabe und Methode herbeiführen zu können. Es spricht grundsätzlich nichts dagegen, mehrere Objekte für einen Prozessbaustein-Output bzw. eine Methoden-Wirkung zu definieren. Dem Output ‚erhöhtes System- und Problemverständnis‘ können z. B. sowohl ‚Systemverständnis‘ als auch ‚Problemverständnis‘ als Objekte zugeordnet werden.

5.1.4.3 Verknüpfung von Situationen und Methoden

Schließlich wird eine Verknüpfung zwischen Situationen und Methoden hergestellt. Dies geschieht über Kriterien des indirekten Kontextes, also Kontextfaktoren auf Seiten der Entwicklungssituation und Kontextbedingungen auf Seiten der Methoden. Dieser Ansatz weist Analogien zur Kongruenzprüfung zwischen Methoden und Randbedingungen über Methodenmerkmale nach ZANKER auf. Der Vergleich von Kontextfaktoren und Kontextbedingungen ist exemplarisch in Bild 95 dargestellt. Auf Seiten der Situation und der Methoden sind jeweils dieselben Merkmale abgebildet, für die verschiedene Ausprägungen denkbar sind. Zutreffende Ausprägungen sind mit einem Kreuz gekennzeichnet. Bei einem Vergleich ergeben sich drei Möglichkeiten, die als Fallunterscheidung im unteren Teil der Grafik dargestellt sind: Fall eins ist die positive Übereinstimmung hinsichtlich der Ausprägungen eines Kriteriums (Plus), Fall zwei stellt einen Unterschied dar (Minus) und Fall drei lässt aufgrund fehlender Angaben keine Aussage zu (Null).

Die Verknüpfung zwischen Aufgaben und Methoden hat binären Charakter: Eine Methode ist einer Aufgabe zugeordnet oder nicht. Die Verknüpfung zwischen Situation und Methode ist anderer Art. Eine Methode weist hinsichtlich der Ausprägungen der Kontextfaktoren in einer spezifischen Situation eine gewisse Eignung auf, die umso größer ist, je mehr Übereinstimmungen sich im Vergleich ergeben (Anzahl der Plus-Zeichen), und umso geringer ist, je mehr Unterschiede festgestellt werden (Anzahl der Minus-Zeichen). Je weniger Ausprägungen bei Kontextfaktoren bzw. Kontextbedingungen angegeben sind, desto schlechter kann bzgl. der Eignung der Methode eine Aussage getroffen werden. Das Ergebnis des Vergleichs ist damit ein differenziertes Profil der Methode hinsichtlich der Eignung für den vorliegenden Kontext der Entwicklungssituation. Die Interpretation ist allerdings dem Entwickler selbst überlassen. Der schematisch angedeutete Vergleich in Bild 95 ergibt, dass Methode B (dreimal Plus, keinmal Minus) gegenüber Methode A (zweimal Plus, einmal Minus) vermutlich eine höhere Kontexteignung aufweist. Die Eignung einer Methode kann noch erhöht werden, indem entweder der Kontext an die Methode angepasst wird oder umgekehrt.

5.2.1 Generierung einer Morphologie der Entwicklungssituation

Da der Lösungsansatz sowohl einen Prozessbaukasten als auch einen Methodenbaukasten enthält, erscheint es zunächst naheliegend, ebenfalls einen „Situationsbaukasten“ zu erstellen. HUTTERER geht der Frage nach, ob es Bausteine von Situationen geben kann. Er kommt zu dem Schluss, dass sich keine allgemeingültigen Situationen finden lassen, die der Gegenüberstellung von Methoden oder Methodenbestandteilen gerecht werden können. Mit zunehmendem Detaillierungsgrad würden Situationen zu individuell und seien von unzähligen Parametern abhängig. Die Existenz von Situationsbausteinen wird somit verneint [HUTTERER 2005, S. 98-99]. Auch in dieser Arbeit werden keine Situationsbausteine formuliert, vielmehr wird analog zu [GRÖßER 1992] der Ansatz einer morphologischen Systematik verfolgt. Hierbei ist, wie im Beschreibungsmodell, zwischen direktem und indirektem Kontext zu unterscheiden.

5.2.1.1 Direkter Kontext

In Bezug auf den direkten Kontext der Entwicklungssituation lassen sich Kriterien der Ist-Situation und Soll-Situation unterscheiden. An die Formulierung von Situationskriterien werden zwei wesentliche Anforderungen gestellt: 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. Als verknüpfender Mechanismus zwischen Situationen und Aufgaben dient eine Kongruenz hinsichtlich der Betrachtungsobjekte und deren Eigenschaften (siehe Kapitel 5.1.1).

Somit stellt sich die Frage, welche **Betrachtungsobjekte** für Entwicklungsingenieure im Rahmen der Konzeptentwicklung technischer Produkte eine Rolle spielen. Um zu einer Liste geeigneter Betrachtungsobjekte zu gelangen, wurden Aufgaben im Konzeptentwicklungsprozess analysiert. Dabei wurden insbesondere Betrachtungsobjekte aus Sicht der Problemlösung und der Produktkonkretisierung identifiziert. Es erfolgte hierfür eine Orientierung an den Elementen im Münchener Vorgehensmodell [LINDEMANN 2007] und an den ersten vier Arbeitsabschnitten im Vorgehensplan der VDI-Richtlinie 2221 [VDI 1993]. Diese Analyse wird ausführlicher im Anhang (Kapitel 10.6) behandelt.

Bei der Integration beider Sichten wurden letztendlich acht **Grundobjekte** identifiziert: Eigenschaft, Entscheidung, Funktion, Lösung, Problem, Situation, System und Ziel (siehe Bild 97). Mit den Grundobjekten lassen sich eine Reihe einzelner Betrachtungsobjekte assoziieren. Die Grundobjekte stellen dabei weniger eine übergeordnete Klasse für Einzelobjekte dar. Vielmehr sind es thematische Gruppen, denen einzelne Betrachtungsobjekte zugeordnet werden können. Die hier dargestellten Grundobjekte wurden vor dem Hintergrund entwickelt, dass sie eine möglichst geeignete Zuordnung von Situationen, Aufgaben und Methoden im Themengebiet der technischen Konzeptentwicklung ermöglichen sollen. Als allgemeingültige Klassifikation werden sie daher nicht verstanden. Für andere Ausprägungen von Prozess- und Methodenbaukästen (z. B. für das Qualitätsmanagement oder die Produktsicherung) sind vermutlich einige dieser Grundobjekte irrelevant und hier nicht enthaltene mögliche Grundobjekte (wie beispielsweise Information, Handlung etc.) notwendig. Zur besseren Anschaulichkeit wurde für jedes Grundobjekt ein Icon entwickelt.

Icon	Grundobjekt	Betrachtungsobjekte, die mit dem Grundobjekt assoziiert werden
	Eigenschaft	Eigenschaft, Produktmerkmal, Merkmalsausprägung, Produkteigenschaft, Analysemerkmal, Analyseergebnis, Analyseziel, Produktverhalten, ...
	Entscheidung	Entscheidung, Urteil, Rangfolge, Favorit, Auswahl, Ausschluss, Priorisierung, Bewertungskriterium, Wertesystem, Nutzwert, Teilnutzwert, ...
	Funktion	Funktion, Systemzweck, Gesamtfunktion, Teilfunktion, Hauptfunktion, Nebenfunktion, Funktionsstruktur, nützliche Funktion, schädliche Funktion, ...
	Lösung	Lösung, Lösungsidee, Lösungsprinzip, Prinziplösung, Lösungskonzept, Teillösung, Gesamtlösung, Gesamtkonzept, Lösungsalternative, Lösungsfeld...
	Problem	Problem, Schwachstelle, Widerspruch, Zielabweichung, Risiko, Fehler, Problemfeld, Problemmodell, Problemstruktur, Problemformulierung, ...
	Situation	Situation, Situationsmerkmal, Einflussbereich, Einflussgröße, Einflussgröße, Einflussfaktor, Schlüsselfaktor, Zukunftsprojektion, Zukunftsmodell, ...
	System	System, Produkt, Gesamtsystem, Teilsystem, Systemelement, Komponente, Modul, Baugruppe, Bauteil, Schnittstelle, Systemgrenze, Systemstruktur, ...
	Ziel	Ziel, Anforderung, Soll-Eigenschaft, Anforderungsliste, Anforderungsstruktur, Zielabhängigkeit, Zielkonflikt, Marktziel, Kostenziel, Entwicklungsziel, ...

Bild 97: Grundobjekte und zugeordnete Betrachtungsobjekte

Ferner wurde eine morphologische Systematik von **Eigenschaften der Betrachtungsobjekte** erstellt (siehe Bild 98). Eine Eigenschaft setzt sich zusammen aus einem Merkmal (Bekanntheit, Vollständigkeit, Anzahl etc.) und möglichen Ausprägungen. Diese Eigenschaften lassen sich mit beliebigen Betrachtungsobjekten kombinieren. Das Merkmal Bekanntheit spielt beispielsweise sowohl in Bezug auf Anforderungen als auch bei Funktionen und Lösungen eine Rolle. Zu jedem Merkmal sind zwei mögliche Ausprägungen angegeben.

Merkmal	Ausprägungen		Merkmal	Ausprägungen	
Bekanntheit	unbekannt	bekannt	Zerlegung	grob	detailliert
Vollständigkeit	unvollständig	vollständig	Eignung	ungeeignet	geeignet
Anzahl	keine / wenige	viele	Relevanz	irrelevant	relevant
Ordnung	ungeordnet	geordnet	Konkretisierung	abstrakt	konkret
Strukturierung	unstrukturiert	strukturiert

Bild 98: Mögliche Eigenschaften von Betrachtungsobjekten (Merkmale und Ausprägungen)

5.2.1.2 Indirekter Kontext

Das Vorgehen zur Erfassung geeigneter Kontextfaktoren gliederte sich in drei Schritte: Zunächst wurden bestehende Systematiken der Entwicklungssituation hinsichtlich der Beschreibung von Kontextfaktoren untersucht und verglichen (siehe Kapitel 3.2.3). Daraufhin wurden verfügbare Methodenbeschreibungen hinsichtlich aufgeführter Kontextbedingungen analysiert (siehe Kapitel 4.2.4.1). Schließlich wurden die Ergebnisse beider Analysen miteinander abgeglichen. Eine Übersicht über Kontextfaktoren und deren mögliche Ausprägungen, im Folgenden als **Kontextschema** bezeichnet, zeigt Bild 99. Dabei wurde eine Gliederung in Hauptkategorien analog zu dem Modell in Kapitel 5.1.1 vorgenommen. Dieses Kontextschema kann beispielsweise ganz am Anfang des Projekts herangezogen werden, um die Projektsituation zu analysieren, kann aber auch projektbegleitend eingesetzt werden.

Kategorie, Kontextfaktor	Mögliche Ausprägungen		
Entwicklungsaufgabe/Produkt			
Neuheitsgrad der Aufgabe	niedrig	mittel	hoch
Ähnlichkeit zu bekannten Aufgaben	niedrig	mittel	hoch
Komplexität der Aufgabe	niedrig	mittel	hoch
Strukturiertheit, Deutlichkeit der Aufgabe	schlecht strukturiert, undeutlich	gut strukturiert, deutlich	sehr gut strukturiert, klar
Anzahl der Ziele	wenige	viele	sehr viele
Determiniertheit des Ergebnisses	unbestimmt	unsicher	bestimmt
Freiheitsgrade für die Entwicklung	niedrig	mittel	hoch
Entwickler/Team			
Fachliche Erfahrung (Wissen)	Laie	Fortgeschrittener	Experte
Methodenerfahrung (Wissen)	Laie	Fortgeschrittener	Experte
Motivation	niedrig	durchschnittlich	hoch
Abstraktionsfähigkeit	niedrig	durchschnittlich	hoch
Teamgröße	Einzelperson	Gruppe auf Abruf	Gruppe
Teamhomogenität	homogen	heterogen	stark heterogen
Kommunikationsfähigkeit im Team	niedrig	durchschnittlich	hoch
Rahmenbedingungen			
Arbeitsumgebung	unbekannt	bekannt	gut bekannt
Unterstützung, Zusammenarbeit	beschränkt	gut	sehr gut
Technische Ausstattung	beschränkt	gut	sehr gut
Zeitliche Restriktionen	niedrig	mittel	hoch
Finanzielle Restriktionen	niedrig	mittel	hoch
Informationsverfügbarkeit	niedrig	mittel	hoch
Individuelle Freiheit (Verantwortung)	niedrig	mittel	hoch

Bild 99: Kontextschema: Kontextfaktoren und mögliche Ausprägungen

Mithilfe von Kontextfaktoren soll ein Vergleich zwischen der Entwicklungssituation, also den tatsächlich vorliegenden Ausprägungen von Kontextfaktoren, und potenziell in Frage kommenden Methoden, welche Bedingungen an die Ausprägungen von Kontextfaktoren stellen, ermöglicht werden. Die Maßgabe ist es, für den Vergleich zwischen Situation und Methoden möglichst wenige aussagekräftige Kriterien heranzuziehen. Dies schließt z. B. Kontextfaktoren aus, die in realen Entwicklungsprojekten bestimmbar sind, aber keine Rückschlüsse hinsichtlich der Eignung von Methoden zulassen. Zum anderen beeinflussen sich Kontextfaktoren auch gegenseitig und sind damit nicht unabhängig voneinander. Unter Berücksichtigung der Kriterien, die bei verfügbaren Methodensammlungen konkret zur Methodenauswahl verwendet werden (siehe [GRÖBER 1992] und [STRASSER 2004]), wurde ein reduziertes Kontextschema für die situative Methodenauswahl abgeleitet (siehe Bild 100).

Kategorie, Kontextfaktor	Mögliche Ausprägungen		
Entwicklungsaufgabe/Produkt			
Neuheitsgrad der Aufgabe	niedrig	mittel	hoch
Komplexität der Aufgabe	niedrig	mittel	hoch
Entwickler/Team			
Methodenerfahrung (Wissen)	Laie	Fortgeschrittener	Experte
Teamgröße	Einzelperson	Gruppe auf Abruf	Gruppe
Rahmenbedingungen			
Zeitliche Restriktionen	niedrig	mittel	hoch

Bild 100: Reduziertes Kontextschema für den Vergleich zwischen Situation und Methoden

5.2.2 Aufbau eines Prozessbaukastens

Im Folgenden wird die Identifikation und Formulierung geeigneter Prozessbausteine für die Unterstützung des Anwendungsgebiets der Konzeptentwicklung beschrieben. Bei der Definition der Prozessbausteine wurde unter dem Gesichtspunkt der Erreichung einer geeigneten Granularität und Spezifität vorgegangen. Als Ausgangspunkt diente das Münchener Vorgehensmodell. LINDEMANN ordnet den Elementen des Vorgehensmodells einzelne Fragestellungen zu, die Aktivitäten im Rahmen der Problemlösung repräsentieren und als so genannte ‚Wie-Fragen‘ formuliert sind, z. B. ‚Wie können Zielgrößen ermittelt werden?‘ [LINDEMANN 2007, S. 94]. Diese Wie-Fragen stellen Aufgaben im Entwicklungsprozess dar und werden im Folgenden auch als solche formuliert. Die der oben genannten Wie-Frage entsprechende Aufgabe lautet somit ‚Zielgrößen ermitteln‘.

Gegenüber den sieben Elementen des Münchener Vorgehensmodells, denen sie zugeordnet wurden, sind diese Aufgaben teilweise detaillierter (Dimension Granularität) und teilweise spezifischer (Dimension Spezifität) formuliert. Dies wird exemplarisch in Bild 101 veranschaulicht. Gegenüber dem Element ‚Lösungsideen ermitteln‘ sind die Aufgaben ‚Verfügbare Lösungen finden‘ und ‚Neue Lösungsideen generieren‘ spezifischer, da eine Aussage darüber getroffen wird, aus welchen Quellen die Lösungsideen stammen. Lösungsideen lassen sich ermitteln, indem entweder nach verfügbaren Lösungen oder nach neuen Lösungsideen gesucht wird²⁸. Dementsprechend sind auch unterschiedliche Methoden für diese Schritte anwendbar. Das Element ‚Ziel planen‘ hingegen lässt sich in einzelne Aufgaben zerlegen, die nacheinander auszuführen sind, z. B. ‚Situation analysieren‘, ‚Analyseergebnisse strukturieren und Wechselbeziehungen abbilden‘ etc. Teilweise sind die Grenzen zwischen den beiden Dimensionen nicht eindeutig, d. h. ob die Aufspaltung eines Vorgehenselements eine Erhöhung der Granularität (Verknüpfung der Einzelemente nach der UND-Logik) oder eine Erhöhung der Spezifität (Verknüpfung der Einzelemente nach der ODER-Logik) darstellt.

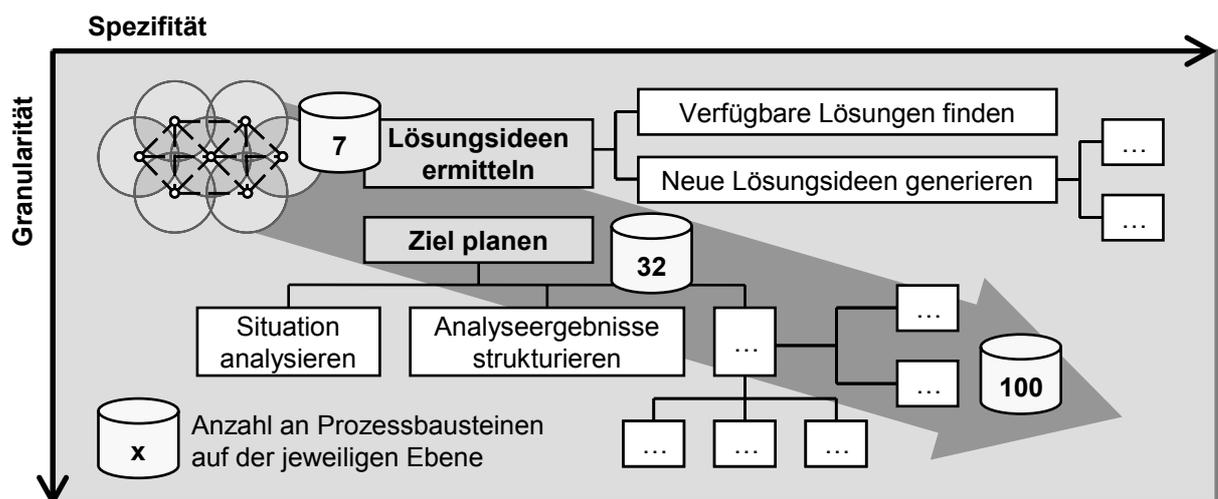


Bild 101: Definition von Prozessbausteinen: Aspekt der Granularität und Spezifität

²⁸ Natürlich ist auch eine Kombination beider Schritte möglich: typischer Weise wird zuerst die Suche nach verfügbaren Lösungen verfolgt, dann die Generierung neuer Lösungsideen.

Im Rahmen der Analyse wurde der Grad der Granularität bzw. Spezifität noch weiter erhöht. Innerhalb der Aufgaben auf Ebene der ‚Wie-Fragen‘ wurden Vorgehenselemente identifiziert, in welche die ‚Wie-Fragen‘ wiederum aufgeteilt werden können. Dies ist in Bild 101 schematisch angedeutet. Während das Vorgehensmodell sieben Elemente besitzt (Ebene eins) und 32 Prozessbausteine auf Ebene der ‚Wie-Fragen‘ identifiziert wurden (Ebene 2), sind es schon ca. 100 Vorgehenselemente auf Ebene drei. Die Handhabbarkeit einer derart großen Anzahl an Prozessbausteinen wird als gering eingestuft. Diese dreistufige Sammlung an Prozesselementen ist im Detail in Kapitel 10.7 im Anhang wiedergegeben.

Das Münchener Vorgehensmodell stellt eine Problemlösungssicht auf den Entwicklungsprozess dar. Im Folgenden wurden auch weitere Vorgehensmodelle untersucht, insbesondere der Vorgehensplan der VDI-Richtlinie 2221 [VDI 1993], der eine Sicht der Produktkonkretisierung darstellt. Der Referenzprozess ‚Vom Markt zum Produkt‘ [SPATH 2001], der dem MAP-Tool zugrunde liegt, beinhaltet ebenfalls zahlreiche Aufgaben auf vier unterschiedlichen Ebenen der Granularität und Spezifität. FREISLEBEN vergleicht die Elemente verschiedener Vorgehensmodelle, um daraus ein Set an Prozessbausteinen abzuleiten [FREISLEBEN 2001]. Daher wurden diese Ansätze ebenfalls betrachtet. Die beinhalteten Vorgehenselemente wurden mit den auf Basis des Münchener Vorgehensmodells abgeleiteten Prozessbausteinen abgeglichen.

Ziel war es, einen **Prozessbaukasten** zu generieren, der ein repräsentatives Set an Prozessbausteinen enthält, die wiederum eine genügend große Bandbreite an Entwicklungsaktivitäten innerhalb der Konzeptentwicklung abdecken. Ferner sollten die Prozessbausteine in sich geschlossene Einheiten im Entwicklungsprozess repräsentieren, die z. B. durch die Anwendung einer Arbeitsmethode mit einem definierbaren Ergebnis innerhalb eines gewissen Zeitraums (z. B. im Rahmen einer Teamsitzung) durchgeführt werden können. Eine alphabetische Übersicht über die letztendlich im Rahmen dieser Arbeit definierten **Prozessbausteine** gibt Bild 102. Eine Kurzbeschreibung der Prozessbausteine findet sich im Anhang der Arbeit in Kapitel 10.7.

Nr	Prozessbaustein	Nr	Prozessbaustein
1	Anforderungen ermitteln	10	Lösungsideen und -alternativen ordnen
2	Anforderungen mit Lösungsmerkmalen verknüpfen	11	Neue Lösungsideen generieren
3	Anforderungen verdichten und strukturieren	12	Problem erfassen und strukturieren
4	Bewertung von Ideen und Alternativen vorbereiten	13	Schwerpunkte für die Lösungssuche ableiten
5	Entscheidung bezüglich Ideen und Alternativen treffen	14	Situation erfassen
6	Freiheitsgrade im System erkennen	15	Situationsmerkmale verdichten und strukturieren
7	Funktionen des Systems ermitteln und strukturieren	16	System auf abstrahiertem Niveau beschreiben
8	Gesamtlösungen aus Teillösungen ermitteln	17	Widersprüche und Zielkonflikte auflösen
9	Ideen und Alternativen bewerten	18	Zukunftsmodelle der Situation erarbeiten

Bild 102: Prozessbaukasten mit Prozessbausteinen für die Konzeptentwicklung

5.2.3 Aufbau eines Methodenbaukastens

Für die Ermöglichung eines situationsgerechten Methodeneinsatzes ist die Zusammenstellung eines umfassenden Methodenkatalogs, der detaillierte Informationen zu den enthaltenen Methoden bietet, eine wesentliche Voraussetzung. Daher wurde im Rahmen dieser Arbeit neben dem Prozessbaukasten auch ein **Methodenbaukasten** erstellt. Bei der Vorauswahl des prinzipiellen Methodenangebots kommt es weniger auf Quantität an. Eine zu hohe Anzahl an Methoden schafft nur unnötige Komplexität. Wichtiger ist es vielmehr, dass das Methodenspektrum zum Anwendungsgebiet passt, d. h. zu den zu unterstützenden Aufgaben im Entwicklungsprozess. Dementsprechend wird ein Methodenbaukasten für den gesamten Produktlebenslauf [SPATH 2001] anders aussehen als einer für die Strategische Produkt- und Prozessplanung [BRAUN 2005] oder das Qualitätsmanagement [DOBBERKAU 2002].

In dieser Arbeit liegt der Schwerpunkt auf Methoden zur Unterstützung der Entwicklung technischer Produktkonzepte. Die Aufgaben hierfür wurden im vorherigen Schritt definiert und als Prozessbausteine in einem Prozessbaukasten festgehalten. Basis für den Methodenbaukasten dieser Arbeit bildet die Methodensammlung in [LINDEMANN 2007]. Bei der Auswahl von Methoden für den Katalog wurde der Fokus auf **Arbeitsmethoden** gelegt, was Elementarmethoden einerseits und Methodiken andererseits ausschließt. Ferner wurden im hier erstellten Methodenkatalog keine Methoden der Organisation (Projektmanagement etc.) aufgenommen, oder Methoden, die allgemein der Informationsverarbeitung dienen. Außerdem sind „Methoden“ ausgeklammert, die sich dem Entwurf und der Ausarbeitung von Produkten widmen. In diesem Stadium sind eher Gestaltungsrichtlinien anwendbar. Methoden zur Eigenschaftsanalyse (Versuch, Berechnung, Simulation) wurden ebenfalls nicht in den Katalog mit aufgenommen. Einige Ausschlusskriterien und zugehörige Beispiele von ausgeschlossenen Methoden sind in Bild 103 dargestellt.

Ausschlusskriterien für den Methodenkatalog	Ausschluss von Methoden, z. B.
Keine als Methoden formulierte Methodenkategorien, die lediglich Überbegriffe für spezifische Arbeitsmethoden darstellen, die ebenfalls im Katalog enthalten sind	Funktionsmodellierung, Vergleich, Bewertung, Kreativitätstechniken
Keine Methodiken, da diese durch das Methodenbeschreibungsformat dieser Arbeit nicht zweckmäßig dargestellt werden können, wohl aber die enthaltenen Arbeitsmethoden	FMEA, TRIZ, Target Costing, Reverse Engineering, Wertanalyse, Szenariotechnik
Keine Elementarmethoden, da diese selten alleine Anwendung finden und in Arbeitsmethoden enthalten sind	Gewichtung, Portfolio, Checkliste, Vergleich, Wertfunktion
Keine Methoden, die spezielle Software und spezifische Schulung erfordern	Clusteranalyse, Numerische Simulation
Keine Methoden, deren primärer Zweck die Informationserfassung ist, ohne direkten Bezug zur Konzeptentwicklung	Recherche, Interview, Fragebogen, Fragetechnik
Keine Methoden, die primär der Workshopmoderation dienen, unabhängig vom behandelten Thema	Moderation mit Karten, Blitzlicht, Punkte kleben,
Keine Methoden, die in erster Linie Hilfsmittel (z. B. Formblätter, Checklisten) darstellen, deren Einsatz in anderen Arbeitsmethoden erfolgt	Checkliste nach Osborn (Hilfsmittel z. B. für Brainstorming, Systematische Variation),

Bild 103: Ausschlusskriterien und Beispiele ausgeschlossener Methoden

Das Ordnungsschema mit den Dimensionen Granularität und Spezifität wurde, ebenso wie bei der Definition von Prozessbausteinen, zur Auswahl von Methoden für die Methodensammlung herangezogen (siehe Bild 104). Durch die Unterscheidung der Methoden nach ihrer Granularität und Spezifität wird eine undifferenzierte Behandlung des Methodenbegriffs, die als Problem identifiziert worden war, vermieden.

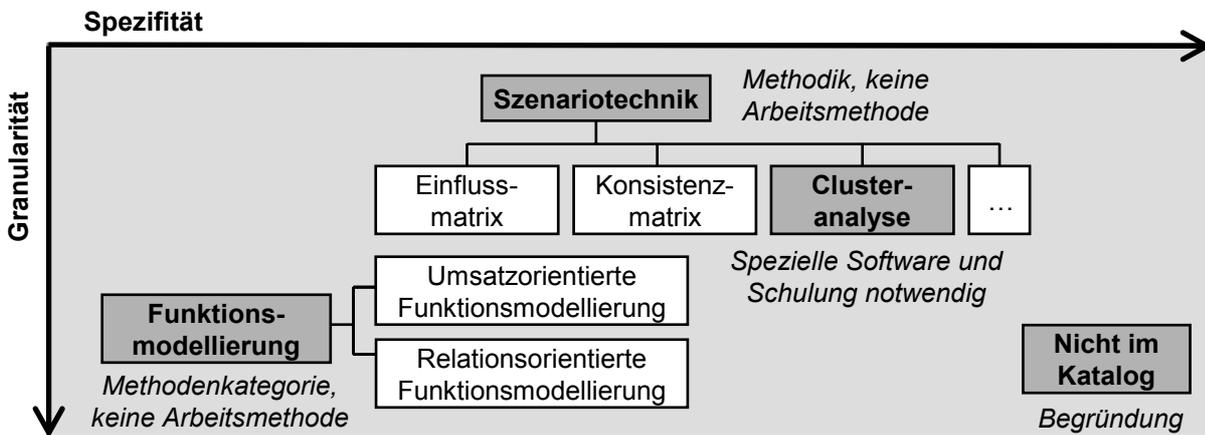


Bild 104: Auswahl von Methoden mithilfe der Dimensionen Granularität und Spezifität

Bild 105 enthält diejenigen Methoden, die für den Methodenbaukasten in dieser Arbeit ausgewählt wurden. Die Beschreibung dieser Methoden erfolgte nach dem in Kapitel 5.1.3 definierten Beschreibungsmodell. Die Methodensteckbriefe aller 36 Methoden sind dem Anhang (Kapitel 10.8) zu entnehmen. Die Sammlung ist mit 36 Methoden noch übersichtlich. Es bietet sich an, analog zu dieser Sammlung an Arbeitsmethoden separate Sammlungen an Elementarmethoden und Methodiken zu erstellen, für die jedoch jeweils ein geeignetes Beschreibungsformat zu definieren ist. Bei Methodiken steht beispielsweise eine geschickte Kombination von Arbeitmethoden im Vordergrund. Gelingt es, diese Teilsammlungen geeignet zu verknüpfen, würde ein transparentes Netzwerk an Methoden entstehen. Dies geht allerdings über die Betrachtungen in dieser Arbeit hinaus.

Nr	Methode	Nr	Methode	Nr	Methode
1	ABC-Analyse	14	Konstruktionskatalog		Funktionsmodellierung
2	Alternativenbaum	15	Lösungssuche mit technischen Effekten	27	Sensitivitätsanalyse
3	Anforderungsliste			28	Synektik
4	Bionik	16	Methode 635	29	Systematische Variation
5	Black Box	17	Mind Mapping	30	Umsatzorientierte Funktionsmodellierung
6	Brainstorming	18	Morphologischer Kasten		
7	Einflussmatrix	19	Negation	31	Ursache-Wirkungs-Analyse
8	Entscheidungstabelle	20	Nutzwertanalyse		
9	Fehlerbaumanalyse	21	Ordnungsschema	32	Verknüpfungsmatrix
10	Freiheitsgradanalyse	22	Paarweiser Vergleich	33	Vorauswahl
11	Gewichtete Punktbewertung	23	Plausibilitätsanalyse	34	Vorteil-Nachteil-Vergleich
		24	Problemformulierung	35	Widerspruchsorientierte Lösungssuche
12	Kano-Modell	25	Punktbewertung		
13	Konsistenzmatrix	26	Relationsorientierte	36	Zielpräferenzmatrix

Bild 105: Methodenbaukasten mit Methoden für die Konzeptentwicklung

5.2.4 Erstellung von Zuordnungen

Die Erstellung von Zuordnungen entspricht der Ausprägung der in Kapitel 5.1.4 definierten Verknüpfungen. Zuordnungen wurden zwischen Situationen und Aufgaben, zwischen Aufgaben und Methoden sowie zwischen Situationen und Methoden erstellt.

5.2.4.1 Zuordnung von Situationen und Aufgaben

Der direkte Kontext der Entwicklungssituation lässt sich durch Aussagen zur Ist- und Soll-Situation beschreiben. Da eine Definition von ‚Situationsbausteinen‘ als nicht zweckmäßig angesehen wurde, wird im Folgenden der Begriff **Situationskonstellation** verwendet. Eine Situationskonstellation ist die Menge aller Aussagen zur Ist- und Soll-Situation zu einem gewissen Zeitpunkt im Entwicklungsprozess. Zur Erläuterung wird das Beispiel aus Kapitel 5.1.4.1 wieder aufgegriffen. Bild 106 zeigt die Situationskonstellation, die aus je zwei Aussagen zur Ist- und Soll-Situation besteht. Die einzelnen Aussagen einer Situationskonstellation können nach dem Betrachtungsobjekt und dessen Eigenschaften (Merkmale und Ausprägungen) klassifiziert werden. Input und Output der Prozessbausteine lassen sich auf dieselbe Art und Weise klassifizieren. Dadurch wird eine Zuordnung zwischen Situationskonstellationen und Prozessbausteinen auf Basis des Vergleichs einzelner Aussagen (Ist-Situation mit Input bzw. Soll-Situation mit Output) möglich. Eine Übereinstimmung ist ein Indiz für die Eignung des Prozessbausteins in der jeweiligen Situation. Je höher die Zahl der Übereinstimmungen ist, desto höher wird die Eignung angenommen.

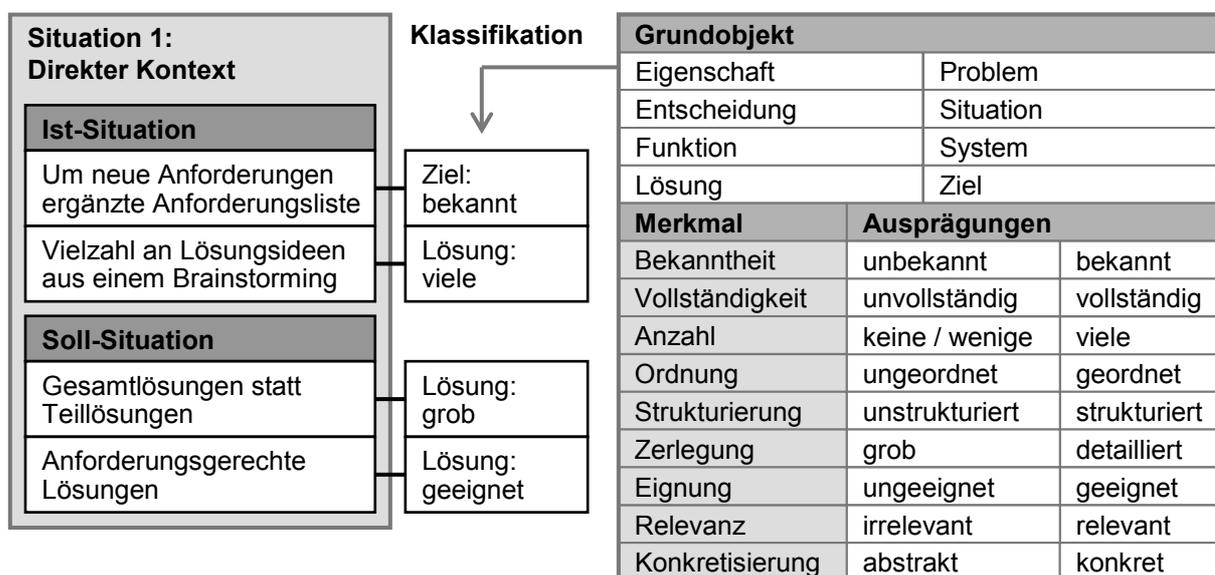


Bild 106: Situationskonstellation und Prozessbaustein – Beispiel einer Klassifikation

Die Ist- und Soll-Situation muss vom Anwender spezifiziert werden. Je mehr Kriterien dabei spezifiziert werden, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich Übereinstimmungen ergeben und desto mehr Prozessbausteine weisen potenziell eine Eignung auf. Diese Kongruenzprüfung hinsichtlich der Betrachtungsobjekte und ihrer aktuellen bzw. gewünschten Eigenschaften hat den Zweck, aus der Gesamtliste an Prozessbausteinen diejenigen herauszufiltern, die in einer spezifischen Situation geeignet erscheinen.

Nimmt man die in Kapitel 5.2.1.1 definierten acht Grundobjekte und neun Merkmale mit jeweils zwei möglichen Ausprägungen als Grundlage, so ergeben sich theoretisch 144 mögliche Kombinationen aus Betrachtungsobjekt, Merkmal und Ausprägung, also 144 Möglichkeiten eine Aussage zu klassifizieren. Für eine Situationskonstellation, die aus je einer Aussage hinsichtlich der Ist- und Soll-Situation besteht, ergeben sich 20.592 Möglichkeiten (wenn man den Fall, dass Ist- und Soll-Situation exakt identisch sind, nicht berücksichtigt). Nicht jede dieser Konstellationen wird Relevanz besitzen. Es erscheint schwierig, im Voraus eine Vielzahl relevanter Situationskonstellationen zu ermitteln.

Deswegen wurde eine Klassifikation der Inputs und Outputs der 18 Prozessbausteine vorgenommen. Merkmale mit tendenziell ähnlichen Aussagen wurden zu Gruppen zusammengefasst. Die Merkmale Bekanntheit, Vollständigkeit und Anzahl beschreiben die Menge der Elemente in einem betrachteten System (Gruppe A wie Anzahl). Die Merkmale Ordnung und Strukturierung haben Bezug zu den Relationen zwischen Elementen eines Systems (Gruppe S wie Strukturierung). Die Merkmale Eignung und Relevanz unterscheiden Elemente und Relationen im System hinsichtlich ihrer Bedeutung (Gruppe E wie Eignung). Diese Gruppierung stellt eine Vereinfachung dar, die zum Zwecke der Reduzierung von Komplexität im Klassifikationsansatz eingeführt wurde.

Ein Auszug aus der Klassifikation ist in Bild 107 abgebildet, die gesamte Tabelle findet sich im Anhang in Kapitel 10.7. Der Prozessbaustein ‚Situation erfassen‘ bezieht sich beispielsweise auf das Grundobjekt Situation. Input sind keine oder wenige bekannte Situationsmerkmale, Output sind viele bekannte Situationsmerkmale. Neben dem Merkmal Anzahl sind außerdem die Merkmale Zerlegung und Konkretisierung relevant. Dieses Vorgehen führte zu der Erkenntnis, dass viele der theoretisch möglichen Ausprägungen für die praktische Umsetzung, zumindest aus Sicht der Prozessbausteine, nicht relevant sind.

A = Anzahl, S = Strukturierung, Z = Zerlegung, E = Eignung, K = Konkretisierung		Input									Output				
Prozessbaustein	Grundobjekt	A	S	Z	E	K	A	S	Z	E	K				
		keine/wenige viele	unstrukturiert strukturiert	grob detailliert	ungeeignet geeignet	abstrakt konkret	keine/wenige viele	unstrukturiert strukturiert	grob detailliert	ungeeignet geeignet	abstrakt konkret				
Situation erfassen	Situation	x		x		x	x		x		x				
Situationsmerkmale verdichten und strukturieren	Situation	x	x		x		x			x					
Zukunftsmodelle der Situation erarbeiten	Situation		x		x			x	x						
Anforderungen ermitteln	Ziel	x		x		x	x		x		x				
Anforderungen verdichten und strukturieren	Ziel		x		x		x		x		x				
System auf abstrahiertem Niveau beschreiben	System, Problem		x					x			x				
Funktionen des Systems ermitteln und strukturieren	System, Funktion	x	x	x			x	x	x		x				

Bild 107: Klassifikation von Input und Output der Prozessbausteine

5.2.4.2 Zuordnung von Aufgaben und Methoden

Eine wesentliche Rolle bei der Zuordnung von Aufgaben und Methoden stellt die Kongruenz hinsichtlich der zugrunde liegenden Tätigkeiten und Objekte dar. Aus Gründen der Übersicht (systemhierarchisches Denken) und zur besseren Handhabbarkeit, wurde ein zweistufiger Ansatz gewählt, sodass zu Tätigkeiten Grundtätigkeiten sowie zu Objekten Grundobjekte formuliert wurden. Die Objekte entsprechen den Betrachtungsobjekten, die schon bei der Definition des direkten Kontextes in Kapitel 5.2.1.1 beschrieben worden waren.

Für die Ableitung von **Grundtätigkeiten** wurden zwei Strategien gewählt, die parallel zueinander verfolgt wurden: Im Top-Down-Ansatz wurden existierende Klassifikationen in der Literatur analysiert und verglichen. Vor allem die Klassifikationen nach [AMBROSY 1997] und [ZANKER 1999] wurden hier aufgegriffen (siehe Kapitel 4.2.4.1). Im Bottom-Up-Ansatz wurden mittels Klassifikation Tätigkeiten aus den definierten Prozessbausteinen und Methoden extrahiert. Diese wurden wiederum zu geeigneten Grundtätigkeiten zusammengefasst und mit den Top-Down definierten Grundtätigkeiten abgeglichen. Ein Prozessbaustein enthält jeweils drei bis fünf zugeordnete Aktivitäten, eine Methode jeweils drei bis fünf Zwecke. Auf Basis der Einträge bei 18 Prozessbausteinen und 36 Methoden wurde eine Gesamtliste an etwa 50 unterschiedlichen Tätigkeiten identifiziert.

Interessanterweise zeigte die Liste der Tätigkeiten, die auf Basis der Analyse der Prozessbaustein-Aktivitäten erstellt wurde, zunächst deutliche Unterschiede zu der Liste der Tätigkeiten, die durch die Analyse der Methoden-Zwecke entstanden war. Somit führte die Kongruenzprüfung zwischen Prozessbausteinen und Methoden auf Basis der Tätigkeiten zunächst nicht zu zufrieden stellenden Resultaten. Die beiden Teillisten wurden in Folge zu einer Gesamtliste an Tätigkeiten zusammengeführt. In iterativen Schleifen wurden die Listen der Tätigkeiten und Grundtätigkeiten überarbeitet. Die in dieser Arbeit verwendeten Grundtätigkeiten sind in Bild 108 dargestellt (siehe auch Kapitel 10.7 im Anhang).

Zunächst umfasste die Liste 24 Grundtätigkeiten, von denen letztendlich acht wieder ausgeklammert wurden. Diese sind in der Tabelle rechts von den anderen Grundtätigkeiten abgesetzt. Entweder besaßen sie für den Vergleich zwischen Prozessbausteinen und Methoden eine zu geringe Aussagekraft (z. B. durchführen, unterstützen) oder bezogen sich auf unterstützende Tätigkeiten (z. B. dokumentieren, kommunizieren). Auch wurden Grundtätigkeiten zurückgestellt, die durch die Prozessbausteine und Methoden dieser Arbeit nicht abgedeckt werden (z. B. experimentieren, simulieren).

Nr	Grundtätigkeiten	Nr	Grundtätigkeiten
1	Abstrahieren	9	Gewichten
2	Analysieren	10	Kombinieren
3	Berechnen	11	Konkretisieren
4	Bewerten	12	Kreieren
5	Darstellen	13	Strukturieren
6	Erkennen	14	Variieren
7	Ermitteln	15	Vergleichen
8	Festlegen	16	Zerlegen

Nr	Grundtätigkeiten
17	Dokumentieren
18	Durchführen
19	Experimentieren
20	Kommunizieren
21	Planen
22	Prüfen
23	Simulieren
24	Unterstützen

Bild 108: Grundtätigkeiten in dieser Arbeit

Als Beispiel einer Zuordnung von Methoden zu einem Prozessbaustein zeigt Bild 109 exemplarisch Zuordnungen von Methoden zum Prozessbaustein ‚System auf abstrahiertem Niveau beschreiben‘ über die drei Mechanismen der direkten Verknüpfung, der Verknüpfung über Tätigkeiten und der Verknüpfung über Objekte. Die **direkte Zuordnung** von Methoden ist angelehnt an die Beschreibung in [LINDEMANN 2007, S. 115 FF.]. Hierbei wurden diejenigen Methoden aufgenommen, die im zugehörigen Buchkapitel durch eine Fett-Markierung hervorgehoben sind. Dabei sind hier nur diejenigen Methoden aufgeführt, die sich im Methodenbaukasten dieser Arbeit befinden.

Dem Prozessbaustein „System auf abstrahiertem Niveau beschreiben“ zugeordnete Methoden		
direkt (3)	über Tätigkeiten (4)	über Objekte (7)
<ul style="list-style-type: none"> • Black Box • Relationsorientierte Funktionsmodellierung • Umsatzorientierte Funktionsmodellierung 	<ul style="list-style-type: none"> • Black Box • Vorauswahl • Relationsorientierte Funktionsmodellierung • Umsatzorientierte Funktionsmodellierung 	<ul style="list-style-type: none"> • Effektesammlung • Einflussmatrix • Freiheitsgradanalyse • Mind Mapping • Morphologischer Kasten • Relationsorientierte Funktionsmodellierung • Umsatzorientierte Funktionsmodellierung

Bild 109: Zuordnungen von Methoden zu Prozessbausteinen

Die **Verknüpfung über Tätigkeiten und Objekte** repräsentiert hier eine Ergänzung der direkten Zuordnung. Diese funktioniert wie in Kapitel 5.1.4.2 beschrieben: weisen die Aktivität des Prozessbausteins und der Zweck der Methode die gleichen Tätigkeiten auf, wird die Methode dem Prozessbaustein zugeordnet. Analog erfolgt eine Zuordnung, wenn der Output des Prozessbausteins und die Wirkung der Methode gleiche Objekte besitzen.

Dieser zusätzliche Mechanismus einer Zuordnung von Methoden zu Prozessbausteinen bedeutet sowohl Aufwand als auch Nutzen. Der **Aufwand** besteht darin, dass die Klassifikation von Beschreibungsparametern (Aktivitäten, Outputs, Zwecke, Wirkungen) erforderlich ist und die Kongruenzprüfung durchgeführt werden muss. Die Erstellung von Zuordnungen auf Basis einer Kongruenzprüfung lässt sich rechnerisch unterstützen, was den Aufwand deutlich reduziert. Die Klassifikation der Beschreibungskriterien von Prozessbausteinen und Methoden in Bezug auf die Objekte und Tätigkeiten erfordert manuelle Arbeit und eine gewisse Expertise, damit letztendlich sinnvolle Zuordnungen entstehen.

Der wesentliche **Nutzen** dieser Zuordnung ergibt sich aus der Tatsache, dass eine Zuordnung zwischen Prozessbausteinen und Methoden nachvollziehbar begründbar wird. Wie bereits diskutiert, erfolgt in der Literatur eine direkte Zuordnung von Methoden zu Prozessen bzw. Aufgaben in unterschiedlicher Ausprägung. Oftmals wird einer Aufgabe nur eine kleine Auswahl an Methoden exemplarisch zugeordnet. Diese Zuordnungen sind auf Präferenzen und thematische Ausrichtungen der Autoren zurückzuführen und werden oft auch nicht explizit begründet. Somit ist zu vermuten, dass in einem Pool an Aufgaben und Methoden auch potenziell geeignete Zuordnungen existieren, die nicht durch das direkte Erstellen der Zuordnungen erfasst werden. Die Verknüpfung von Aufgaben und Methoden über Tätigkeiten und Objekte führt somit zu einer erhöhten Transparenz, die das Methodenverständnis verbessern kann. Die Zuordnung von Prozessbausteinen und Methoden in dieser Arbeit ist in einer Matrix im Anhang (Kapitel 10.8) dargestellt.

5.2.4.3 Zuordnung von Situationen und Methoden

Die Ausprägung von vordefinierten Zuordnungen zwischen Kontextfaktoren der Entwicklungssituation und Kontextbedingungen der Methoden, wie es bei den anderen beiden Verknüpfungstypen der Fall war, ist nicht notwendig. Das Kontextschema in Bild 100 (siehe Kapitel 5.2.1.2) ist lediglich für alle Methoden im Methodenbaukasten auszuprägen. Im Rahmen von Entwicklungsprojekten ist das Kontextschema für die Beschreibung des indirekten Kontextes der konkreten Entwicklungssituation vom Entwickler auszufüllen, am besten zu Beginn des Projekts. Dies bedeutet einen größeren einmaligen Aufwand und einen geringen Aufwand, wenn Anpassungen durchgeführt werden. Ändern sich z. B. die zeitlichen Rahmenbedingungen, so ist eine Änderung im Kontextschema durchzuführen. Dies hat wiederum direkte Auswirkungen auf die Wahl geeigneter Methoden.

5.3 Anwendung zur situativen Prozessunterstützung

Im Folgenden wird das Anwendungskonzept für die situative Prozessunterstützung vorgestellt. **Situativ** bedeutet dabei, dass eine Unterstützung auf operativer Ebene angeboten wird. Die Konkretisierung und Detaillierung der Entwicklungsaktivitäten erfolgt in der konkreten Entwicklungssituation. Es kann hier ebenfalls von dynamischer Prozessgestaltung gesprochen werden²⁹. **Situationsgerecht** bedeutet, dass bei Planung und Gestaltung von Aktivitäten die Rahmenbedingungen der Entwicklungssituation berücksichtigt werden, so dass Entwicklungsprozesse effektiv und effizient durchgeführt werden können. Das Anwendungskonzept ist schematisch in Bild 110 dargestellt. Im unteren Teil der Grafik ist jeweils hervorgehoben, welche Komponente der in Kapitel 5.2 beschriebenen Informationssammlung für den jeweiligen Schritt Relevanz besitzt.

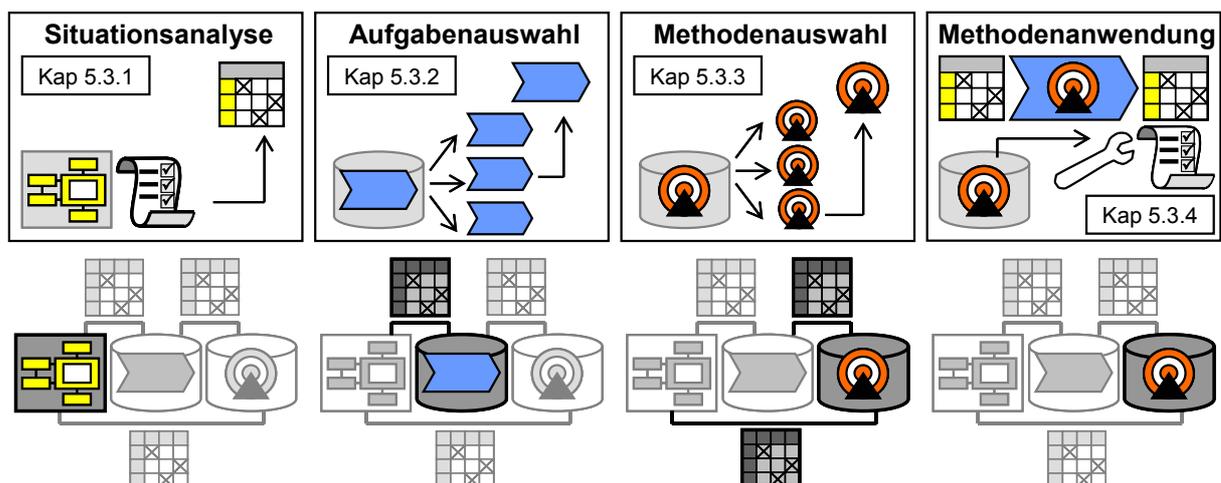


Bild 110: Anwendungskonzept zur situativen Prozessunterstützung

²⁹ SCHUMANN unterscheidet zwischen starren, flexiblen und dynamischen Prozessplänen. Er vergleicht diese hinsichtlich der Reihenfolgebeziehungen der Aktionen, der Freiheitsgrade hinsichtlich der Detaillierung und der Offenheit bzw. Geschlossenheit des Lösungsraums [SCHUMANN 1994, S. 33].

Das Anwendungskonzept besitzt die Form eines Vorgehensmodells, dessen Schritten geeignete Methoden zugeordnet wurden. Daher wird das Konzept als Anwendungsmethodik bezeichnet. Für deren Erarbeitung wurden die Ansätze nach [DEMERS 2000], [REINICKE 2004] und [BRAUN 2005] herangezogen und verglichen (siehe Bild 111).

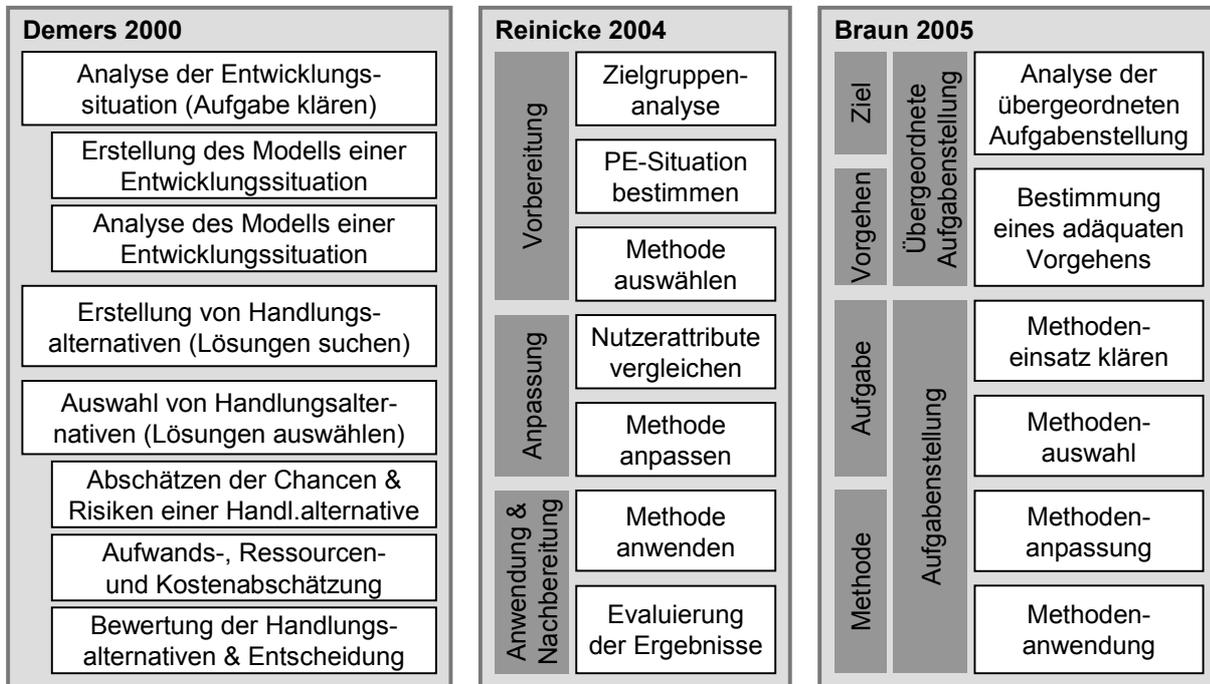


Bild 111: Relevante Ansätze in der Literatur zur Erarbeitung einer Anwendungsmethodik

DEMERS konzentriert sich insbesondere auf die Darstellung und Analyse der Entwicklungssituation. Für diese Aufgabe entwickelt er eine Modellierungsmethode. Aufbauend auf der Situationsanalyse beschreibt er die Schritte der Erstellung und Auswahl von geeigneten Handlungsoptionen [DEMERS 2000, S. 85 FF.]. Basis der Vorgehensweise ist der Problemlösungszyklus nach [EHRENSPIEL 2003]. Darüber hinaus beschreibt DEMERS konkrete Methoden für die Ausführung der Aufgaben (z. B. zur Aufwands- und Kostenabschätzung). Mechanismen der Methodenauswahl, -anpassung und -anwendung spielen bei ihm keine Rolle.

REINICKE richtet ihren Fokus auf die Methodenauswahl und -anpassung vor dem Hintergrund einer verbesserten Nutzerintegration [REINICKE 2004, S. 120 FF.]. Die Analyse der Produktentwicklungssituation wird adressiert. Es findet ein direkter Bezug zwischen situativen Kriterien, den Eigenschaften der zu integrierenden Nutzer und einzusetzenden Methoden statt. Die von den Methoden zu unterstützenden Aufgaben werden nicht explizit adressiert.

BRAUN definiert vier Ebenen (Zielebene, Vorgehensebene, Aufgabenebene, Methodenebene), von denen die ersten beiden Bezug zu einer übergeordneten Aufgabenstellung besitzen, die letzten beiden beziehen sich auf eine konkrete Aufgabenstellung [BRAUN 2005, S. 114 UND S. 151]. Mit Zielen sind hier übergeordnete Ziele gemeint, z. B. strategische Stoßrichtungen des Unternehmens. Deren Bestimmung führt zu übergeordneten Aufgabenstellungen, für die ein geeignetes Vorgehen zu definieren ist, das sich aus einer Reihe konkreter Aufgabenstellungen zusammensetzt. Diese können zu Vorgehensleitfäden vorkonfiguriert oder aus einem Baukasten ausgewählt werden. Für die vorliegende Arbeit ist letzterer Ansatz interessant.

Die **Anwendungsmethodik** dieser Arbeit ist in Bild 113 dargestellt. In konkreten Entwicklungssituationen sind die Schritte der Situationsanalyse, Aufgabenauswahl, Methodenauswahl und Methodenanwendung zyklisch zu durchlaufen. Diese Hauptschritte können wiederum in zwölf Einzelschritte unterteilt werden.

Bei den vier Hauptschritten erfolgte eine Anlehnung an die vier Ebenen bei [BRAUN 2005]. Jedoch bezieht sich das Modell dieser Arbeit nicht auf übergeordnete Aufgabenstellungen. Die im Einzelschritt drei vorzunehmende Zielbestimmung adressiert keine strategischen Ziele, sondern operative Zwischenziele im Prozess, die durch die Auswahl und Durchführung einer geeigneten Aufgabe zu erreichen sind. So wie bei BRAUN ein Einstieg auf jeder der vier Ebenen möglich ist, so kann auch hier an jeder beliebigen Stelle in das Modell eingestiegen werden. Ist die Situation beispielsweise bekannt, wird der erste Schritt nicht benötigt und der Anwender kann sich der Auswahl einer geeigneten Aufgabe widmen.

Schritt	Nr	Einzelschritt	Kapitel	Grafik
Situationsanalyse	01	Bedarfserkennung	5.3.1.1	
	02	Erfassung und Analyse der Ist-Situation	5.3.1.2	
	03	Bestimmung der Soll-Situation (Zielbildung)	5.3.1.3	
Aufgabenauswahl	04	Identifikation von alternativen Aufgaben	5.3.2.1	
	05	Bewertung von alternativen Aufgaben	5.3.2.2	
	06	Auswahl einer geeigneten Aufgabe	5.3.2.3	
Methodenauswahl	07	Identifikation von alternativen Methoden	5.3.3.1	
	08	Bewertung von alternativen Methoden	5.3.3.2	
	09	Auswahl einer geeigneten Methode	5.3.3.3	
Methodenanwendung	10	Anpassung der Methode	5.3.4.1	
	11	Anwendung der Methode	5.3.4.2	
	12	Dokumentation der Ergebnisse	5.3.4.3	

Bild 112: Vorgehensmodell zur situativen Prozessunterstützung

Im Folgenden wird auf die Hauptschritte und Einzelschritte im Detail eingegangen. Hierbei wird außerdem untersucht, in welchem Grade diese Aufgaben durch den Rechner unterstützt bzw. ausgeführt werden können. Im Wesentlichen stellt der Rechner eine Hilfe bei dem Vorschlag geeigneter Elemente aus dem Informationsspeicher (Aufgaben und Methoden) auf Basis der Situationsanalyse dar. Die Entscheidungen bzgl. des weiteren Vorgehens im Prozess oder der anzuwendenden Methoden (Auswahlentscheidungen) sind jedoch vom Anwender selbst zu treffen. Der Rechner kann hier jedoch eine Entscheidungsunterstützung leisten.

5.3.1 Situationsanalyse

Die **Situationsanalyse** stellt den ersten möglichen Einstieg in die Anwendung des Ansatzes dar. Sie unterteilt sich in die Einzelschritte der Bedarfserkennung, der Analyse der Ist-Situation und der Bestimmung der Soll-Situation (Zielbestimmung).

5.3.1.1 Bedarfserkennung

Zunächst stellt sich die Frage, wann der Ansatz dieser Arbeit dem Entwickler Unterstützung leistet, d. h. in welchen Situationen. Der Ansatz erfordert eine explizite Auseinandersetzung mit der Entwicklungssituation, die in die Auswahl geeigneter Aufgaben und Methoden mündet. Somit wird der Entwickler aufgefordert, seine eigentliche konstruktive Arbeit zu unterbrechen und sich im Entwicklungsprozess neu zu orientieren, was einen gewissen Aufwand bedeutet. Je nach den Voraussetzungen des Entwicklers (z. B. Erfahrung im Umgang mit Entwicklungsmethoden) bedeutet das unter Umständen auch eine ungewohnte Vorgehensweise.

Als Hilfsmittel zur Klärung des Bedarfs nach einer expliziten Auseinandersetzung mit der Entwicklungssituation wurde eine Checkliste erarbeitet (basierend auf [DEMERS 2000, S. 112] und [WALLMEIER 2001, S. 171]), die in Bild 113 abgebildet ist.

Indizien für den Bedarf nach umfassender Situationsanalyse und situativer Prozessplanung
<p>Resultierend aus der strategischen Ebene</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Entwicklungsprozess ist von Natur aus schwach determiniert und dynamisch (z. B. bei Pionieraufgaben oder einer Technologieentwicklung) • Wichtige Meilensteine bzw. Entscheidungen im Projekt stehen an (z. B. Auswahl eines Lösungskonzepts) <p>Resultierend aus der Ergebnis- bzw. Ereignisebene</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unvorhergesehene Ereignisse sind eingetreten, die den Prozess negativ beeinflussen und Rückschritte notwendig machen (z. B. Wettbewerber meldet ein neues Patent an, welches ein Prinzip schützt, auf dem auch die eigene Entwicklung beruht) • Routinetätigkeiten sind entartet (z. B. ein Parameter hat den Zuverlässigkeitsbereich verlassen, Ergebnisse können nicht schnell korrigiert werden, Aktivitäten beschränken sich auf endlosen „Reparaturbetrieb“) • Organisatorische und zwischenmenschliche Störungen (z. B. eine Diskussion bzgl. konkurrierender Lösungskonzepte endet in einer Eskalation)

Bild 113: Checkliste zur Bedarfserkennung für eine Beschäftigung mit der Situation

5.3.1.2 Erfassung und Analyse der Ist-Situation

Wurde der Bedarf nach einer näheren Beschäftigung mit der Entwicklungssituation festgestellt, gilt es diese zu erfassen und zu analysieren. Die Bestimmung der Ist-Situation erfordert die Bewusstmachung von Zusammenhängen. Dafür ist die explizite Darstellung der Zusammenhänge hilfreich. Methoden und Hilfsmittel für die Situationsanalyse lassen sich unterteilen in solche, die eine formale Hilfestellung darstellen und solche, die eine inhaltliche Hilfestellung bieten. Die Methoden und Hilfsmittel, die dem Stand der Forschung entstammen, wurden detailliert in Kapitel 3.2.2 und 3.2.4 vorgestellt.

Zur **formalen Modellierung** der Entwicklungssituation können beispielsweise die Methoden nach [FRANKENBERGER 1997] und [DEMERS 2000] herangezogen werden. Der Nachteil ist, dass dafür erst die Modellierungssprache erlernt werden muss, wofür Schulung und/oder Training erforderlich sind. Der Vorteil einer derart normierten Darstellung der Situation ist die Möglichkeit, Zusammenhänge ganzheitlich zu erfassen und Kausalketten abzubilden. Für Methodenanfänger sind beide Methoden jedoch vermutlich nicht geeignet.

Zur **inhaltlichen Orientierung** können z. B. die Checklisten nach [REYEMEN 2001] und [HUTTERER 2005] verwendet werden. Bei der Situationsanalyse ist zwischen dem direktem und dem indirektem Kontext zu unterscheiden: Eine ausführliche Analyse des **indirekten Kontextes** kann der Erfassung von Faktoren dienen, die sich im Projekt nicht ändern und die nicht jedes Mal neu erfasst werden müssen (z. B. Alter, Ausbildungsgrad und kognitiver Stil des Entwicklers). Hierfür eignet sich der Beginn des Projekts. Änderungen, z. B. zeitliche Restriktionen, können dann erfasst werden, wenn sie auftreten. Als Hilfsmittel kann die Morphologie der Entwicklungssituation nach [GRÖßER 1992] herangezogen werden. Ferner stellt diese Arbeit ein Kontextschema bereit (siehe Bild 99).

Die Erfassung von Parametern des **direkten Kontextes** ist hingegen schnell durchführbar sein, da sie deutlich häufiger durchzuführen ist. Daher haben sich die Auswahlentscheidungen einer Entscheidungslogik oder die Aspekte einer Situations-Checkliste an den Anforderungen Minimalismus und Relevanz zu orientieren. Im Rahmen dieser Arbeit basiert die Erfassung des direkten Kontextes auf der Identifikation relevanter Grundobjekte (Ziel, Problem, Lösung etc.) und den aktuellen Ausprägungen ihrer Eigenschaften (Anzahl, Strukturierung, Eignung, Zerlegung, Konkretisierung). Die für die Situationsanalyse zusammengestellten Methoden und Hilfsmittel sind in Bild 114 nochmals zusammengefasst.

Methoden und Hilfsmittel zur Situationsanalyse	
Formale Hilfestellung <ul style="list-style-type: none"> • Erklärungsmodell für Kritische Situationen [Frankenberger 1997] • Modell zur ganzheitlichen Analyse der Entwicklungssituation [Demers 2000] 	Inhaltliche Hilfestellung <ul style="list-style-type: none"> • Checklist for inventorying properties and factors [Reymen 2001] • Checklist for analysing design situations [Reymen 2001] • Checkliste zur Unterstützung Reflexiver Dialoge [Hutterer 2005]
Erfassung des direkten Kontextes <ul style="list-style-type: none"> • Entwicklungsbegleitend jederzeit möglich und schnell durchführbar • Hilfsmittel: Checkliste mit Grundobjekten und Eigenschaften 	Erfassung des indirekten Kontextes <ul style="list-style-type: none"> • Ausführlich zu Beginn des Projekts • Zu aktualisieren, wenn sich Änderungen ergeben • Hilfsmittel: Morphologie der Entwicklungssituation [Größer 1992], Kontextschema

Bild 114: Methoden und Hilfsmittel zur Situationsanalyse

5.3.1.3 Bestimmung der Soll-Situation (Zielbildung)

Die Bestimmung der Soll-Situation bezieht sich auf die aktuell gewünschten Ausprägungen von Situationskriterien. Stimmen diese nicht mit den tatsächlich vorliegenden Ausprägungen überein, deutet das auf ein Problem und somit auf die Notwendigkeit von Entwicklungsaktivitäten hin. Grundsätzlich können die in Bild 114 dargestellten Methoden und Hilfsmittel auch zur Bestimmung der Soll-Situation verwendet werden.

Zusätzlich ist hier die Methode der **abstrakten Zielformulierung** anwendbar [WULF 2002]. Mehr oder weniger explizit verbalisierte Handlungsimpulse sind grundlegender Bestandteil des Problemlöseverhaltens bei der Produktentwicklung. Anzustreben ist hier das freie Äußern kreativer abstrakter Zielformulierungen aus konkreten Prozesssituationen heraus. Die besten Voraussetzungen dafür bietet z. B. eine Dialogsituation, die der Entwickler im Selbstgespräch oder bei der Diskussion in sehr kleinen Gruppen herbeiführen kann.

5.3.2 Aufgabenauswahl

Im Verständnis dieser Arbeit handelt es sich bei einer **Aufgabe** um einen Entwicklungsschritt, der ausgehend von einer vorliegenden Ist-Situation zu einer gewünschten Soll-Situation, also zu einem Ziel führt. Ein Unterschied zwischen Ist- und Soll-Situation wird als **Problem** bezeichnet. Die Analyse der Entwicklungssituation (siehe Kapitel 5.3.1), welche die Erfassung der Ist-Situation und die Bestimmung der Soll-Situation (Zielbildung) beinhaltet, ist Grundlage für die Auswahl einer geeigneten Aufgabe aus einem Pool an vordefinierten Aufgaben (Prozessbaukasten). Aufgaben verstehen sich somit als Handlungsaufforderungen an den Entwickler. Ihre Beschreibung erfolgt in der Form von Prozessbausteinen. Die Aufgabenauswahl unterteilt sich in die Einzelschritte der Identifikation alternativer Aufgaben, den Vergleich alternativer Aufgaben und die Auswahl der am besten geeigneten Aufgabe.

5.3.2.1 Identifikation von alternativen Aufgaben

Ziel dieses Schritts ist es, auf Basis der Situationsanalyse aus dem gesamten Pool diejenigen Aufgaben (Prozessbausteine) zu ermitteln, die sich für die Behebung der identifizierten Probleme bzw. der Erreichung der definierten Ziele bestmöglich eignen. In der Regel existieren vermutlich alternative Vorgehensweisen, die in einer spezifischen Situation passend erscheinen. Für die Identifikation von Aufgaben ergeben sich zwei Möglichkeiten, die sich anhand des Drei-Ebenen-Modells nach [GIAPOULIS 1998] erklären lassen:

- Identifikation von Aufgaben auf Basis der Vorgehensplanung und der bisher ausgeführten Prozessschritte (operative Planung angestoßen aus der strategischen Planung)
- Identifikation von Aufgaben auf Basis aktueller Ergebnisse oder Ereignisse (operative Planung angestoßen aus der Ergebnis-/Ereignisebene)

Orientiert sich das Vorgehen im Entwicklungsprozess an einem **Vorgehens- oder Prozessmodell**, so bietet sich prinzipiell nach der Ausführung eines Arbeitsschritts die Ausführung des Arbeitsschritts an, der im Modell als nächster vorgesehen war. Auch hier ergeben sich mitunter Alternativen, wenn im Modell Abzweigungen vorgesehen sind, die eine Entscheidung bzgl. des weiteren Vorgehens erfordern. Hierbei handelt es sich um Handlungsalternativen, die in der strategischen Planung berücksichtigt worden waren. Diese bieten sich für Situationen im Prozess an, bei denen von vornherein klar ist, dass die Ergebnisse ungewiss, aber entscheidend für den weiteren Prozess sind (z. B. bei Prototypenversuchen). Wenn der Prozess ohne unvorhergesehene Zwischenergebnisse abläuft, können die Aufgaben in der im Vorgehensmodell vorgesehenen Reihenfolge abgearbeitet werden.

Die zweite Möglichkeit der Identifikation von Aufgaben ergibt sich **direkt aus der Situation heraus**, ohne dass zuvor eine Planung stattgefunden hatte. Dies ist dann der Fall, wenn aktuelle Ereignisse eintreten, mit denen in der Projektplanung nicht gerechnet werden konnte, (z. B. Anmeldung eines Patents durch den Wettbewerber, plötzliche Meinungsänderungen der Kunden hinsichtlich ihrer Wünsche etc.). Hier spielen die Historie des Entwicklungsprozesses, d. h. die zuvor durchgeführten Prozessschritte, und die aufgestellte Prozessplanung zwar eine gewisse Rolle. Dennoch ist unter Umständen eine grundlegende Neuorientierung im Prozess erforderlich.

Bei der Erstellung von Handlungsalternativen können unterschiedliche Arten von **Handlungsstrategien** herangezogen werden [DEMERS 2000, S. 92-93]. Die erste Strategie hat zum Ziel, den geplanten Prozess selbst so zu verändern, dass er unempfindlich gegen die aufgetretenen und möglicherweise zukünftig auftretenden negativen Ereignisse wird. Bei der zweiten Strategie wird versucht, die negativen Ereignisse direkt so zu beeinflussen, dass sie den geplanten Ablauf des Prozesses nicht mehr oder nur in einem akzeptablen Maße stören.

Der Ansatz dieser Arbeit basiert auf dem Prinzip, dass sich Handlungsalternativen allgemein durch ein **vordefiniertes Aufgabenspektrum (Prozessbaukasten)** beschreiben lassen. Auf Basis einer Situationsanalyse lassen sich im gesamten Aufgabenspektrum diejenigen Aufgaben identifizieren, die in der Situation prinzipiell geeignet erscheinen. Die Ausprägungen der Situationskriterien dienen als Filter über die Gesamtliste möglicher Aufgaben. Der Vorschlag von Prozessbausteinen basiert auf den in Kapitel 5.2.4.1 beschriebenen Zuordnungen und lässt sich rechnerisch unterstützen. In Bild 115 sind drei prinzipielle Möglichkeiten dargestellt, wie auf Basis einer Situationsanalyse Prozessbausteine vorgeschlagen werden können: durch Angaben bzgl. der Ist-Situation, durch Angaben bzgl. der Soll-Situation und durch Angaben sowohl bzgl. der Ist- als auch der Soll-Situation.

Ist-Situation	Soll-Situation	Prozessbausteine (Vorschläge)	Grafik
Anforderungen strukturiert dokumentiert	-	Problem erfassen und strukturieren Freiheitsgrade im System erkennen Schwerpunkte für die Lösungssuche ableiten Neue Lösungsideen generieren ...	
-	Wesentliche Aspekte des Problems bekannt	Anforderungen ermitteln Anforderungen verdichten und strukturieren System auf abstrahiertem Niveau beschreiben Freiheitsgrade im System erkennen ...	
Anforderungen strukturiert dokumentiert	Wesentliche Aspekte des Problems bekannt	System auf abstrahiertem Niveau beschreiben Problem erfassen und strukturieren Freiheitsgrade im System erkennen	

Bild 115: Identifikation alternativer Aufgaben auf Basis einer Situationsanalyse

Theoretisch reicht eine Aussage bzgl. der Ist- oder Soll-Situation aus, um die Gesamtliste der Prozessbausteine zu filtern. Je mehr Aussagen getroffen werden, desto mehr Übereinstimmungen ergeben sich und desto mehr Prozessbausteine werden vorgeschlagen. Als sinnvoll werden drei bis fünf Angaben in der Situationsanalyse angesehen. Somit lässt sich die Situationsanalyse relativ einfach und schnell durchführen, was sich positiv auf die Akzeptanz der Methode auswirken dürfte. Der Spezifikation des Ziels (der Soll-Situation) kommt eine mindestens ebenso große Bedeutung zu, wie der Beschreibung der Ist-Situation. Sinnvoll ist jeweils mindestens eine Angabe bei Ist- und Soll-Situation. Denn aus der Ist-Situation heraus führen viele Wege, deren Eignung davon abhängt, wo man hin will. Und die Wege zum Ziel lassen sich dadurch einschränken, wenn man weiß von wo aus man startet.

5.3.2.2 Bewertung von alternativen Aufgaben

Wurden mehrere alternative Prozessbausteine identifiziert, hat der Anwender zu prüfen, welche Relevanz diese für seine aktuelle Situation besitzen und welcher Prozessbaustein sich am besten zur Adressierung der Entwicklungssituation eignet. DEMERS diskutiert Methoden zur Analyse und Bewertung von Handlungsalternativen. Er betont, dass die Analyse und Bewertung je nach Bedeutung und Umfang der Problemstellung und der abgeleiteten Handlungsalternativen unterschiedlich intensiv durchgeführt werden müssen. Bei einfachen Problemstellungen können diese vom Bearbeiter selbst im Kopf ausgeführt werden, während andere Problemstellungen die Schriftlichkeit und aufwendige Schätz- und Bewertungsverfahren erfordern [DEMERS 2000, S. 98].

Im Ansatz dieser Arbeit wird der Vergleich von Aufgaben dadurch unterstützt, dass in einer geeigneten Art und Weise **Vergleichsparameter** zur Verfügung gestellt werden. Vergleichsparameter sind die Elemente des Beschreibungsmodells für Prozessbausteine: Kurzbeschreibung, Aktivitäten, Input und Output. Durch deren gezielte Gegenüberstellung wird die Auswahlentscheidung erleichtert. Bild 116 zeigt beispielhaft drei Prozessbausteine. Um dem Entwickler vermitteln zu können, welche Ergebnisse diese Prozessbausteine liefern können, wurden die Outputs gegenübergestellt. Bei einem Vergleich der Inputs und Outputs fällt z. B. auf, dass sich die Aufgabe ‚System auf abstrahiertem Niveau beschreiben‘ vor der Bearbeitung der Aufgabe ‚Freiheitsgrade im System erkennen‘ anbietet.

Prozessbausteine	Kurzbeschreibung	Aktivitäten	Input	Output
System auf abstrahiertem Niveau beschreiben	<ul style="list-style-type: none"> • Wesentliche Systemzusammenhänge, Systemstruktur • Wesentliche Aspekte und Struktur des Problems • Erhöhtes System- und Problemverständnis 			
Problem erfassen und strukturieren	<ul style="list-style-type: none"> • Wesentliche Aspekte und Struktur des Problems • Schwachstellen des bestehenden Systems • Entwicklungsbedarf erkannt 			
Freiheitsgrade im System erkennen	<ul style="list-style-type: none"> • Veränderbare Teilsysteme bekannt • Nicht veränderbare Teilsysteme bekannt • Handlungsspielräume für die Lösungssuche bekannt 			

Bild 116: Vergleich alternativer Prozessbausteine über Vergleichsparameter

5.3.2.3 Auswahl einer geeigneten Aufgabe

Die Entscheidung hinsichtlich des weiteren Vorgehens im Entwicklungsprozess obliegt letztendlich dem Entwickler selbst und sollte nicht vom Rechner getroffen werden. Dieser kann lediglich eine Entscheidungsunterstützung bieten. Je nach Bedeutung der Situation kann diese Entscheidung in wenigen Sekunden ohne die explizite Anwendung von Methoden gefällt werden. Handelt es sich jedoch um eine ‚Kritische Situation‘ und besitzt die Entscheidung hinsichtlich des weiteren Vorgehens weitreichende Auswirkungen auf den Projekterfolg, sollte diese Entscheidung bewusst und unter systematischer Abwägung aller relevanten Faktoren (Kosten, Zeit, Ressourcen etc.) gewählt werden. Transparenz, Nachvollziehbarkeit und Dokumentation der Entscheidung dienen auch der Absicherung und Rechtfertigung des Vorgehens, beispielsweise gegenüber Vorgesetzten.

5.3.3 Methodenauswahl

Die Ausführung von Prozessbausteinen geschieht durch die Auswahl und Anwendung von geeigneten Methoden, inklusive einer gegebenenfalls notwendigen Methodenanpassung. Im Rahmen der Methodenauswahl werden im Folgenden die drei Schritte der Methodenidentifikation, -bewertung und -auswahl diskutiert.

5.3.3.1 Identifikation von alternativen Methoden

Mit Methodenidentifikation wird in diesem Zusammenhang ein Prozess der Vorauswahl bezeichnet, der auf Basis geeigneter Kriterien die Gesamtliste der Methoden auf eine Unter- menge reduziert. Diese ist im Anschluss nochmals zu prüfen, bevor die letztendliche Auswahl einer anzuwendenden Methode stattfindet. BRAUN spricht von einer aufgabenspezifischen Vorauswahl von Methodenalternativen und der ressourcenspezifischen Endauswahl der anzuwendenden Methode [BRAUN 2005, S. 172]. Für die Methodenidentifikation gibt es mehrere prinzipielle Einstiegsmöglichkeiten (siehe Bild 117).

- Zum einen ist ein **direkter Einstieg über die Methoden** möglich. Dies ist dann sinnvoll, wenn der Entwickler schon konkrete Vorstellungen darüber hat, welche Methoden er auswählen und anwenden möchte. Er identifiziert selbst innerhalb der Gesamtliste diejenigen Methoden, die für eine Anwendung potenziell in Frage kommen.
- Die zweite Möglichkeit ist der **indirekte Einstieg über Aufgaben**. In Kapitel 5.3.2 wurde geschildert, wie auf Basis einer Situationsanalyse oder basierend auf einem Vorgehensmodell geeignete Aufgaben (Prozessbausteine) ausgewählt werden. Zu jeder Aufgabe sind prinzipiell geeignete Methoden zugeordnet. Diese Zuordnungen sind im Vorfeld der Anwendung erstellt worden (siehe Kapitel 5.2.4.2) und repräsentieren einen aufgabenspezifischen Filter über die Gesamtliste der Methoden.

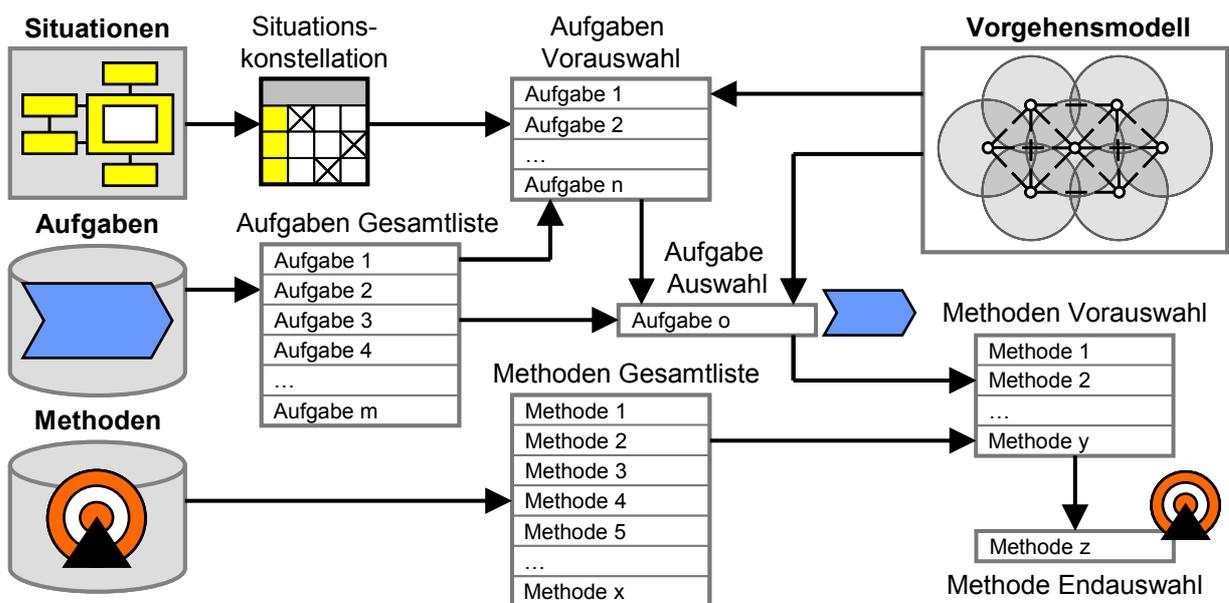


Bild 117: Unterschiedliche Einstiege in die Methodenidentifikation und -auswahl

5.3.3.2 Bewertung von alternativen Methoden

Die Bewertung von alternativen Methoden, die im ersten Schritt identifiziert worden waren, kann über zwei Mechanismen erfolgen: über den Vergleich der Beschreibungskriterien zum einen sowie über die Bestimmung der Methodeignung hinsichtlich des Kontextes zum anderen. Der Vergleich der Beschreibungskriterien geschieht analog zu dem Vergleich von alternativen Prozessbausteinen (siehe Kapitel 5.3.2.2) über die Methodenparameter Kurzbeschreibung, Zweck, Voraussetzungen und Wirkung.

Die Prüfung der Eignung in Bezug auf den Kontext wird realisiert, indem die Ausprägungen der vorliegenden Kontextfaktoren mit den Ausprägungen der Kontextbedingungen der vorausgewählten Methoden verglichen werden. Bild 118 zeigt ein Beispiel, in welchem eine Entwicklungsaufgabe mit hohem Neuheitsgrad und mittlerer Komplexität angenommen wird. Der Entwickler besitzt eine mittlere Erfahrung im Umgang mit Methoden und arbeitet alleine an der Aufgabe. Für die Bearbeitung der Aufgabe steht nur begrenzt Zeit zur Verfügung, die zeitlichen Restriktionen werden als ‚hoch‘ eingestuft.

Als geeignete Aufgabe wurde der Prozessbaustein ‚System auf abstrahiertem Niveau beschreiben‘ identifiziert. Für dessen Bearbeitung werden grundsätzlich die Methoden Black Box, Relationsorientierte Funktionsmodellierung und Umsatzorientierte Funktionsmodellierung vorgeschlagen. Von den auf Basis des Prozessbaustein-Filters aus dem Methodenbaukasten vorausgewählten Methoden weist die Methode Black Box die meisten Übereinstimmungen auf, die Methode Relationsorientierte Funktionsmodellierung die wenigsten.

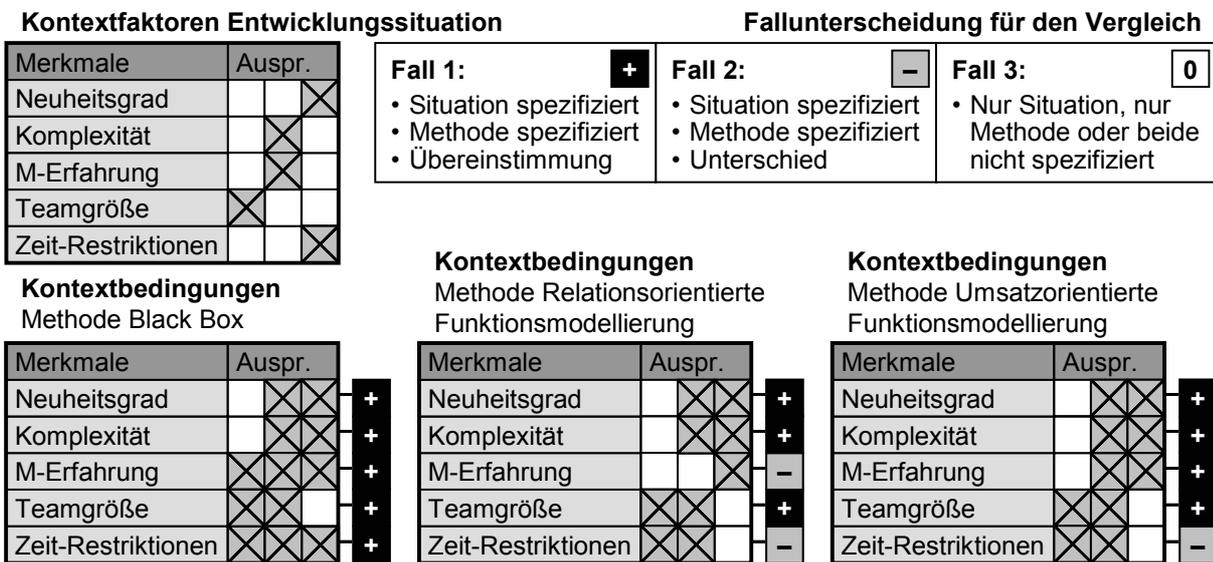


Bild 118: Bewertung von alternativen Methoden hinsichtlich der Kontexteignung

Eine Summenbildung und Anordnung der Methoden in einer Rangfolge wird hier als wenig sinnvoll erachtet. Diese Methodenbewertung auf Basis von Kontextfaktoren ergibt ein Profil der Methode hinsichtlich der Kontexteignung, das keine absolute, sondern vielmehr eine relative Aussage zulässt, und damit primär dem Vergleich der zur Disposition stehenden Methoden dient. Die Interpretation ist in jedem Fall dem Entwickler selbst überlassen. Im Anhang in Kapitel 10.8 sind zur Anschaulichkeit des Ansatzes weitere Beispiele dargestellt, wie das Ergebnis einer Bewertung der Kontexteignung von Methoden ausfallen kann.

5.3.3.3 Auswahl einer geeigneten Methode

Auch hier liegt die Entscheidung letztendlich wieder beim Entwickler. Er kann eine Methode auswählen, oder sich für eine Kombination mehrerer Methoden entscheiden, die ihm geeignet erscheinen. Er kann sich natürlich auch gegen die Anwendung einer Methode entscheiden. Methoden sollten nicht um ihrer selbst Willen angewandt werden. Die positiven Effekte sollten den Aufwand, der mit einer Methodenanwendung verbunden ist, übertreffen.

5.3.4 Methodenanwendung

Wurde eine Methode ausgewählt, kann sie angewandt werden. Hier spielen im Rahmen dieser Arbeit drei Aspekte eine Rolle: die Methodenanpassung, die eigentliche Anwendung und die Dokumentation der Ergebnisse.

5.3.4.1 Anpassung der Methode

Eine Anpassung kann prinzipiell auf zwei Arten erfolgen: durch Anpassung der Methode an den Kontext oder durch Anpassung des Kontextes an die Methode. Unter Umständen interessiert sich der Entwickler im Beispiel von oben trotz des schlechten Abschneidens in der Bewertung für die Methode Relationsorientierte Funktionsmodellierung. Die Diskrepanz hinsichtlich der vorhandenen und der geforderten Methodenerfahrung könnte z. B. dadurch gelöst werden, dass der Entwickler die Methode zunächst an einem einfachen Beispiel trainiert, um mit ihr vertraut zu werden. Dadurch kann eine erfolgreiche Methodenanwendung am richtigen Problem gefördert werden. Ebenso ist es unter Umständen möglich, der Methode die notwendige Zeit trotz des Termindrucks einzuräumen, da die erzielbaren Wirkungen mitunter dazu führen, dass sich aufwändige spätere Iterationen vermeiden lassen. Dies sind zwei mögliche Beispiele der Anpassung des Kontextes an die Methode. Bezüglich konkreter **Hilfsmittel für die Anpassung** wird auf Checklisten in der Literatur verwiesen, z. B. den Katalog möglicher Ausprägungen von Methodenelementen nach [DOBBERKAU 2002], den Maßnahmenkatalog zur Anpassung der vorhandenen Randbedingungen nach [REINICKE 2004] und die Checkliste zur Methodenanpassung nach [BRAUN 2005] (siehe Kapitel 4.2.4.2).

5.3.4.2 Anwendung der Methode

Für die Anwendung der Methode sind die Anwendungsdetails interessant, also die Methodenbeschreibungskriterien Vorgehen, Hinweise, Literatur etc. Diese Informationen sind dem Anwender gezielt zur Verfügung zu stellen. Dazu gehört ebenfalls die Bereitstellung von mit der Methode verknüpften Dokumenten (z. B. Anwendungsbeispiele, Formulare, Checklisten etc.), um eine optimale Methodenanwendung zu gewährleisten.

5.3.4.3 Dokumentation der Ergebnisse

Die Ausführung der Aufgabe unter der Anwendung von einer oder mehrerer Methoden führt zu einer neuen Entwicklungssituation. In dieser kann der Zyklus im Prinzip von vorne beginnen. In Bezug auf die Ausführung von Arbeitsschritten wird auf die Bedeutung der Dokumentation von Ergebnissen hingewiesen. Hierfür wurde eine Checkliste entwickelt, die im Rahmen studentischer Entwicklungsprojekte zum Einsatz kam (siehe Kapitel 10.5).

5.4 Rechnertechnische Umsetzung des Ansatzes

Bei der Entwicklung des Lösungsansatzes zeichnete sich ab, dass für die Handhabung und Verwaltung der erarbeiteten Informationen, z. B. Prozessbausteine und Methoden sowie deren Beschreibungen, sowie die operative Anwendung des Konzepts im Rahmen von Entwicklungsprozessen eine geeignete Rechnerunterstützung erforderlich ist. Anfänglich wurden die Informationen in MS Excel©-Dokumenten verwaltet. Dieser Ansatz stieß jedoch bald aufgrund der Anzahl der Tabellen, des Umfangs der enthaltenen Informationen und der hohen Vernetzung der Inhalte an seine Grenzen. Daher wurde der Lösungsansatz prototypisch in einer webbasierten relationalen Datenbank umgesetzt. Dieser Schritt diente der Ermöglichung einer Anwendung und Überprüfung des Lösungsansatzes. Im Folgenden wird zunächst auf die Grundlagen der rechnertechnischen Umsetzung eingegangen. Danach werden die drei Arbeitsumgebungen vorgestellt, die jeweils den drei Hauptfunktionen des Rechnerwerkzeugs dienen: der Administration, der Redaktion und der Anwendung.

5.4.1 Grundlagen der rechnertechnischen Umsetzung

Bei den Überlegungen hinsichtlich einer rechnertechnischen Umsetzung erfolgte zunächst eine Recherche in der Literatur hinsichtlich Details zu bisher konzipierten bzw. entwickelten Systemen. In erster Linie wurde dabei nach **Methodeninformationssystemen** recherchiert.

Eines der ersten prototypischen Werkzeuge dieser Art wurde von GRÖBER entwickelt. Das Programm AE-MIS³⁰ ist als Wissensbasiertes System (Expertensystem) mit systemgeführtem Dialog konzipiert [GRÖBER 1992, S. 121]. Der Benutzer kann nur in geringem Maße Einfluss auf den Programmablauf nehmen. Als Vorteil nennt GRÖBER, dass das Programm sehr leicht erlernbar ist und keinerlei EDV-Kenntnisse erfordert. Die Funktionsweise des Methodenselektors beruht auf Wenn-Dann-Aussagen. Die Wenn-Komponente dieser Aussagen enthält Aussagen zu Situationseigenschaften, die Dann-Komponente Aussagen zu erforderlichen Methodeigenschaften. Die Wenn-Dann-Aussagen sind empirischer Natur und bilden den von GRÖBER zusammengetragenen Wissensstand seiner Zeit ab [GRÖBER 1992, S. 100].

WACH beschreibt das System MUSIS³¹, das neben Methodeninformationen ebenfalls Sachinformationen enthält (Informationen zu Produkten, Montageanlagen, Normen, Richtlinien und Vorschriften sowie Literaturhinweise) [WACH 1994, S. 81]. Das System wurde „teilweise realisiert“, die exemplarische Zielsetzung orientierte sich am konkreten Produktspektrum bzw. der spezifischen Situation eines ausgewählten Unternehmens [WACH 1994, S. 145].

HELBIG beschreibt ein Vorgehen zur Entwicklung produkt- und unternehmensorientierter Konstruktionsleitsysteme. Für deren Struktur wird ein modularer Ansatz vorgesehen. Eine ‚Methodenbank‘ stellt darin ein Teilmodul der Informationsbasis neben vielen anderen Modulen zur Prozessmodellierung, zur Produktmodellierung etc. dar [HELBIG 1994, S. 131]. Die Umsetzung des Konzepts in einem Systemprototyp findet nicht statt.

³⁰ **M**ethoden**i**nformationssystem zur **A**nforderungs**e**rmittlung

³¹ **M**ethoden- **u**nd **S**ach**i**nformationssystem

BERGER beschreibt das Konzept eines Expertensystems zur Methodenauswahl [BERGER 1998, S. 170 ff.]. Er gibt grundsätzliche Vorschläge für die mögliche Ausgestaltung, eine EDV-technische Realisierung findet ebenfalls nicht statt.

Die ersten Beispiele für Methodeninformationssysteme, die entweder nur konzipiert oder tatsächlich prototypisch realisiert wurden, sind oft Bestandteil von größeren Systemen bzw. integrierten Rechnerumgebungen, die z. B. auch die Verwaltung von Produktinformationen zur Aufgabe haben. Ein derartiger Ansatz wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht als zweckmäßig angesehen. Das Rechnerwerkzeug hat im Wesentlichen die Verwaltung und Bereitstellung von Informationen zu Situationen, Aufgaben und Methoden, sowie einen gezielten Zugriff darauf zu ermöglichen. Die Generierung und Verwaltung der im Entwicklungsprozess erarbeiteten Produktinformationen (z. B. Anforderungslisten, Funktionsstrukturen etc.) soll weiterhin in den herkömmlichen Systemen stattfinden.

Als am besten geeignet erschienen **webbasierte Systeme**, wie sie die bereits diskutierten Methodenportale darstellen (siehe Kapitel 4.2.3.3). Für die Entscheidung hinsichtlich eines webbasierten Systems existierten mehrere Gründe: die gute Möglichkeit zur Verbreitung und Veröffentlichung der Information, die Kostengünstigkeit existierender webbasierter Softwaremöglichkeiten und die potenzielle Integrationsmöglichkeit der Anwendung in das am Lehrstuhl für Produktentwicklung der TU München existierende System CiDaD.

Die **Systemarchitektur** des webbasierten Rechnerwerkzeugs basiert auf dem Dreischichtenmodell [DEWIRE 1993], das in Bild 119 schematisch dargestellt ist³². Jede Schicht repräsentiert eine unabhängige Einheit, die eine Menge von streng definierten Aufgaben erfüllen muss. Auf diese Weise wird eine Spezialisierung der einzelnen Einheiten im Ganzen erreicht. Die Kommunikation zwischen den einzelnen Schichten erfolgt über Dienste, die die untergeordnete Schicht der unmittelbar übergeordneten Schicht zur Verfügung stellt. Da sie glatt und unbehindert verlaufen muss, ist eine klare Definition der Schnittstellen bzw. eine klare Formulierung der verfügbaren Dienste erforderlich.

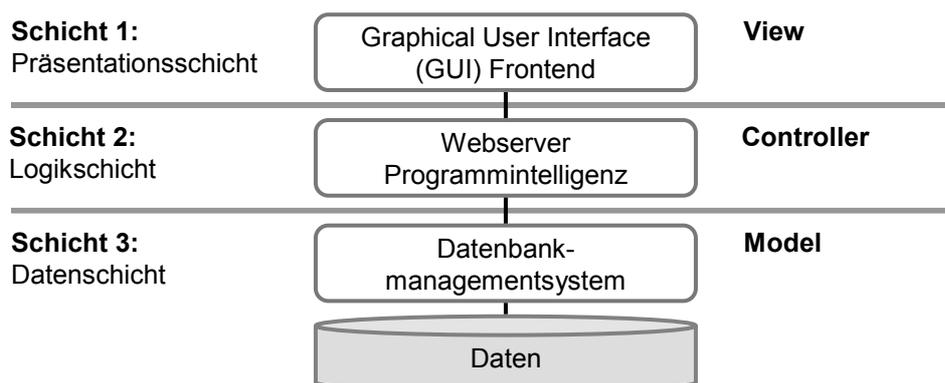


Bild 119: Drei-Schichten-Systemarchitektur des Rechnerwerkzeugs

³² Eine alternative Bezeichnung für diese Systemarchitektur ist das MVC-Pattern (Model-View-Controller). Dabei werden Daten aus dem Model (MySQL-Datenbank) durch den Controller (PHP-Skripte) in die View (HTML-Seiten) umgewandelt.

Bei der Auswahl eines geeigneten Datenbanksystems in Kombination mit einer passenden GUI-Programmiersprache mussten sowohl Anforderungen an die gebotene Funktionalität als auch den dafür nötigen Aufwand (Zeit und Kosten) berücksichtigt werden. Für die Implementierung des Werkzeugs wurde daher die in der Praxis sehr verbreitete LAMP-Kombination (**L**inux **A**pache **M**ySQL **P**HP) verwendet. Diese Systemarchitektur war einerseits erforderlich, um die Datenkonsistenz zu gewährleisten. Andererseits konnte so die Flexibilität bei der Erzeugung verschiedener Ansichten ermöglicht werden. Die generierten **PHP-Skripte** haben zweierlei Funktion: manche Skripte dienen als Interface zur Datenbank für Funktionen wie Erzeugen, Löschen und Ändern von Datensätzen in der Datenbank (Schicht 2, Controller). Andere Skripte wiederum dienen der Darstellung der Datenbankeinträge im Browser (Schicht 1, View). Die **Datenstruktur**, die in Bild 120 in Ausschnitten dargestellt ist, wurde in iterativen Zyklen entworfen.

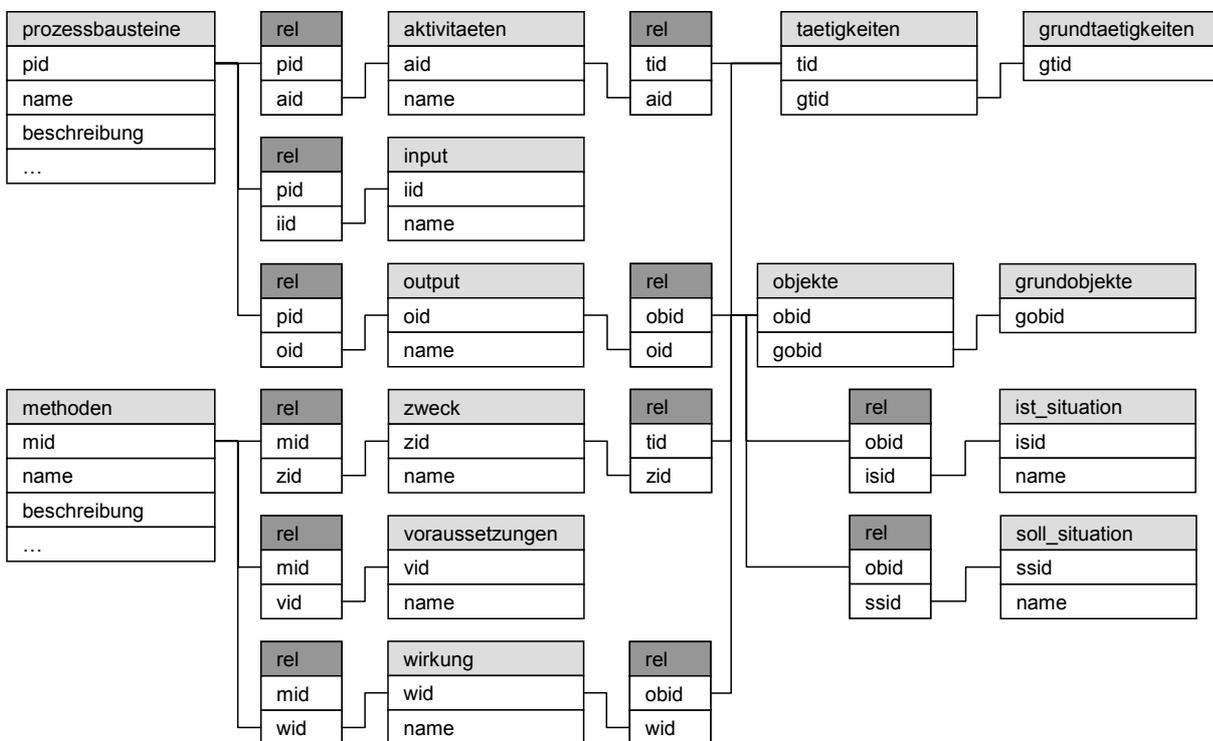


Bild 120: Datenstruktur des Rechnerwerkzeugs

Für das **Frontend (GUI)** wurden drei Umgebungen für die Administration, Redaktion und Anwendung des Systems konzipiert. Wesentliche Unterschiede stellen die Funktionen dar, die dem Nutzer in jeder Umgebung jeweils zur Verfügung stehen. Jede Umgebung enthält ein Menü am linken Rand des Browsers. Die GUI-Skripte zur Erzeugung der Nutzeransicht im Browser bestehen aus mehreren Teilen. Als Grundbaustein des GUI sind HTML-Templates hinterlegt, die beim Aufruf des Systems im Browser über PHP-Skripte von der Datenbank gefüllt werden, um als Ergebnis fertige HTML-Seiten geliefert zu bekommen. Diese Seiten sind mit Hilfe von CSS im Browser dargestellt und mit Javascript dynamisch implementiert. Somit lassen sich eine hohe Benutzerfreundlichkeit und Flexibilität in Bezug auf unterschiedliche Nutzersichten realisieren.

5.4.2 Administrationsumgebung

Die Administrationsumgebung besitzt zwei wesentliche Funktionen: die Verwaltung von Datenbanken und die Verwaltung von Benutzern. Es besteht die Möglichkeit zum Anlegen von leeren Datenbanken für unterschiedliche Anwendungszwecke. Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Konkretisierung der Informationssammlung für das Themengebiet der Konzeptentwicklung vorgenommen, d. h. es wurde eine Datenbank mit zugehörigen Einträgen bezüglich Entwicklungssituationen, Prozessbausteinen und Methoden gefüllt. Da das Konzept in seiner Struktur bewusst allgemein formuliert wurde, ist eine Ausprägung für eine Fülle weiterer Anwendungen denkbar. Hierfür wurde mit dem Werkzeug die Grundlage geschaffen. Hinsichtlich der Nutzer werden vier Rollen unterschieden, die unterschiedliche Zugriffsrechte besitzen (siehe Bild 121). Dabei ist zu beachten, dass die übergeordneten Nutzer alle Rechte der untergeordneten Nutzer besitzen. Eine Authentifizierung ermöglicht es, unterschiedlichen Benutzergruppen verschiedene Ansichten und Funktionalitäten anzubieten.

Nutzertyp	Zugriffsrechte
Globaler Administrator	Zugriff auf alle Datenbanken, Einrichten von Nutzern, Vergabe von Zugriffsrechten
Lokaler Administrator	Zugriff auf eine spezifische Datenbank, Vergabe von Zugriffsrechten für Nutzer dieser Datenbank
Redakteur	Zugriff auf eine spezifische Datenbank, Befüllen der Datenbank mit Inhalten, Erstellung von Zuordnungen
Anwender	Zugriff auf eine spezifische Datenbank, Anlegen von Kontexten, Zugriff auf Inhalte über verschiedene Mechanismen (Suche, Nutzerdialog etc.)

Bild 121: Nutzer und Zugriffsrechte

5.4.3 Redaktionsumgebung

Die Datenbank besitzt eine Redaktionsumgebung, in welcher die Inhalte verwaltet werden. Darin lassen sich Elemente (Prozessbausteine, Methoden, Objekte, Tätigkeiten etc.) neu erstellen, bearbeiten, löschen und verknüpfen. Für den Import und Export von größeren Datenmengen wurde eine Schnittstelle zu MS Excel© entwickelt. Die Redaktionsumgebung stellt in erster Linie Funktionalitäten für Methodenexperten bereit, die bei dem Aufbau eines Prozess- und Methodenbaukastens sowie der Herstellung der zugehörigen Verknüpfungen unterstützen. So lässt sich beispielsweise die Methodengesamtliste nach Methoden filtern, die gewisse Tätigkeiten oder Grundtätigkeiten unterstützen. Ebenso lässt sich die Gesamtliste der Prozessbausteine nach diesen Kriterien filtern und der gefilterten Methodenliste gegenüberstellen. So kann der Methodenexperte auf fehlende oder nicht sinnvolle Zuordnungen hingewiesen werden. Bild 122 zeigt einen Screenshot der Redaktionsumgebung mit dem Beispiel eines Methodensteckbriefs.

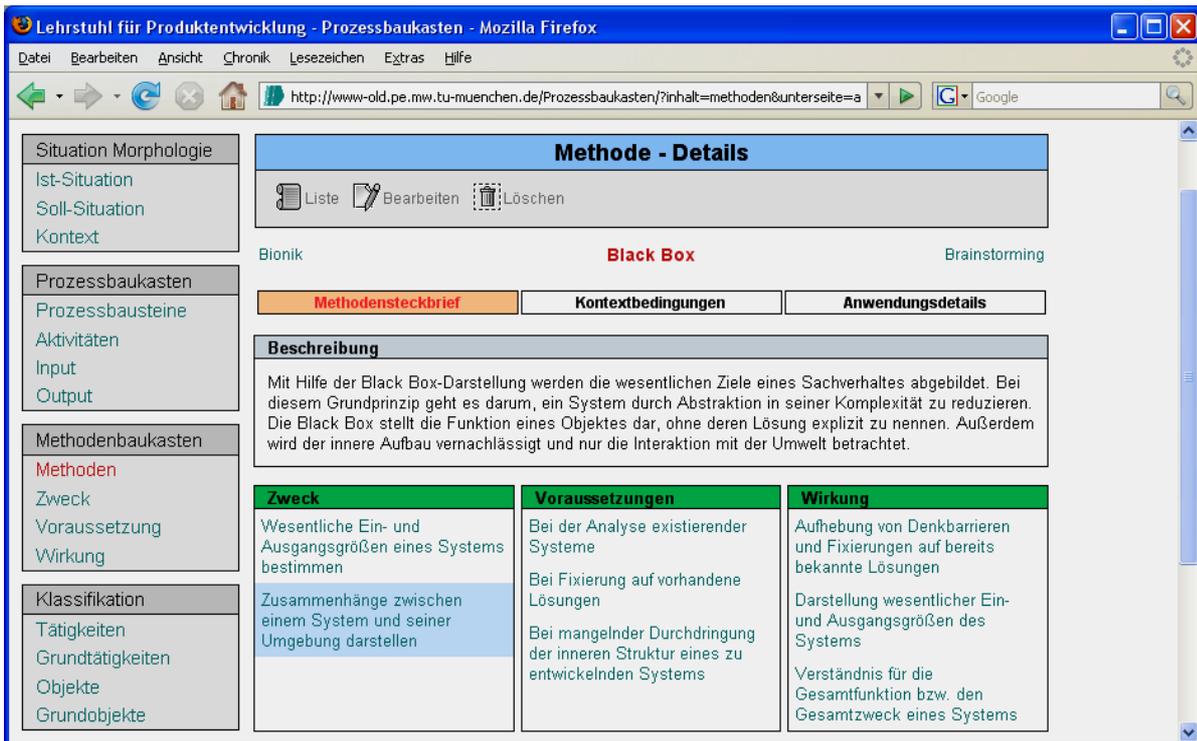


Bild 122: Redaktionsumgebung (Screenshot)

5.4.4 Anwendungsumgebung

Die Anwendungsumgebung enthält einen Nutzerdialog, der den Produktentwickler durch die ersten drei Schritte der Anwendungsmethodik führt (Situationsanalyse, Aufgabenauswahl, Methodenauswahl). Ferner wurden verschiedene Suchmechanismen konzipiert und teilweise implementiert, wie eine Schlagwortsuche oder Suche nach Kategorien (Prozessbausteine, Methoden etc.). Bild 123 zeigt einen Screenshot der Anwendungsumgebung.



Bild 123: Anwendungsumgebung (Screenshot)

6 Diskussion und Bewertung des Lösungsansatzes

In diesem Kapitel erfolgt die Diskussion und Bewertung des Lösungsansatzes. Wie schon in Kapitel 2.4 erläutert, ist eine umfangreiche Überprüfung und Ableitung allgemeingültiger Zusammenhänge aufgrund der zahlreichen Einflussfaktoren ein schwieriges Unterfangen. Es findet daher keine Validierung im eigentlichen Sinne statt. Dennoch werden konkrete Indizien für die positive Wirkung des Lösungsansatzes aufgezeigt. Teile des Ansatzes flossen in konkrete Projekte mit ein. Inhalt der in Kapitel 6.1 diskutierten Projekte ist der Aufbau von Informationsspeichern (Methodensammlungen). Der Fokus in Kapitel 6.2 liegt in der situativen Unterstützung von Entwicklern bei operativen Konzeptaktivitäten. Hier bilden zwei Studentenprojekte, die unter der Betreuung des Autors dieser Arbeit durchgeführt worden waren, die Grundlage der Betrachtung. In Kapitel 6.3 erfolgt eine allgemeine Diskussion und Bewertung des Lösungsansatzes. Kapitel 6.4 enthält Überlegungen zu offenen Punkten und zukünftigem Forschungspotenzial, für welches diese Arbeit den Grundstein legt.

6.1 Aufbau einer Informationssammlung

Die Ansätze dieser Arbeit fanden in zwei Projekten Anwendung, in denen die Aufgabe in der Überarbeitung bzw. der Neuerstellung einer Methodensammlung bestand. Der Autor dieser Arbeit wirkte in beiden Projekten konzeptbestimmend mit. Bei beiden Projekten werden die Ausgangssituation und Zielsetzung beschrieben, der Lösungsansatz und das Vorgehen im Projekt dargelegt und die Ergebnisse mit Bezug zur vorliegenden Forschungsarbeit diskutiert.

6.1.1 Überarbeitung eines Lehrbuchs für die methodische Produktentwicklung

Beim ersten Projekt handelt es sich um ein internes Projekt am Lehrstuhl für Produktentwicklung der TU München, die Überarbeitung der ersten Auflage des Buchs „Methodische Entwicklung technischer Produkte“ [LINDEMANN 2005]. Für die zweite Auflage [LINDEMANN 2007] war unter anderem der Methodenanhang zu überarbeiten. Hierbei stellte die Optimierung des Beschreibungsformats für die einzelnen Methoden einen Schwerpunkt dar.

In der ersten Auflage existiert für jede Methode eine Beschreibung im Umfang von ca. einer halben bis einer ganzen Seite in Form von Fließtext. Darin werden verschiedene Aspekte der Methode adressiert wie z. B. Zweck, Wirkung und Vorgehen, jedoch in unterschiedlichem Umfang und in keinem einheitlichen Format. Dadurch werden das Erfassen der wesentlichen Aspekte einer Methode in einer bestimmten Situation und der gezielte Vergleich verschiedener Methoden, die für dieselbe Aufgabe geeignet sind, erschwert. Bei der Überarbeitung wurde daher die Entscheidung getroffen, ein strukturiertes, standardisiertes Methodenbeschreibungsformat zu verwenden. Dafür waren Überlegungen notwendig hinsichtlich der relevanten Beschreibungskriterien und der Art und Weise, wie diese zu formulieren sind.

Da der Umfang der Methodenbeschreibung beibehalten werden sollte, um den Gesamtumfang des Buchs nicht wesentlich zu erhöhen, musste eine Entscheidung hinsichtlich **weniger relevanter Kriterien** getroffen werden. Für die Ermöglichung einer Identifikation geeigneter Methoden, sowie zu deren Vergleich und Bewertung wurden die Kriterien Zweck, Situation und Wirkung definiert. Für die Unterstützung der Anwendung wurden die Kriterien Vorgehen, Hinweise und Werkzeuge definiert. Bei den Hinweisen sind Verknüpfungen zu anderen Methoden angegeben, wodurch die Adaption der Methode unterstützt wird, z. B. eine Kombination von Methoden. Außerdem ist weiterführende Literatur zur Ermöglichung einer Vertiefung der Methode angegeben. Die Inhalte sind im CiDaD-Portal hinterlegt, das über die Beschreibung der Methode hinaus auch weitere Dokumente enthält (Präsentationen, Checklisten, Beispiele, Formblätter etc.), wodurch die Anwendung weiter unterstützt wird.

Für die **Formulierung der Kriterien** wurden Regeln entwickelt, damit die Kriterien Aussagekraft besitzen und ihre Funktion erfüllen können. Der Zweck gibt beispielsweise die Aktivitäten im Entwicklungsprozess an, die von der Methode unterstützt werden sollen und ist in Form eines Objekts und einer Tätigkeit zu formulieren. Dies entspricht der Kriteriendefinition, wie sie in Kapitel 5.1.3 vorgestellt wurde. Als hilfreich für das Befüllen der Methodenbeschreibungen hat sich auch das Erstellen von Gut- und Schlecht-Beispielen erwiesen. Eine Regel für die Formulierung des Zwecks der Methode ist es beispielsweise, dass möglichst aussagekräftige Verben zu verwenden sind (ungünstig: ‚Als Gedankenstütze dienen‘; besser: ‚Gedanken extern visualisieren‘).

In Bild 124 sind die alten und neuen Beschreibungen der Methode Fehlerbaumanalyse gegenübergestellt. Insgesamt konnten die Verständlichkeit der Inhalte des Methodenanhangs erhöht und damit auch die Möglichkeit des Zugangs zu den Methoden verbessert werden. Dadurch wird die Auswahl, Adaption und Anwendung der Methoden besser unterstützt.

<p>Fehlerbaumanalyse</p> <p>Die Fehlerbaumanalyse (FBA; Fault Tree Analysis = FTA) ist eine Methode, mit der die Verknüpfungen von Komponenten- beziehungsweise Teilsystemausfällen, die zu einem unerwünschten Ereignis führen, systematisch ermittelt und anschließend grafisch dargestellt und ausgewertet werden können.</p> <p>Dieses Vorgehen wird in der Produktentwicklung angewandt, um die Sicherheit und Zuverlässigkeit von Produkten/Systemen zu optimieren. Aus der Analyse lassen sich gezielt Maßnahmen zur Verringerung der Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines unerwünschten Ereignisses ableiten.</p> <p>Die Fehlerbaumanalyse soll den Anwender in die Lage versetzen, alle kritischen Pfade zu ermitteln, die zu einem bestimmten negativen Ereignis wie zum Beispiel einem Systemausfall führen. Zu diesem Zweck werden zuerst alle gefährlichen sowie kritischen Ereignisse gesammelt. Anschließend werden sämtliche Kombinationen von Einzelfehlern, die zu einem bestimmten Ereignis führen können, logisch in den hierarchischen Aufbau des Fehlerbaums eingegliedert. Gleichzeitig können den einzelnen Fehlern Auftretenswahrscheinlichkeiten zugeordnet werden. Die Verknüpfung der einzelnen Fehler basiert auf Basis von booleschen Operationen (NICHT-, ODER-, UND-Verknüpfungen). Zur quantitativen Auswertung bezüglich der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses werden die Fehlereinzelnwahrscheinlichkeiten gemäß der zugrunde liegenden Verknüpfungen berechnet.</p> <p>Mithilfe der Fehlerbaumanalyse lassen sich die Auswirkungen von Veränderungen am Produkt oder in einem System schnell und übersichtlich einschätzen. Zur Berechnung der Zuverlässigkeit komplexer Systeme oder Komponenten sind zumeist viele Annahmen über elektronische Bauteile und über Ausfallzahlen vor, welche wertbar sind. Bei mechanischen Bauteilen oder Teilsystemen ist die Verfügbarkeit solcher Informationen nur in bestimmten Branchen (zum Beispiel Luftfahrt) oder Objekten (zum Beispiel Wälzlager) gegeben. Ergebnisse aus Versuchen oder spezifische Erfahrungswerte tragen dazu bei, eine entsprechende Aussage treffen zu können.</p> <p>Literatur: [Reinhart et al. 1996]</p>	<p>Fehlerbaumanalyse</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="767 1308 963 1603"> <p>Zweck</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge zwischen unerwünschten Ereignissen und deren Ursachen analysieren • Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten unerwünschter Ereignisse ermitteln </td> <td data-bbox="968 1308 1158 1603"> <p>Situation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei Auftreten eines unerwünschten Ereignisses (Fehler, Ausfall etc.) • Bei komplexen Systemzuständen, die in Kombination zu unerwünschten Ereignissen führen können • Im Rahmen der Optimierung der Sicherheit und Zuverlässigkeit von Produkten </td> <td data-bbox="1163 1308 1347 1603"> <p>Wirkung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Übersichtliche Darstellung der Auswirkungen von Veränderungen am Produkt • Grundlage für Ableitung von Maßnahmen zur Verringerung der Auftretenswahrscheinlichkeit unerwünschter Ereignisse </td> </tr> </table> <p>Vorgehen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unerwünschte Ereignisse sammeln • Alle Kombinationen von Einzelfehlern logisch in den hierarchischen Aufbau des Fehlerbaums eingliedern • Einzelfehlern Auftretenswahrscheinlichkeiten zuordnen • Verknüpfung der Fehler mit booleschen Operationen (NICHT-, ODER-, UND-Verknüpfungen) durchführen • Fehlereinzelnwahrscheinlichkeiten berechnen <p>Hinweise</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Fehlerbaummethode kann qualitativ, also ohne Ausfallwahrscheinlichkeiten, oder quantitativ durchgeführt werden. <p>[Reinhart et al. 1996]</p>	<p>Zweck</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge zwischen unerwünschten Ereignissen und deren Ursachen analysieren • Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten unerwünschter Ereignisse ermitteln 	<p>Situation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei Auftreten eines unerwünschten Ereignisses (Fehler, Ausfall etc.) • Bei komplexen Systemzuständen, die in Kombination zu unerwünschten Ereignissen führen können • Im Rahmen der Optimierung der Sicherheit und Zuverlässigkeit von Produkten 	<p>Wirkung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Übersichtliche Darstellung der Auswirkungen von Veränderungen am Produkt • Grundlage für Ableitung von Maßnahmen zur Verringerung der Auftretenswahrscheinlichkeit unerwünschter Ereignisse
<p>Zweck</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge zwischen unerwünschten Ereignissen und deren Ursachen analysieren • Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten unerwünschter Ereignisse ermitteln 	<p>Situation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei Auftreten eines unerwünschten Ereignisses (Fehler, Ausfall etc.) • Bei komplexen Systemzuständen, die in Kombination zu unerwünschten Ereignissen führen können • Im Rahmen der Optimierung der Sicherheit und Zuverlässigkeit von Produkten 	<p>Wirkung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Übersichtliche Darstellung der Auswirkungen von Veränderungen am Produkt • Grundlage für Ableitung von Maßnahmen zur Verringerung der Auftretenswahrscheinlichkeit unerwünschter Ereignisse 		

Bild 124: Methodenbeschreibungen im Vergleich: [LINDEMANN 2005] und [LINDEMANN 2007]

6.1.2 Implementierung eines firmenspezifischen Methodenhandbuchs

Im zweiten Projekt war der Auftraggeber ein weltweit agierendes, großes und traditionsreiches Unternehmen, das auf verschiedenen Gebieten tätig ist, unter anderem in der Informations- und Kommunikationstechnik, Antriebstechnik und Medizintechnik. Die Aufgabe bestand darin, ein firmenspezifisches Methodenhandbuch zu erstellen. Ein Kernaspekt war es, den im Unternehmen existierenden Referenzprozess für das Product Lifecycle Management mit diesem neu zu erstellenden Methodenbaukasten zu verknüpfen. Die Definition des Referenzprozesses auf mehreren Ebenen lag zu Beginn des Projekts vor, die einzelnen Prozesselemente waren mit Input, Deliverables und Rollen verknüpft. Eine Zuordnung geeigneter Methoden für die Bearbeitung einzelner Prozesselemente fehlte bisher.

Die einzelnen Arbeitsschwerpunkte im Projekt sind in Bild 125 dargestellt. Zum einen war es notwendig, eine Liste geeigneter Methoden zu erstellen. Für diese Methoden war eine adäquate Beschreibungsform zu definieren, die die Bedürfnisse unterschiedlicher Nutzer (z. B. Manager vs. Entwickler) erfüllte. Schließlich sollte das Methodenhandbuch sowohl in einer Papierversion zur Verteilung im Konzern als auch in einer digitalen Version im Intranet umgesetzt werden. Dafür galt es, verschiedene Sichten auf die hinterlegten Methoden zu entwickeln, um einen situativen Zugriff auf die Methoden zu ermöglichen.

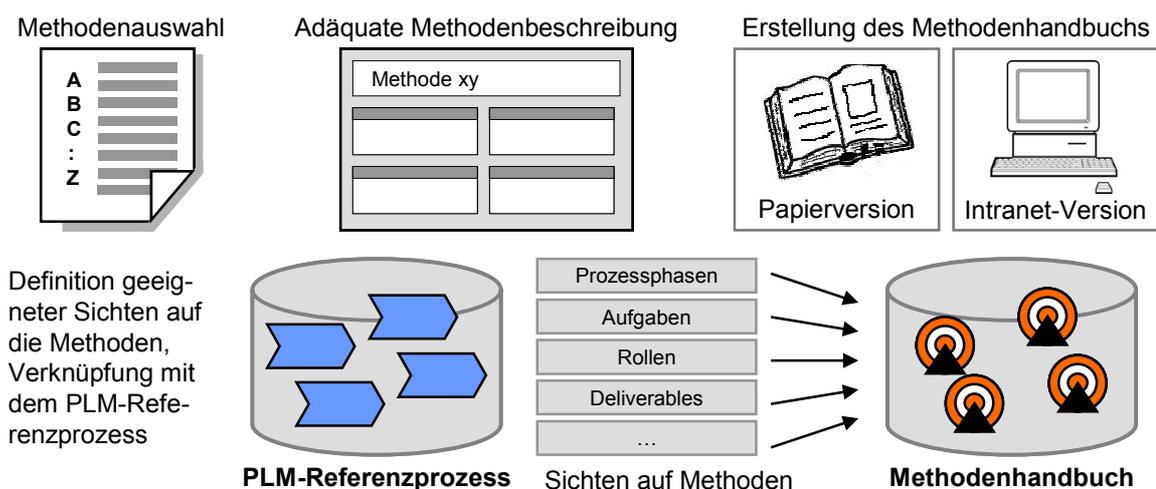


Bild 125: Implementierung eines firmenspezifischen Methodenhandbuchs

Den ersten Schritt im Vorgehen bildete eine detaillierte Analyse des vorliegenden Referenzprozesses, um die Basis für die Verknüpfung zu den Methoden zu schaffen. Dazu wurden unter anderem die Prozesselemente in Objekte und Tätigkeiten zerlegt. Es wurden 30 Tätigkeiten identifiziert und diese weiter zu neun Tätigkeitskategorien gruppiert. Eine Kategorie enthält z. B. die Tätigkeiten erfassen, sammeln, identifizieren. Eine andere Kategorie setzt sich aus den Tätigkeiten generieren, definieren, entwickeln zusammen. Dieses Vorgehen entspricht dem Klassifikationsansatz, wie er in Kapitel 5.2.4.2 diskutiert worden war. Die Klassifikation orientierte sich zwar an existierenden generischen Ansätzen, wurde aber auf die vorgegebenen Referenzprozesse und Bedürfnisse des Unternehmens hin angepasst. Letztendlich diente die Klassifikation dem Zweck, eine tätigkeitsorientierte Sicht auf die Methoden herzustellen. So wurde auch darauf geachtet, dass für jede der zu unterstützenden Tätigkeiten jeweils Methoden in den Methodenkatalog mit aufgenommen wurden. Die tätigkeitsorien-

tierte sowie weitere definierte Sichten sind in Bild 126 als Pfeile auf die Methoden dargestellt. Den Ausgangspunkt bildete der Referenzprozess, dessen erste und dritte Ebene von Interesse waren (Kernprozesse, Prozesselemente). Eine weitere Klassifikation wurde bei den Deliverables, die vordefinierte Ergebnisse jedes Prozesselements darstellen, vorgenommen. Die ca. 100 Deliverables wurden zu elf Objektkategorien verdichtet, z. B. Änderungen, Entscheidungen, Anforderungen etc. Diese bewertete der Projektpartner jedoch als zu generisch für einen Zugriff auf Methoden, weshalb diese Zugriffssicht nicht weiter verfolgt wurde (gestrichelter Pfeil im Bild). Weitere Sichten bildeten Meilensteine, Rollen (PLM-Manager, Entwickler etc.) und Schlagwörter (auch als „Buzzwords“ bezeichnet, z. B. Mechatronik, Requirements Engineering, Lean Development). Für das Methodenhandbuch wurden insgesamt 50 Methoden ausgewählt, die in einer Matrix den Sichten (Rollen, Schlagwörter, Kernprozesse, Prozesselemente etc.) gegenübergestellt wurden. Die Sichten dienen als Möglichkeiten für einen gezielten **Methodeneinstieg**. Durch die Auswahl eines Eintrags innerhalb einer Kategorie, die einer Sicht entspricht, werden aus der gesamten Methodenliste diejenigen Methoden herausgefiltert, die dem gewählten Eintrag zugeordnet worden waren.

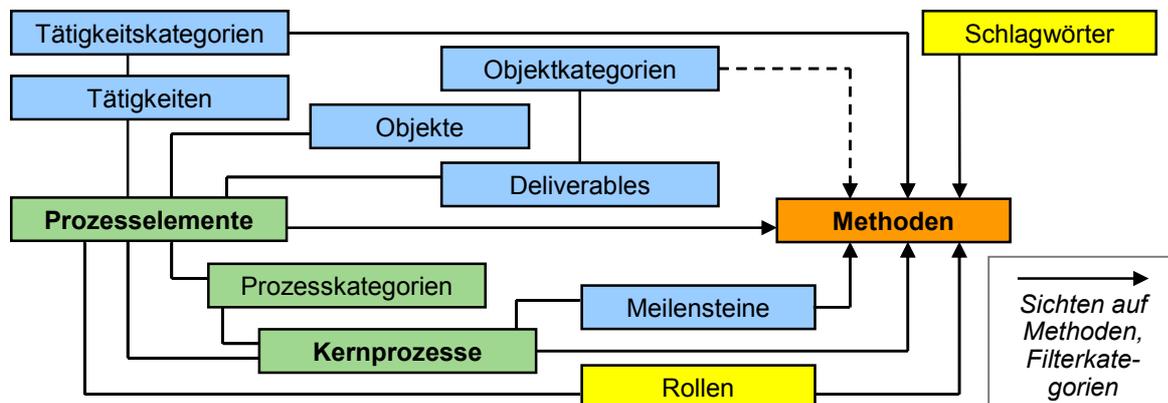


Bild 126: Verknüpfungsstruktur relevanter Aspekte, Sichten auf Methoden

Die **Methodenbeschreibungen** wurden im Format MS Powerpoint© erstellt und umfassen insgesamt drei Folien: das Methodenprofil (Folie eins), Aktivitäten und Richtlinien (Folie zwei) und ein Anwendungsbeispiel (Folie drei). Die Funktion von Folie eins ist die Vermittlung eines schnellen Überblicks über die wesentlichen Aspekte einer Methode, was insbesondere für PLM-Manager wichtig ist. Folien zwei und drei adressieren primär die Methodenanwender. Folie zwei gibt direkte Hinweise für die Methodenanwendung, Folie drei erhöht das Verständnis für die Methode. Für das Methodenprofil wurden wiederum bewusst wenige, aber dafür aussagekräftige Kriterien ausgewählt und zudem auf jeder Folie eine Grafik integriert. Die Beispielfolie dient als Template für Best Practices. Folien eins und drei enthalten eine Charakterisierung der Methoden hinsichtlich unterstützter Kernprozesse, erforderlichem Aufwand etc. Im Methodenprofil wird damit allgemein eine Aussage bzgl. der Eignung einer Methode getroffen. Im Anwendungsbeispiel werden konkrete Ausprägungen einer spezifischen Einsatzsituation angegeben. Durch die Verwendung eines einheitlichen Schemas auf Folie eins und drei können im Zuge der Anwendung der Methoden und der Sammlung von Best Practices Erkenntnisse zurückgespielt werden und die Methodencharakterisierung auf Folie eins aktualisiert werden. Dies stellt einen praktikablen Weg zur Umsetzung des Abgleichs zwischen Kontextbedingungen und Kontextfaktoren dar.

6.2 Operative Unterstützung von Entwicklungsprojekten

Teile des Lösungsansatzes flossen außerdem in studentische Entwicklungsprojekte ein, die der Autor dieser Arbeit betreute. Da der Lösungsansatz in seiner endgültigen Form bei der Bearbeitung der Projekte noch nicht vorlag, kann nicht von einer echten Validierung gesprochen werden. Hierfür müsste eine genügend große Zahl an Entwicklern unter vergleichbaren Rahmenbedingungen mit und ohne Unterstützung beobachtet und die Prozess- bzw. Ergebnisqualität gemessen werden. Dies war im Rahmen der Arbeit nicht möglich. Dennoch konnten Indikatoren für den Beitrag des Ansatzes zu einer Verbesserung von Entwicklungsprozessen identifiziert werden. Die zugrunde liegende Hypothese lautet, dass Entwickler durch eine Auseinandersetzung mit der Entwicklungssituation besser in der Lage sind, adäquate Vorgehensweisen und Methoden zu wählen, was in einer besseren Prozess- und Ergebnisqualität resultiert. Dazu trägt die Möglichkeit bei, Aufgaben und Methoden gezielt situativ auszuwählen und im Prozess anzuwenden. Im Folgenden wird beschrieben, wie sich die Entwickler im Projekt mit der Entwicklungssituation auseinandersetzten und welche Auswirkungen dies auf das Projekt hatte. Die Studenten hatten dabei Zugriff auf das CiDaD-Portal, als Sammlung an Aufgaben und Methoden dienten daher im Wesentlichen die Inhalte aus [LINDEMANN 2005].

6.2.1 Entwicklung eines Transportsystems für Stahlbetonblöcke

Die übergeordnete Aufgabenstellung im ersten Projekt bestand in der Entwicklung und prototypischen Realisierung eines Beförderungsgeräts, das Stahlbetonblöcke aufgreifen, heben, transportieren und stapeln kann [RAYKOV 2006]. Es wurden insgesamt vier Gesamtkonzepte erarbeitet, von denen letztendlich eines ausgewählt wurde. Es handelt sich um einen Brückenkran mit einer Kombination aus manueller Winde und Flaschenzug für die Realisierung der Hebefunktion. Die Winde wurde zum Heben von 1500 kg ausgelegt, was dem Gewicht des schwerstmöglichen Betonblocks entspricht. Das Gerät wurde nach den Standards für Kräne in den USA entwickelt, da das Projekt dort durchgeführt wurde, und nach den Anforderungen der Anforderungsliste ausgelegt.

Zu Beginn des Projekts erhielt der Student vom Betreuer die Aufgabe, sich anhand einer vorgegebenen Liste mit **Kontextfaktoren** mit seiner Entwicklungssituation auseinanderzusetzen und daraus Schlüsse für die Bearbeitung des Projekts abzuleiten. Die Liste mit Kontextfaktoren diente somit als Checkliste, die dem Studenten wesentliche Impulse für die Projektplanung und -gestaltung im Verlauf des gesamten Projekts gab. Die Beschäftigung mit dem Kontextfaktor ‚technische Ausstattung‘ brachte ihn z. B. erst dazu, sich mit den verfügbaren Hardware- und Software-Ressourcen (CAD- und Simulationsprogramme, Möglichkeiten der Werkstatt) vertraut zu machen, und die Entwicklungsaktivitäten entsprechend zu planen. Der studentische Entwickler identifizierte im Verlauf des Prozesses einige entscheidende Situationen, bei denen die Rahmenbedingungen der Entwicklungssituation wesentlichen Einfluss auf die Prozessgestaltung nahmen. Bild 127 gibt einen Überblick über diese Situationen. Im Folgenden wird beispielhaft auf eine Situation im Detail eingegangen, um das Wechselspiel zwischen Situation und Prozess zu verdeutlichen.

Projektphase	Prozessschritt	Situation / Herausforderung	Relevante Kontextfaktoren
Analyse der Entwicklungssituation	Analyse der Entwicklungssituation	Projektbeginn: hohe Neuigkeit und Komplexität der Aufgabe in Verbindung mit geringer Erfahrung des Entwicklers	Neuheitsgrad der Aufgabe; Komplexität der Aufgabe; Strukturiertheit der Aufgabe; Determiniertheit des Ergebnisses; Technische Erfahrung d. Entwicklers
Systematische Aufgabenklärung	Ermittlung von Anforderungen	Identifikation von nicht lösungsneutralen Anforderungen, Gefahr der Lösungsfixierung	Determiniertheit des Ergebnisses; Freiheitsgrade für die Entwicklung
Lösungssuche	Recherche und Analyse existierender Lösungen	Konzentration auf Module bei der Lösungssuche, nicht auf Teilfunktionen	Technische Erfahrung d. Entwicklers; Zeitliche Rahmenbedingungen; Finanzielle Rahmenbedingungen; Technische Ausstattung
	Einschränkung des Lösungsfelds	Hohe Lösungsvielfalt im Morphologischen Kasten; starke Reduktion des Lösungsfelds notwendig	Determiniertheit des Ergebnisses; Technische Erfahrung d. Entwicklers; Zeitliche Rahmenbedingungen
Detaillierung des ausgewählten Konzepts	Suche nach Lösungen für die Teilfunktionen "Befestigung" und "Greifen"	Änderungen im Konzept nötig aufgrund neuer Erkenntnisse nach Schritten der Detaillierung und Eigenschaftsanalyse	Determiniertheit des Ergebnisses; Zeitliche Rahmenbedingungen; Finanzielle Rahmenbedingungen; Freiheitsgrade für die Entwicklung
	Technische Vorbereitung und Simulation	Nutzung von FEM-Software bisher nicht möglich und daher nicht eingeplant, aufgrund von Änderungen in der Rechnerbelegung aber plötzlich verfügbar; daher stärkerer Fokus auf Modellierung und Simulation als vorher	Komplexität der Aufgabenstellung; Ähnlichkeit zu bekannten Aufgaben; Technische Erfahrung d. Entwicklers; Motivation des Entwicklers; Technische Ausstattung (Software)
Realisierung des Konzepts	Suche nach neuer Lösung für die Funktion "Befestigung am Boden"	Änderungen im Entwurf nötig aufgrund neuer Erkenntnisse nach Schritten der Detaillierung und Eigenschaftsanalyse	Determiniertheit des Ergebnisses; Zeitliche Rahmenbedingungen; Finanzielle Rahmenbedingungen; Freiheitsgrade für die Entwicklung
	Anpassung des Konzepts im Sinne einer technischen Optimierung		

Bild 127: Entscheidende Situationen im Projekt und Bedeutung von Kontextfaktoren

Zum Beginn der Lösungssuche lagen eine Reihe wesentlicher Teilfunktionen des zu realisierenden Systems als Problemformulierungen vor. Die Recherche existierender Lösungen führte zu der Erkenntnis, dass diese in der Regel mehrere der formulierten Funktionen erfüllten. Anstelle einer ausführlichen Suche nach möglichen Lösungen zu jeder Teilfunktion konzentrierte sich der Student auf die Suche nach Lösungen zu so genannten Modulen, die jeweils eine Kombination der Einzelfunktionen darstellten. Der Student war sich bewusst, dass diese Vorgehensweise die Zahl möglicher Lösungsalternativen für jede Teilfunktion stark einschränkte. Jedoch erschien dieses Vorgehen angesichts der Ausprägungen der Entwicklungssituation am sinnvollsten. Als wesentliche Faktoren wurden hierbei die knappe Zeit, das knappe Budget und die limitierten technischen Möglichkeiten der Werkstatt in Betracht gezogen. Außerdem bestand die Hauptforderung nicht im hohen Innovationsgrad der Lösung, sondern in der kostengünstigen Umsetzung der zu erfüllenden Funktion.

Die in den aufgelisteten Situationen getroffenen Entscheidungen hatten z. T. weitreichende Auswirkungen auf den gesamten Entwicklungsprozess. Die ausführliche Beschäftigung mit den Kontextfaktoren zu Beginn des Projekts und die Reflexion der Situation anhand dieser Faktoren an mehreren Stellen im Projekt wurden vom Entwickler als sehr wertvoll für den Projektverlauf und die Ergebnisse eingeschätzt.

6.2.2 Entwicklung eines Konzepts zum Knacken von Nüssen

Im zweiten Projekt war die übergeordnete Aufgabenstellung die Entwicklung und prototypische Realisierung eines neuartigen Konzepts zum Knacken von Nüssen [VON SAUCKEN 2007]. Dies stellte aufgrund der Unmenge an verfügbaren Marktlösungen eine große Herausforderung dar. Eine besondere Anforderung bestand darin Lösungen zu generieren, bei denen der Nusskern nicht beschädigt wird. Als methodisches Ziel wurde vorgegeben, bestehende Methoden und Hilfsmittel für die systematische Produktentwicklung und Konstruktion situativ auszuwählen und anzuwenden. Der Student war zu Beginn der Arbeit mit systematischen Vorgehensweisen und Entwicklungsmethoden durch den Besuch von Vorlesungen des Lehrstuhls und eines Praktikums für Entwicklungsmethoden bereits vertraut. Es wurden ihm von Seiten des Betreuers keine Vorgaben hinsichtlich des Vorgehens im Projekt gemacht

Der Student traf auf Basis der Analyse der Entwicklungssituation nach jedem Prozessschritt Entscheidungen hinsichtlich des weiteren Vorgehens und des Methodeneinsatzes. Es erfolgte somit keine feste Vorausplanung der Schritte im Projekt und keine Orientierung am Standardvorgehen des Münchener Vorgehensmodells, wie es bei vielen Studentenprojekten dieser Art der Fall ist. Der Student stellte zu Beginn des Projekts auf Basis des Inputs des Betreuers und eigener Überlegungen eine **Liste an Situationskriterien** auf, die im Verlauf des Projekts in jedem Schritt als Checkliste diente. Nach jedem Prozessschritt wurde diese Liste betrachtet und bei Relevanz für die jeweilige Situation die Ausprägung für das Kriterium festgehalten.

Die Liste enthielt insgesamt 36 Situationskriterien, die nach Abschluss des Projekts in eine Rangfolge ihrer Bedeutung gebracht wurden. Bild 128 enthält die 20 wichtigsten Kriterien, also diejenigen Kriterien, die häufig bei der Klärung der Situation behilflich waren. Zudem sind Erläuterungen angegeben in Form von Fragen, deren Beantwortung Einfluss auf die Wahl von Vorgehensschritten und Methoden hatte [VON SAUCKEN 2007, S. 98 FF.].

Nr	Kriterium	Erklärung
1	Verbindlichkeit des Outputs	Wie schränkt Output weitere Prozesse ein?
2	Position im MVM	Welche Punkte sind geklärt?
3	Konkretisieren oder Abstrahieren?	Welche Konkretisierung ist nötig?
4	Konkretisierungsebene	Welche Ebenen sind 'gefüllt'?
5	Eindeutiges Vorgehen	Ist der nächste Prozessschritt offensichtlich?
6	Dokumentation	Wie wichtig ist Dokumentation für den Prozess?
7	Welche Prozesse abgeschlossen?	Auf welchen Outputs basiert nächster Prozess?
8	Variieren oder Einschränken?	Ist Vielzahl bereits vorhanden?
9	Zerlegen oder Kombinieren?	Ist Problem genügend in Teilen gelöst?
10	Hilfsmittel	Welche Hilfsmittel sind verfügbar?
11	Redundanz vorhandener Menge	Ist Lösungsmenge optimiert dargestellt?
12	Vernetzung vorhandener Menge	Sind Relationen bekannt?
13	Menge bereits vorhandenen, fremden Outputs	Gibt es schon Lösungen?
14	Methodische Erfahrung	Erfahrung bzgl. Vorgehen und Methoden
15	Vollständigkeit vorhandener Menge	Ist Lösungsmenge komplett gefunden?
16	Kundenbezug	Wie wichtig sind Informationen vom Kunden?
17	Innovationsgrad	Anpassung oder Neuentwicklung?
18	Verfügbare Teilnehmer	Anzahl kurzzeitiger Teilnehmer
19	Entwicklungsfreiheit	Einschränkungen und Verantwortung
20	Konsistenz vorhandener Menge	Ist Lösungsmenge widerspruchsfrei?

Bild 128: Wesentliche Situationskriterien mit Einfluss auf Vorgehen und Methodenauswahl

Im Rahmen der Situationsanalyse bei jedem Prozessschritt fand außerdem eine Analyse relevanter **Betrachtungsobjekte** und ihrer Eigenschaften bzw. Eigenschaftsänderungen im Entwicklungsprozess statt³³. Es wurden folgende Objekte herangezogen: Situation, Anforderungen, Probleme, Lösungen und Eigenschaften. Sechs mögliche Eigenschaftsausprägungen wurden vorab definiert: unbekannt, überblickt, bekannt, verdichtet, strukturiert und vernetzt. Die Veränderung der Objekteigenschaften im Projektverlauf sind in Bild 129 dargestellt.

Merkmal	Ausprägung	Prozessschritte												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Situation	vernetzt													
	strukturiert													
	verdichtet													
	bekannt			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	überblickt		■	■										
	unbekannt	■												
Anforderungen	vernetzt			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	strukturiert													
	verdichtet													
	bekannt													
	überblickt	■	■	■	■									
	unbekannt	■												
Probleme	vernetzt													
	strukturiert													
	verdichtet					■	■	■	■	■	■	■	■	■
	bekannt					■	■	■	■	■	■	■	■	■
	überblickt		■	■	■									
	unbekannt	■												
Lösungen	vernetzt									■	■	■	■	■
	strukturiert							■	■	■	■	■	■	■
	verdichtet								■	■	■	■	■	■
	bekannt							■	■	■	■	■	■	■
	überblickt		■	■	■									
	unbekannt	■												
Eigenschaften	vernetzt													
	strukturiert													
	verdichtet											■	■	■
	bekannt											■	■	■
	überblickt		■	■	■	■	■	■	■	■	■			
	unbekannt	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			

Bild 129: Veränderung von Objekteigenschaften im Laufe des Entwicklungsprozesses

Beim Objekt **Situation** wurden lediglich drei Ausprägungen belegt: unbekannt, überblickt, bekannt. Der endgültige Status ‚bekannt‘ wurde bereits nach dem dritten Prozessschritt erreicht. Andere Ausprägungen machten in diesem Prozess in den Augen des Studenten wenig Sinn, da die Problemstellung sehr konkret war und das zu entwickelnde Produkt nur eine geringe Komplexität aufwies. Die **Anforderungen** wurden durch Erstellung der Anforderungsliste im ersten Prozessschritt überblickt und konnten durch eine Konsistenzmatrix im dritten Prozessschritt vernetzt werden. Auch hier wurden nur drei Ausprägungen gewählt. Eine zusätzliche Ausprägung ‚verifiziert‘ würde nach Meinung des Studenten Sinn ergeben. Sie wäre dann erreicht, wenn die ausgearbeiteten Konzepte auf ihre Anforderungen hin überprüft werden und diese erfüllen bzw. im abgesicherten Rahmen von ihnen abweichen.

³³ VON SAUCKEN spricht hier von ‚Artefakten‘ [VON SAUCKEN 2007, S. 7]. Das Konzept entspricht aber weitestgehend den Betrachtungsobjekten, wie sie in Kapitel 5.2.1.1 diskutiert worden waren.

Probleme als Schnittstelle zwischen Zielklärung und Lösungssuche wurden in diesem Fall zunächst durch eine Black Box formuliert bzw. überblickt. Konkret ermittelt wurden die Probleme schließlich in Prozessschritt drei in unterschiedlichen Funktionsmodellen. Danach wurden sie durch die konkrete Sammlung von Problemformulierungen in einem einzigen Dokument weiter verdichtet. Diese stellten den endgültigen Status dar, welcher Grundlage für die Lösungssuche war. Auch bei diesem Objekt erscheint eine Ausprägung ‚verifiziert‘ sinnvoll, wenn die Problemstellungen in den fertigen Konzepten nachweislich gelöst wurden.

Auffällig ist die Entwicklung des Betrachtungsobjekts **Lösungen**. Nachdem anfangs ein Überblick über mögliche Lösungen gefunden wurde, konnte durch den Einsatz unterschiedlicher Methoden der Lösungssuche der Status der Lösungen nach Prozessschritt fünf in ‚bekannt‘ geändert werden. Die Erstellung des Morphologischen Kastens in Schritt sechs strukturierte das Lösungsfeld. Die folgende Anpassung des Morphologischen Kastens mit der Optimierung der Lösungen wurde als Verdichtung der Lösungen dargestellt, um im nächsten Prozessschritt durch die Konzeptsynthese die Teillösungen zu vernetzen. Zuletzt wurde die Menge an Alternativen wieder durch eine Vorauswahl und Gewichtete Punktbewertung verdichtet. Vom Studenten wurde die zu geringe Auflösung des Betrachtungsobjekts Lösungen kritisiert. Er schlug eine Unterscheidung nach vorhandenen Lösungen, Teillösungen und Konzepten vor. Durch eine derartige Aufteilung hätten sich die einzelnen Objekte gleichmäßiger und nachvollziehbarer entwickelt. Andererseits wäre das System durch zwei zusätzliche Objekte weniger handlich und praktikabel geworden.

Der Verlauf des Betrachtungsobjekts **Eigenschaften** war über den gesamten Prozessverlauf monoton ansteigend. Eine erste und ausführliche Analyse der Eigenschaften erfolgte bereits im zweiten Prozessschritt, in welchem Rechercheergebnisse analysiert, geclustert und auf Stärken und Schwächen hin untersucht wurden. Damit wurden jedoch nur die Eigenschaften der vorhandenen Lösungen bestimmt, was als ‚Eigenschaften überblickt‘ dargestellt wurde. Als bekannt wurden die Eigenschaften erst zu dem Zeitpunkt definiert, als die eignen Konzepte näher analysiert wurden.

Als **wesentliche Stärke** einer systematischen Darstellung der Eigenschaftsausprägungen der Betrachtungsobjekte wurde vom Studenten in der Reflexion des Projekts genannt, dass sich der Projektverlauf im Nachhinein sehr gut darstellen lässt. Prozessschritte werden durch die Veränderungen der Objekteigenschaften beschrieben. Auch wurde gezeigt, dass nicht in jedem Prozessschritt alle Betrachtungsobjekte gleichermaßen eine Rolle spielen. Für die Orientierung im Prozess wurde der Ansatz ebenfalls als sehr wertvoll eingestuft. Die Auswahl an möglichen, aber noch nicht belegten Ausprägungen kann eine Empfehlung für das weitere Vorgehen geben, wenn sonstige Situationsbeschreibungen und Vorgehensmodelle keinen Profit bringen. Darüber hinaus wird durch diese Systematisierung die konsistente Verarbeitung von Datenflüssen begünstigt und dazu angeregt, Ergebnisse einer Methodenanwendung in folgenden Prozessschritten weiterzuverarbeiten. Insgesamt bestätigte das Projekt den Nutzen einer Situationsanalyse mittels der Eigenschaften relevanter Betrachtungsobjekte.

6.3 Allgemeine Diskussion und Bewertung des Ansatzes

Die beschriebenen Projekte lieferten konkrete Indizien für die positive Wirkung des Lösungsansatzes. Eine allgemeine Bewertung der Arbeit erfolgt in zweierlei Hinsicht. Zunächst wird geprüft, ob der Lösungsansatz die an ihn gestellten Anforderungen erfüllt. Danach wird der Frage nachgegangen, ob die Arbeit wissenschaftlichen Kriterien genügt.

6.3.1 Bewertung hinsichtlich Anforderungserfüllung

Zur Untersuchung der **Anforderungserfüllung** werden die Kriterien herangezogen, die in Kapitel 3.4 und Kapitel 4.4 diskutiert worden waren. Bild 130 gibt einen Überblick über die Anforderungen an den Lösungsansatz einerseits und die Ergebnisse der Arbeit andererseits. In der dritten Spalte der Tabelle wird jeweils begründet bzw. erläutert, auf welche Art und Weise die Anforderungen in den Ergebnissen berücksichtigt wurden.

Wesentliche Ergebnisse im **Themenbereich Entwicklungssituation** stellen das Beschreibungsmodell der Entwicklungssituation, die Morphologie der Entwicklungssituation und die Situationsanalyse als Schritt eins der Anwendungsmethodik dar. Die Forderung nach einer aufwandsarmen Situationsanalyse wurde durch die Unterscheidung in den direkten und indirekten Kontext der Entwicklungssituation gelöst. Die Erfassung des direkten Kontextes ist jederzeit schnell möglich. Die Bestimmung von Parametern des indirekten Kontextes stellt eine etwas umfassendere Beschäftigung mit der Entwicklungssituation dar, muss aber dafür seltener vorgenommen werden als die Analyse des direkten Kontextes.

Im **Themenbereich Aufgaben** wurden ein Beschreibungsmodell für Aufgaben in Form von Prozessbausteinen, ein Prozessbaukasten für die Konzeptentwicklung und die Aufgabenauswahl als Schritt zwei der Anwendungsmethodik definiert. Die geforderte Flexibilität bei der Bestimmung des Vorgehens ist im Vergleich zu konventionellen Vorgehensmodellen dadurch realisiert, dass keine Aufgabensequenzen vordefiniert wurden, sondern Prozessbausteine situativ ausgewählt werden. Diese Auswahl wird dabei durch die Situationsanalyse unterstützt. Vermutlich ergeben sich viele Schritte im Vorgehen als logische Konsequenz, so dass ein Situationscheck nach jedem Arbeitsschritt zur Ermittlung des nächsten sinnvollen Schritts zu aufwändig wäre. Daher eignet sich der Ansatz vor allem zur Identifikation von Handlungsoptionen in Problemsituationen.

Im **Themenbereich Methoden** wurden schließlich ein Beschreibungsmodell für Methoden, ein Methodenbaukasten für die Konzeptentwicklung und die Schritte drei und vier der Anwendungsmethodik (Methodenauswahl, Methodenanwendung) erarbeitet. Grundlage für die situationsspezifische Methodenauswahl ist eine Kontext- und Methodenklassifikation, welche den Vergleich zwischen Situation und Methoden auf Basis der Übereinstimmung zwischen Kontextfaktoren und Kontextbedingungen ermöglicht. Die konkrete Umsetzung dieses in der Theorie recht vielversprechenden Mechanismus erwies sich als nicht ganz trivial. An verfügbaren Kriterien mangelt es nicht, zum Teil war es aber schwierig, Ausprägungen zu definieren, die sinnvolle Rückschlüsse ermöglichen. Weder die Situation noch die Methode lassen sich letztendlich komplett in ein derart starres Raster fassen. Letztendlich wurden fünf Merkmale verwendet: Neuheitsgrad der Aufgabe, Komplexität der Aufgabe,

Methodenerfahrung des Anwenders, Anwenderzahl und zeitliche Restriktionen. Diese dienen in erster Linie dem Vergleich von auf Basis der Aufgabe vorausgewählten Methoden, nicht der Einordnung in einer absoluten Skala. Eine Synektik-Sitzung verursacht beispielsweise in der Regel mehr Aufwand als eine „normale“ Brainstorming-Sitzung. Eine Angabe der Zeitdauer in Stunden macht jedoch keinen Sinn, da diese wiederum von sehr vielen Einflussfaktoren abhängt.

Anforderungen	Ergebnisse	Bewertung, Erläuterung
Themenbereich Entwicklungssituation		
Geeignete Form der Situationsbeschreibung: - Wenige aussagekräftige Situationsmerkmale; - Bestimmung von sinnvollen Ausprägungen möglich; - Relevanz hinsichtlich der Auswahl von Aufgaben und Methoden	Beschreibungsmodell der Entwicklungssituation Morphologie der Entwicklungssituation	Unterscheidung in direkten und indirekten Kontext: Definition von Parametern mit Bezug zu Aufgaben einerseits und Methoden andererseits Direkter Kontext: Definition von Betrachtungsobjekten und deren Eigenschaften mit Relevanz für die Konzeptentwicklung; Indirekter Kontext: Definition von Kontextfaktoren; Auswahl von fünf Kontextfaktoren für einen Vergleich zwischen Situation und Methoden
Unterstützung einer entwicklungsbegleitenden, aufwandsarmen Situationsanalyse	Anwendungsmethodik Schritt eins: Situationsanalyse	Unterscheidung in direkten und indirekten Kontext; Direkter Kontext: schneller Situationscheck möglich; indirekter Kontext: aufwändiger, aber seltener durchzuführen
Themenbereich Aufgaben		
Adäquate Beschreibung von Prozessbausteinen als Vorgehenselemente anhand geeigneter Kriterien	Beschreibungsmodell für Aufgaben (Prozessbausteine)	Beschreibungsformat für Prozessbausteine enthält wenige aber relevante Kriterien für eine Erläuterung der Charakteristik der Aufgaben und eine Verknüpfung mit Situation und Methoden
Geeignete Granularität und Spezifität	Prozessbaukasten für die Konzeptentwicklung (Sammlung mit 18 Prozessbausteinen)	Herleitung der Prozessbausteine durch Betrachtung verschiedener Hierarchieebenen in unterschiedlichen Vorgehensmodellen
Berücksichtigung verschiedener Sichten		Herleitung der Prozessbausteine auf Basis des Vergleichs mehrerer Vorgehensmodelle, die verschiedene Sichten abbilden
Gewährleistung einer hohen Flexibilität bei guter Handhabbarkeit	Anwendungsmethodik Schritt zwei: Aufgabenauswahl	Aufgabenauswahl auf Basis der Situationsanalyse; keine Orientierung an starrem Vorgehensplan
Themenbereich Methoden		
Adäquate Beschreibung von Methoden anhand geeigneter Kriterien	Beschreibungsmodell für Methoden	Dreigeteilte Methodenbeschreibung mit unterschiedlicher Funktion der Komponenten (siehe unten)
Auswahl von Methoden in einem Methodenkatalog passend zum Anwendungsgebiet	Methodenbaukasten für die Konzeptentwicklung (Sammlung mit 36 Methoden)	Klare Regeln für Auswahl von Methoden für den Katalog (Arbeitsmethoden! Keine Methodiken, Elementarmethoden etc.); Prozessbausteine-Methoden-Matrix als Übersicht (garantiert z. B. dass für jeden Prozessbaustein mindestens eine Methode definiert wurde)
Zielgerichteter Zugriff auf relevante Informationen unter Berücksichtigung situativer Informationsbedürfnisse der Anwender	Anwendungsmethodik Schritt drei: Methodenauswahl; Schritt vier: Methodenanwendung	Bereitstellung je nach Informationsbedürfnis: 1) Methodensteckbrief: Übersicht, Bewertung bzgl. Aufgabe, Vorauswahl 2) Kontextbedingungen: Vergleich, Bewertung bzgl. Situation, Endauswahl 3) Anwendungsdetails: Anwendung, Vertiefung

Bild 130: Bewertung der Ergebnisse dieser Arbeit hinsichtlich der Anforderungen

6.3.2 Bewertung hinsichtlich Erfüllung wissenschaftlicher Kriterien

Für die Bewertung von Forschungsergebnissen hinsichtlich der **Güte der wissenschaftlichen Arbeit** stellt PULM einen Kriterienkatalog auf, der in Bild 131 dargestellt ist [PULM 2004, S. 53]. Darüber hinaus sind in Bild 132 Kriterien zur Bewertung von Modellen dargestellt, die dem Decision-Calculus-Ansatz entnommen sind ([LITTLE 1970], zitiert nach [BERGER 1998, S. 151]). Der Ansatz besagt, dass ein Modell nur dann einen praktischen Nutzen hat, wenn es zu besseren Entscheidungen führt. BERGER wendet diese Modellanforderungen auf das von ihm entwickelte System der Methodenauswahl an. Auch für diese Arbeit können die Kriterien zur Diskussion der Ergebnisse herangezogen werden. Im Folgenden wird auf einige wesentliche Aspekte eingegangen.

Nr	Kriterien	Erklärung	Schwierigkeit
1	Reduzierend	Vereinfachte Darstellung/Erklärung der Welt	Aussagefähigkeit
2	Wiederholbar/ reproduzierbar	Erneute Durchführung der forscherschen Tätigkeit führt zu dem gleichen Ergebnis	Veränderung des Betrachtungsgegenstands
3	Widerlegbarkeit	Ergebnisse sind so formuliert, dass sie angefochten werden können.	Widerspricht Objektivität
4	Widerspruchsfrei	Stellen ein in sich geschlossenes, logisches System dar	Existenz widersprüchlicher Wahrheiten
5	Nachprüfbar/ nachvollziehbar	Der Weg der Erkenntnisfindung ist im Detail erklärbar	Subjektive Wahrnehmung
6	Innovativ	Die Ergebnisse sind neu, zumindest innerhalb eines bestimmten Systems.	Bekanntheit/ Bezugsrahmen
7	Vorsichtig/ neutral/klar	Ergebnisse und Darstellung werden von Dogmen und Überzeugungen getrennt	Fortschritt basiert auf radikaleren Ansätzen
8	Objektiv/personenunabhängig	Verschiedene Personen kommen bei ähnlichem Vorgehen zu ähnlichen Ergebnissen	Wahrnehmung an sich subjektiv
9	Validität/ Gültigkeit	Ergebnisse sind für unterschiedliche Systeme oder Ereignisse gültig.	Abgrenzung des Gültigkeitsraumes

Bild 131: Kriterien wissenschaftlicher Arbeit (nach [PULM 2004, S. 53])

Nr	Kriterien	Erklärung
1	Einfachheit	Konzentration auf das Wesentliche
2	Benutzersicherheit	Hilfestellung insbesondere für Nicht-Fachleute
3	Prüfbarkeit	bzgl. Argumentation und Zustandekommen von Ergebnissen
4	Adaptionsfähigkeit	Möglichkeit der Integration neuer Erkenntnisse
5	Vollständigkeit	Integration aller entscheidungsrelevanter Informationen
6	Kommunikationsfähigkeit	Durchdachte "Benutzerschnittstelle"

Bild 132: Kriterien zur Bewertung von Modellen (nach [LITTLE 1970], [BERGER 1998, S. 151])

Als erstes Kriterium wird die **Einfachheit** diskutiert. Die Tatsache, dass drei einzelne Themenbereiche integriert betrachtet werden (Situation, Aufgaben, Methoden), sorgt zunächst für eine höhere Komplexität. Bei der Darstellung des Gesamtansatzes wurde ein Modell entwickelt, das die aufeinander aufbauenden Komponenten (Beschreibungsmodell, Informationssammlung, Anwendungsmethodik) als übereinander angeordnete Ebenen enthält. Orthogonal dazu sind vier Sichten angeordnet (Situationen, Aufgaben, Methoden, Verknüpfung), so dass sich der Gesamtansatz letztendlich in zwölf Elemente unterteilen lässt (siehe Bild 133). Jeder Themenbereich wird also auf dieselbe Art und Weise adressiert (Beschreibung, Sammlung, Anwendung), was zur Erhöhung der Transparenz beiträgt.

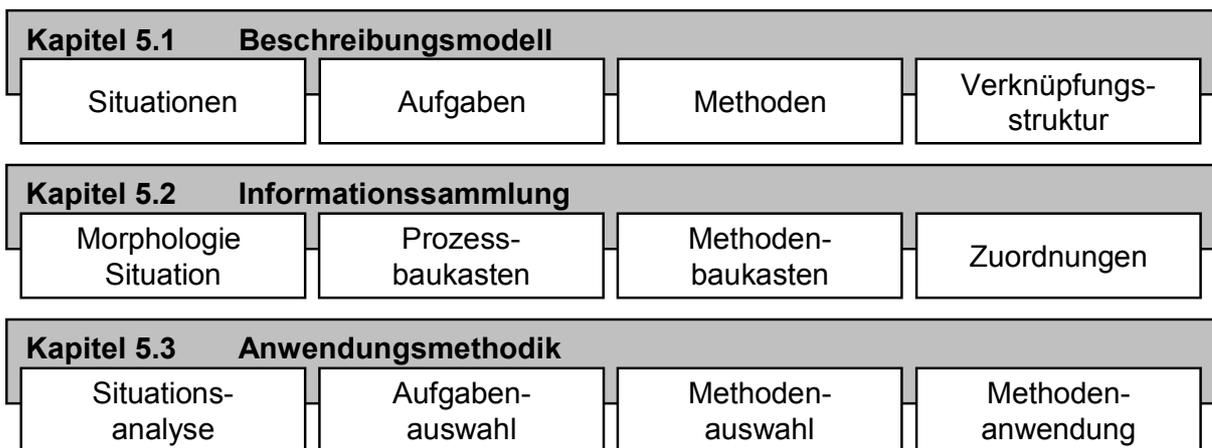


Bild 133: Darstellung des Gesamtansatzes

Die **Vollständigkeit** der Ergebnisse lässt sich auf verschiedene Aspekte beziehen. Der Lösungsansatz an sich repräsentiert eine vollständige Einheit bestehend aus Beschreibungsmodell, Informationssammlung und Anwendungsmethodik (vertikale Sichtweise in Bild 133). Diese Komponenten stellen die Grundlage füreinander dar bzw. bedingen sich gegenseitig. Die adressierten Aspekte stellen ebenfalls eine geschlossene Einheit dar (horizontale Sichtweise in Bild 133). Viele Arbeiten konzentrieren sich nur auf einzelne Aspekte: Darstellung und Analyse der Situation ohne Ableitung von entsprechenden Maßnahmen im Entwicklungsprozess, Planung des Vorgehens ohne Berücksichtigung der einzusetzenden Methoden, Auswahl von Methoden ohne Berücksichtigung der zu unterstützenden Aufgaben etc. Die Anwendungsmethodik dieser Arbeit bietet hier Unterstützung bei der kompletten Bearbeitung eines Arbeitsschritts, von der Bedarfserkennung für methodisch-systematisches Handeln, bis hin zur Dokumentation der Ergebnisse nach der Methodenanwendung.

Auch die im Rahmen der Arbeit entstandene Informationssammlung lässt sich hinsichtlich der Vollständigkeit diskutieren. Für die Auswahl an Aufgaben und Methoden erfolgte eine Orientierung an verschiedenen Quellen in der Literatur. Die im Prozessbaukasten enthaltenen Aufgaben haben einen Fokus auf die technische Konzeptentwicklung. Aufgaben aus anderen Bereichen (z. B. Projektmanagement) wurden hier bewusst nicht integriert, da dies den Rahmen der Arbeit gesprengt hätte. Der Prozessbaukasten ist hierfür prinzipiell offen, eine Ergänzung um weitere Prozessbausteine ist jederzeit möglich. Auch die Anzahl der Methoden im Methodenbaukasten ist beschränkt, was bei der Auswahl der Methoden argumentiert wurde. Jedoch kann auch die Sammlung der Methoden problemlos erweitert werden.

Ein weiteres wichtiges Kriterium Prüfbarkeit bzw. **Nachvollziehbarkeit**. Es wurde Wert darauf gelegt, die bei der Entwicklung des Ansatzes getroffenen Entscheidungen zu begründen, um dadurch das Zustandekommen von Ergebnissen nachvollziehbar zu gestalten. Beispielsweise wurde die Auswahl an Kriterien für die Beschreibung von Prozessbausteinen und Methoden explizit begründet mit der Funktion, welche diese Kriterien besitzen. Die Auswahl an Prozessbausteinen und Methoden für die Informationssammlung erfolgte ebenfalls nach klaren Regeln, die zuvor explizit formuliert worden waren. Eine wesentliche Orientierung boten hier die Dimensionen der Granularität und Spezifität.

Die Frage nach der Gültigkeit des Ansatzes ist eng mit der Thematik der Adaptionfähigkeit bzw. **Übertragbarkeit** der generierten Erkenntnisse gekoppelt. Eine Übertragung des Ansatzes kann auf verschiedenen Ebenen ansetzen: einmal kann dies die Übertragung auf weitere Anwendungsgebiete sein. Diese Übertragung wird durch den generischen Charakter des Lösungsansatzes ermöglicht. Situationen, Aufgaben und Methoden stellen allgemeine Konzepte dar, die sich in vielen Anwendungsgebieten ausprägen lassen. Die Konkretisierung im Bereich der Konzeptentwicklung bezieht sich im Wesentlichen auf die Auswahl konkreter Elemente für den Informationsspeicher und die Befüllung der Struktur mit spezifischen Inhalten. Sowohl das Beschreibungsmodell als auch die Anwendungsmethodik lassen sich auf andere Arten von Situationen, Aufgaben und Methoden übertragen.

PULM betont die Wichtigkeit der Betrachtung von Methoden als Produkte und einer **reflexiven Methodenanwendung**, d. h. der Anwendung von Methoden auf sich selbst [PULM 2004, S. 116]. Gemäß diesem Prinzip lässt sich die entwickelte Anwendungsmethodik selbst als Sammlung von Aufgaben und Methoden auffassen. Die zwölf Schritte der Anwendungsmethodik können als Prozessbausteine interpretiert werden, denen Methoden und Werkzeuge zugeordnet sind. Dem Prozessbaustein ‚Bedarfserkennung‘ ist z. B. als Werkzeug eine Checkliste zugeordnet. Im Prozessbaustein ‚Erfassung und Analyse der Ist-Situation‘ können alternativ die Methode der Modellierung Kritischer Situationen nach [FRANKENBERGER 1997] oder die Methode zur ganzheitlichen Analyse der Entwicklungssituation nach [DEMERS 2000] Anwendung finden etc. Zur Nutzung der Informationssammlung für die methodische Konzeptentwicklung wurde also selbst eine Informationssammlung erstellt. Gemäß dem Ansatz dieser Arbeit, der eine flexible Handhabung von Vorgehensmodellen verfolgt, können die einzelnen Aufgaben situativ ausgewählt werden, d. h. es müssen nicht alle zwölf Schritte sequenziell abgearbeitet werden. Sind auszuführende Methoden bereits bekannt, kann direkt in die Schritte der Methodenanpassung bzw. der Methodenanwendung eingestiegen werden. Gewissermaßen stellt das die Anwendung der im Rahmen dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse auf die Ergebnisse der Arbeit dar.

Ein weiterer Aspekt ist die **Übertragbarkeit in die industrielle Praxis**. Der Lösungsansatz ist im akademischen Umfeld entwickelt und anhand von studentischen Entwicklungsprojekten ansatzweise überprüft worden. Der Unterschied zwischen akademischen und industriellen Projekten wurde bereits in Kapitel 2.4.2 ausführlich adressiert. In Studentenprojekten ist eine gewisse Grundmotivation zum Methodeneinsatz vorhanden. Diese kann in der Industrie nicht prinzipiell vorausgesetzt werden. Die Akzeptanz des Ansatzes bei potenziellen Anwendern in der Industrie lässt sich messen am Verhältnis zwischen dem verursachten Aufwand und dem generierten Nutzen. Grundvoraussetzung für den Erfolg des Ansatzes ist, dass Entwickler bereit sind, aktiv über ihre Situation zu reflektieren. In einem am Lehrstuhl für Produktentwicklung organisierten Workshop zur Diskussion der Methodenanwendung in der Industrie wurde darauf hingewiesen, dass diese Bereitschaft zur Reflexion der Entwicklungssituation (also im Prozess inne zu halten, um über das eigentliche Problem nachzudenken etc.) bei Entwicklern in der Praxis oft nicht grundsätzlich gegeben sei. Auf die Frage hin, wie daher Entwickler zur aktiven Situationsreflexion motiviert werden könnten, wurden unter anderem die Vorschläge genannt, dass den Entwicklern zum einen der Nutzen dieser Reflexion klar sein müsse, zum anderen praxisgerechte Hilfsmittel zur Verfügung gestellt werden müssten, beispielsweise in Form einfacher Checklisten.

Letztendlich hat wissenschaftliches Arbeiten und Forschen neues Wissen, neue Erkenntnisse zu schaffen. Daher wird abschließend der **Neuheitsgrad** im Lösungsansatz bzw. in den einzelnen Ergebnissen diskutiert. Das Neue ist insbesondere in dem integrativen Charakter des Lösungsansatzes zu sehen, der die Themenbereiche Situation, Aufgaben und Methoden vereint. Dabei wurde eine Vielzahl existierender Forschungsergebnisse integriert. Die Schwierigkeit liegt darin, dass es an einheitlichen Terminologien mangelt und eine Vielzahl an Ansätzen, die z. T. nicht klar definiert sind, parallel existiert. Daher wurde besonderer Wert auf eine sorgfältige Definition des Begriffs ‚Entwicklungssituation‘ gelegt, der bisher in der Regel sehr schwammig gehandhabt wurde³⁴.

6.4 Offene Punkte und zukünftiges Forschungspotenzial

Die Unterstützung von Entwicklungsprozessen ist ein sehr weites Forschungsfeld mit vielen Problemen, die derzeit nicht gelöst sind. In dieser Arbeit wurden notwendigerweise Einschränkungen getroffen und Schwerpunkte gesetzt. Somit bieten sich eine Reihe von zukünftigen Forschungsaktivitäten an, für welche diese Arbeit die Grundlage darstellt. Die einzelnen Forschungsthemen sind in Bild 134 dargestellt und werden im Folgenden erläutert.

Nr	Forschungsthemen	Erläuterung
1	Integration in die übergeordnete Prozessplanung und das Projektmanagement	Prozesskonfiguration; Übergang der Betrachtung von einzelnen Situationen, Aufgaben, Methoden zur gesamt-haftigen Betrachtung von Projekten bzw. Projektphasen
2	Integration von Erfahrungswissen	Untersuchung von konkreter Anwendungserfahrung; Dokumentation und Bereitstellung von Fallbeispielen
3	Berücksichtigung von Nutzerbedürfnissen	Optimale Gestaltung der Nutzer-Schnittstelle; Berücksichtigung ergonomischer und pädagogischer Aspekte
4	Übertragung des Ansatzes auf weitere Themengebiete	Formulierung von Situationen, Aufgaben und Methoden mit Relevanz für das jeweilige Anwendungsgebiet
5	Weiterentwicklung der technischen Umsetzung	Integration intelligenter Suchmechanismen, Nutzerfeedback oder Vernetzungsmechanismen

Bild 134: Offene Punkte und potenzielle zukünftige Forschungsaktivitäten

Der erste Aspekt ist die **Integration in die übergeordnete Prozessplanung**. Im Rahmen dieser Arbeit wurden Aspekte des Projektmanagements, d. h. die Verknüpfung von Aufgaben mit der übergeordneten Prozessdefinition und mit Fragen der Organisation (Verantwortlichkeiten, Ressourcen, Kapazitäten) nicht untersucht. Es wurde auf die Vernetzung von Prozessbausteinen bzw. eine Prozesskonfiguration (vgl. [BICHLMAIER 2000], [GRUNWALD 2002], [BAUMBERGER & LINDEMANN 2006]) verzichtet. Daher stellt sich die Frage, wie sich der Übergang von der einzelnen Entwicklungssituation zu einer Menge an Entwicklungssituationen in einem bestimmten Zeitraum (Projektphase, Gesamtprojekt) darstellt. In der Praxis wird es vermutlich nicht nach jedem Arbeitsschritt notwendig sein, eine ausführliche Situationsanalyse durchzuführen um verschiedene Handlungsoptionen gegenseitig abzuwägen. Viele Prozessschritte ergeben sich als „logische Konsequenz“ aus vorangegangenen

³⁴ Die sehr ausführliche Definition von REYEMEN stellt hier eine Ausnahme dar [REYEMEN 2001].

Schritten. Somit müsste es möglich sein, größere Ketten mehrerer Prozessbausteine als vordefinierte Module zu definieren, und gewisse Prozessmuster im Voraus als Art „Standards“ zu generieren. Die Weiterführung dieser Gedanken hätte den Rahmen dieser Forschungsarbeit gesprengt, bietet sich aber als Folgearbeit an. Derartige Überlegungen sind auch auf Ebene der Methoden möglich. So stellen viele übergeordnete Methoden, die hier als Methodiken bezeichnet werden (z. B. FMEA, QFD, Szenariotechnik) die Kombination einzelner Arbeitsmethoden dar. Analog zur Prozesskonfiguration kann hier eine sinnvolle Methodenkonfiguration oder die Definition von „Methodenfahrplänen“ [GÜNTHER 2006] untersucht werden.

Ein zweiter Aspekt ist die **Integration von Erfahrungswissen**. Durch die Analyse der konkreten Anwendung des Ansatzes in Entwicklungsprojekten könnten neue Elemente (Prozessbausteine, Methoden) hinzugefügt, oder irrelevante Elemente entfernt werden. Ferner könnten Zuordnungen zwischen Situationen, Aufgaben und Methoden im System optimiert werden. Anwendererfahrungen könnten im System als Fallbeispiele bzw. Best Practices zur Verfügung gestellt werden. Durch diese kann beim Nutzer das Verständnis für die Wirkungsweise von Methoden am konkreten Projekt gestärkt werden. Er erhält dadurch eine bessere Vorstellung davon, wie sich die konkrete Methode auf seine spezielle Situation hin adaptieren und anwenden lässt. Hierfür müssten geeignete Vorlagen geschaffen werden, die eine Dokumentation von Fallbeispielen mit wenig Aufwand ermöglichen. Folgearbeiten könnten sich damit beschäftigen, wie gezielt Erfahrungen in Bezug auf die situative Auswahl von Aufgaben und Methoden sowie deren Anwendung im Prozess aus realen Entwicklungsprojekten gewonnen, aufbereitet und für neue Situationen nutzbar gemacht werden können.

Ein dritter Aspekt stellt die stärkere **Berücksichtigung von Nutzerbedürfnissen** dar, um bei der Vermittlung des Ansatzes an Anwender die Nutzerfreundlichkeit zu gewährleisten. Damit ist insbesondere die optimale Gestaltung der Nutzer-Schnittstelle gemeint, was die Berücksichtigung ergonomischer und pädagogischer Aspekte erfordert. Die Ermöglichung unterschiedlicher Einstiege in die Inhalte der Informationssammlung über verschiedene Sichten ist ein erster Schritt in diese Richtung.

Ein vierter Aspekt ist die **Übertragung des Ansatzes auf weitere Themengebiete**. Es wurde mehrfach betont, dass eine Übertragung z. B. auf die Produktplanung, das Qualitätsmanagement, den Produktentwurf etc. prinzipiell möglich ist. Dies erfordert die Formulierung von Situationen, Aufgaben und Methoden, die für das jeweilige Anwendungsgebiet Gültigkeit und Relevanz aufweisen. Beispielweise wäre zu prüfen, ob dieselben Grundobjekte (Ziele, Lösungen, Eigenschaften etc.) verwendet werden können und ob dieselben Kontextfaktoren relevant sind. Vermutlich können einzelne Elemente der Sammlung für die Konzeptentwicklung (z. B. Prozessbausteine, Methoden) übernommen werden. Somit wäre kein kompletter Neuaufbau, sondern eine Anpassung der bestehenden Sammlung notwendig.

Als letzter Aspekt wird die **Weiterentwicklung der technischen Umsetzung** diskutiert. Dies bezieht sich auf die Integration intelligenter Suchmechanismen (z. B. eine ontologiebasierte Suche, vgl. [PONN ET AL. 2006]) oder Nutzerfeedback in das System (z. B. Bewertung einer Methodenanwendung im Sinne einer Rezension). Die Erstellung von Zuordnungen im Rahmen des präsentierten Ansatzes setzt noch einen hohen Anteil manueller Arbeit voraus, was Aufwand verursacht und Expertise erfordert. Hier wäre zu prüfen, inwiefern eine in stärkerem Maße automatisierte Vernetzung von Wissensinhalten möglich und sinnvoll ist.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Dieses Kapitel gibt zunächst die Ausgangssituation und Zielsetzung der Arbeit wieder, gefolgt von der Beschreibung des Lösungsansatzes und der konkreten Ergebnisse (Kapitel 7.1). Den Abschluss dieser Arbeit bildet ein Ausblick auf zukünftige Forschungsaktivitäten, für welche diese Arbeit die Grundlage bereitet hat (Kapitel 7.2).

7.1 Zusammenfassung

Entwicklungssituationen sind sehr unterschiedlich und geprägt durch eine Vielzahl von Einflussfaktoren, z. B. den Eigenschaften der beteiligten Personen, den zu bearbeitenden Aufgaben, den Rahmenbedingungen des Entwicklungsprojekts etc. In der Literatur wird häufig betont, dass Entwicklungsprozesse einer situationsspezifischen Unterstützung bedürfen. Dies bedeutet, dass die Einflussfaktoren der Entwicklungssituation bei der Planung und Gestaltung der Prozesse Berücksichtigung finden müssen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Einflussfaktoren der Situation teilweise große Unterschiede in ihrer Relevanz für die Prozessgestaltung und der Dynamik, mit der sie Änderungen unterlegen sind, aufweisen.

Für die Unterstützung eines systematischen Vorgehens im Entwicklungsprozess existiert eine Vielzahl von Vorgehensmodellen, die dem Entwickler **Aufgaben** vorgeben und die Reihenfolge, in der sie zu bearbeiten sind. Probleme im Umgang mit Vorgehensmodellen entstehen teilweise durch ihren hohen Anspruch der Allgemeingültigkeit, wodurch sie prinzipiell für viele Situationen Gültigkeit besitzen, aber in spezifischen Situationen keine konkreten Handlungsanweisungen geben. Außerdem weisen viele Vorgehensmodelle eine sehr geringe Granularität auf, welche die Planung und Steuerung des Vorgehens auf der Ebene operativer Arbeitsschritte erschweren. Schließlich wird zwar eine flexible Handhabung von Vorgehensmodellen gefordert, aber noch nicht angemessen unterstützt.

Methoden der Produktentwicklung unterstützen eine zielgerichtete Ausführung von Aufgaben. Es ist eine Unmenge an Methoden verfügbar, die in der industriellen Praxis jedoch noch nicht das Maß an Akzeptanz gefunden hat, wie man es von Seiten der Methodenforschung erwarten würde. Dies liegt unter anderem daran, dass in konkreten Entwicklungssituationen kein zielgerichteter Zugriff auf geeignete Methoden erfolgt oder dass Methoden aufgrund mangelnder Kenntnis des Anwenders hinsichtlich der Ziele und Grenzen der Methoden falsch angewandt werden. Auch liegt der Fehler oft in den Methoden selbst: sie erweisen sich zu starr und zu unflexibel, um konkrete Aufgabenstellungen wirksam zu unterstützen.

Das übergeordnete **Ziel dieser Arbeit** bestand in der Entwicklung eines Lösungsansatzes zur situativen Unterstützung von Produktentwicklungsingenieuren bei ihrer täglichen Arbeit, insbesondere bei der Erarbeitung von Lösungskonzepten für technische Produkte. Dabei konzentriert sich die Unterstützung auf die Bestimmung geeigneter Aufgaben im Entwicklungsprozess und die Bestimmung angemessener Methoden zu deren Ausführung. Die Eignung von Aufgaben und Methoden hat sich dabei an der Entwicklungssituation zu orientieren.

Der **Lösungsansatz dieser Arbeit** zeichnet sich dadurch aus, dass eine integrierte Betrachtung der Themenbereiche Entwicklungssituation, Aufgaben und Methoden vorgenommen wird. Um eine situationsgerechte Unterstützung zu ermöglichen, wurde zunächst die Notwendigkeit gesehen, eine greifbare Vorstellung darüber zu gewinnen, was unter dem Begriff „Situation“ zu verstehen ist, und welche Form die „Unterstützung“ annehmen soll. Die **Ergebnisse dieser Arbeit** umfassen ein Beschreibungsmodell, eine Informationssammlung, eine Anwendungsmethodik und ein Rechnerwerkzeug.

Das **Beschreibungsmodell** besteht aus vier Teilmodellen, die sich jeweils auf die Entwicklungssituation, auf Aufgaben im Entwicklungsprozess, auf Methoden der Produktentwicklung und die Verknüpfung zwischen diesen Bereichen beziehen. Das Beschreibungsmodell der Entwicklungssituation unterscheidet zwischen direkten und indirekten Kontextfaktoren. Direkte Kontextfaktoren haben Bezug zu Betrachtungsobjekten im Entwicklungsprozess (z. B. Ziele, Funktionen, Lösungen etc.) und drücken deren aktuelle und gewünschte Eigenschaften aus (Ist-Situation bzw. Soll-Situation). Eigenschaften bestehen dabei aus Merkmalen (z. B. Anzahl) und Ausprägungen (z. B. keine, wenige, viele). Indirekte Kontextfaktoren können den Bereichen Entwicklungsaufgabe/Produkt, Entwickler/Team und Rahmenbedingungen zugeordnet werden. Sie werden ebenfalls als Kombination aus Merkmal (z. B. Komplexität der Aufgabenstellung) und Ausprägung (z. B. gering, mittel, hoch) formuliert. Das zweite Teilmodell sieht die Beschreibung von Aufgaben im Entwicklungsprozess als Prozessbausteine vor. Diese werden durch die Kriterien Name, Kurzbeschreibung, Abbildung, Aktivitäten, Input und Output beschrieben. Das dritte Teilmodell dient der Beschreibung von Methoden. Hier wird eine Unterscheidung in Methodensteckbrief, Anwendungsdetails und Kontextbedingungen vorgenommen. Der Methodensteckbrief stellt das Pendant zu den Prozessbausteinen dar und enthält die Kriterien Name, Kurzbeschreibung, Abbildung, Zweck, Voraussetzungen und Wirkung. Die Anwendungsdetails werden durch Vorgehen, Werkzeuge, Hinweise und Literatur beschrieben. Die Kontextbedingungen entsprechen den indirekten Kontextfaktoren im Modell der Entwicklungssituation.

Die Auswahl der Kriterien im Beschreibungsmodell basierte auf Relevanz in Bezug auf die spätere Anwendung des Modells. Wert wurde insbesondere darauf gelegt, mit Hilfe dieser Kriterien die Bereiche Situationen, Aufgaben und Methoden verknüpfen zu können. Daher wurde als viertes Teilmodell eine Verknüpfungsstruktur entwickelt, welche die grundlegenden Verknüpfungsmechanismen der Teilbereiche abbildet. Das gesamte Beschreibungsmodell bildet die Grundlage für alle weiteren Ergebnisse dieser Arbeit.

Die **Informationssammlung** besteht ebenfalls aus vier Teilen: einer Morphologie der Entwicklungssituation, einem Prozessbaukasten, einem Methodenbaukasten und Zuordnungsmatrizen zwischen den Teilsammlungen. Die Herleitung und Ausprägung einer konkreten Informationssammlung erfolgte für den Anwendungsbereich der Konzeptentwicklung technischer Produkte. Für die Beschreibung des direkten Kontextes (Ist- und Soll-Situation) wurden acht Grundobjekte und neun Merkmale zur Beschreibung ihrer Eigenschaften gewählt. Für die Beschreibung des indirekten Kontextes wurden Kontextfaktoren in den drei oben genannten Kontextbereichen definiert. Der Prozessbaukasten umfasst 18 Prozessbausteine, der Methodenbaukasten 36 Methoden. Zuordnungen zwischen den Elementen der einzelnen Komponenten der Sammlung wurden in Form von Matrizen erstellt.

Die Auswahl der Prozessbausteine und Methoden für die Informationssammlung basierte auf deren Relevanz und Eignung in Bezug auf die zuvor formulierten Anforderungen. Dabei spielten insbesondere die Dimensionen Granularität und Spezifität eine Rolle. Auf der einen Seite sollte eine Anwendbarkeit im Rahmen operativer Arbeitsschritte unterstützt werden, was zu allgemeingültige und zu grobgranulare Prozessbausteine und Methoden ausschließt. Auf der anderen Seite sollte der Ansatz aber noch handhabbar sein, was die Menge an Elementen in der Informationssammlung begrenzt und zu spezifische und feingranulare Prozessbausteine wie Methoden ebenso ausschließt. Ferner sollten verschiedene Sichten abgebildet werden, insbesondere die der Problemlösung und der Produktkonkretisierung. Dies wurde realisiert, indem eine Orientierung an mehreren Vorgehensmodellen erfolgte, welche diese Sichten adressieren.

Die Definition von direkten Kontextfaktoren (Betrachtungsobjekte und deren Eigenschaften) basierte auf der Anforderung, dass damit Schlüsse in Bezug auf geeignete Aufgaben in einer konkreten Situation abgeleitet werden können. Die Auswahl der indirekten Kontextfaktoren orientierte sich an der Fragestellung, ob diese relevant für eine Methodenauswahl sind. Für den Vergleich zwischen Situation und Methoden wurden von ursprünglich 21 definierten Kontextfaktoren letztendlich nur fünf konkrete Kontextfaktoren herangezogen, weil sich nur diese sinnvoll als Kontextbedingungen für die Methoden im Methodenbaukasten ausprägen ließen. Zwar wurde die Informationssammlung für ein konkretes Anwendungsgebiet erstellt. Das im Rahmen dieser Arbeit beschriebene Vorgehen sowie die Kriterien und Regeln, die zur Definition Kontextfaktoren, Prozessbausteinen und Methoden angewandt wurden, können jedoch auch für weitere Anwendungsbereiche genutzt werden.

Die **Anwendungsmethodik** beschreibt die Nutzung der Informationssammlung für die Unterstützung von operativen Entwicklungsprozessen. Sie wurde als Vorgehensmodell formuliert, das aus vier Hauptschritten besteht: Situationsanalyse, Aufgabenauswahl, Methodenauswahl und Methodenanwendung. Jeder der Hauptschritte teilt sich auf in jeweils drei Unterschritte, denen wiederum geeignete Methoden und Werkzeuge zugeordnet sind. Diese Hilfsmittel wurden zum Teil dem Stand der Forschung entnommen und teilweise selbst entwickelt. Dabei ist das Vorgehen, das die Anwendungsmethodik vorgibt, nicht als starrer Ablauf zu verstehen. Vielmehr kann basierend auf der Situation des Entwicklers bei jedem dieser Schritte eingestiegen werden. Besitzt der Entwickler beispielsweise Klarheit hinsichtlich seiner Situation, kann er direkt bei der Aufgabenauswahl einsteigen, es muss nicht nach jedem Arbeitsschritt ein neuer „Situationscheck“ durchgeführt werden. Und ist z. B. bekannt, welche Aufgabe durchzuführen ist, kann direkt ein Einstieg in den Schritt der Methodenauswahl erfolgen.

Zur Unterstützung des Aufbaus der Informationssammlung und der Anwendung der Methodik in konkreten Entwicklungsprozessen, wurde ein webbasiertes **Rechnerwerkzeug** konzeptionell entwickelt und prototypisch implementiert. Ein Nutzer des Systems kann die Schritte der Anwendungsmethodik durchlaufen, die als Nutzerdialog konzipiert sind. Er kann jedoch auch direkt auf die Aufgabenliste oder die Methodenliste zugreifen. Von Aufgaben bestehen Verknüpfungen zu Situationen und Methoden, von Methoden existieren Verknüpfungen zu Situationen und Aufgaben. Je nach Informationsbedürfnis des Anwenders existieren somit unterschiedliche Sichten und Einstiegsmöglichkeiten in die Informationssammlung.

Der Ansatz dieser Arbeit zeichnet sich darin aus, dass Situationen, Aufgaben und Methoden konsistent verknüpft werden. Die Konkretisierung erfolgte für das Themengebiet der Konzeptentwicklung technischer Produkte. Dieser Bereich wurde gewählt, da er zum einen im Rahmen der Produktentwicklung eine hohe Bedeutung besitzt. Zum anderen wurden hier noch sehr viele Defizite bezüglich der Unterstützung identifiziert. Der Lösungsansatz lässt sich jedoch auch auf andere Anwendungsgebiete übertragen. Dies konnte z. B. im Rahmen eines Forschungsprojekts in Kooperation mit einem Partner aus der Industrie gezeigt werden. Hier wurde ein Methodenbaukasten für das Product Lifecycle Management entwickelt und über verschiedene Mechanismen mit einem existierenden Referenzprozess verknüpft.

7.2 Ausblick

Es wurde eine Reihe von potenziellen zukünftigen Forschungsaktivitäten identifiziert, die abschließend nochmals kurz zusammengefasst werden. Zum einen ist die Integration des Lösungsansatzes in die übergeordnete Prozessplanung bzw. das Projektmanagement möglich. Hierbei wäre zu untersuchen, wie sich der Übergang von der einzelnen Entwicklungssituation zu einer Menge an Entwicklungssituationen in einem bestimmten Zeitraum (Projektphase, Gesamtprojekt) darstellt und wie demnach Aufgaben und Methoden zu größeren Netzwerken zu kombinieren bzw. zu konfigurieren sind.

Ein zweiter Aspekt ist die Integration von Erfahrungswissen entweder zur Optimierung der Inhalte und Verknüpfungen innerhalb der Informationssammlung oder zur Bereitstellung als Fallbeispiele. Durch die Integration von Fallbeispielen kann beim Nutzer das Verständnis für die Wirkungsweise von Methoden gestärkt werden und deren Anwendung verbessert werden. Hierfür müssten geeignete Vorlagen entwickelt werden, die eine Dokumentation von Fallbeispielen mit wenig Aufwand ermöglichen. Die stärkere Berücksichtigung von Nutzerbedürfnissen stellt ein weiteres mögliches Forschungsthema dar, was Fragen nach einer optimalen Gestaltung der Nutzer-Schnittstelle aufwirft und die Berücksichtigung ergonomischer und pädagogischer Aspekte erfordert. Hierdurch soll bei der Vermittlung des Ansatzes an Anwender die Nutzerfreundlichkeit gewährleistet werden.

Ein vierter Aspekt ist die Übertragung des Ansatzes auf weitere Themengebiete, z. B. auf die Produktplanung, das Qualitätsmanagement, den Produktentwurf etc. Dies erfordert die Formulierung von Situationen, Aufgaben und Methoden, die für das jeweilige Anwendungsgebiet Gültigkeit und Relevanz aufweisen. Vermutlich können Elemente aus der in dieser Arbeit entstandenen Informationssammlung für die Konzeptentwicklung übernommen werden. Schließlich ist die Weiterentwicklung der technischen Umsetzung ein mögliches Forschungsthema. Hier könnten Konzepte für die Integration intelligenter Suchmechanismen, die Realisierung von Nutzerfeedback in das System oder die Implementierung einer in stärkerem Maße automatisierten Vernetzung von Wissensinhalten entwickelt werden.

8 Literaturverzeichnis

AHMED, S. (2001):

Understanding the Use and Reuse of Experience in Engineering Design.
Cambridge University, UK: PhD thesis 1987.

AMBROSY, S. (1997):

Methoden und Werkzeuge für die integrierte Produktentwicklung.
Aachen: Shaker 1997. (Konstruktionstechnik München, Band 26).
Zugl. München: TU, Diss. 1996.

ANDREASEN, M. M.; HEIN, L. (1987):

Integrated Product Development.
Berlin: Springer 1987.

ANTON, T. (2003):

Methodische Entwicklung von Anzeigevorrichtungen für Schienenfahrzeuge.
Unveröffentlichte Diplomarbeit Nr. 953.
München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung 2003.

BADKE-SCHAUB, P.; FRANKENBERGER, E. (2004):

Management kritischer Situationen.
Berlin: Springer 2004.

BAUMBERGER, C.; LINDEMANN, U. (2006):

Requirement oriented process planning and configuration.
In: Jónsson, M. Þ.; Unnþórsson, R. (Eds.): Proceedings of NordDesign 2006, Reykjavik,
16.-18.08.2006, S. 244-254.

BENDER, B. (2004):

Erfolgreiche individuelle Vorgehensstrategien in frühen Phasen der Produktentwicklung.
Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 1, Nr. 377. Düsseldorf: VDI Verlag 2004.
Zugl. Berlin: TU, Diss. 2004.

BENDER, K.; DOMINKA, S.; KOÇ, A.; PÖSCHL, M.; RUSS, M.; STÜTZEL, B. (2005):

Embedded Systems – qualitätsorientierte Entwicklung.
Berlin: Springer 2005.

BERGER, B. (2004):

Modularisierung von Wissen in der Produktentwicklung – Ein Beitrag zur einheitlichen Auf-
bereitung und individuellen Nutzung in Lehre und Praxis.
Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 1, Nr. 376. Düsseldorf: VDI Verlag 2004.

- BERGER, M. K. (1998):
Effiziente Konzeption von Produktinnovationen – Innovationsprobleme und adäquate Methoden.
Aachen: Shaker 1998.
- BICHLMAIER, C.; GRUNWALD, S. (1998):
Prozessintegration mit Prozessbausteinen und ihre exemplarische Anwendung.
In: Kolloquium zur Entwicklung umweltgerechter Produkte (3. und 4. November 1998). Sonderforschungsbereich 392; Entwicklung umweltgerechter Produkte – Methoden, Arbeitsmittel und Instrumente, Darmstadt, Technische Universität Darmstadt, 1998. S. 103-106.
- BICHLMAIER, C. (2000):
Methoden zur flexiblen Gestaltung von integrierten Entwicklungsprozessen.
München: Utz 2000. (Produktentwicklung München, Band 39).
Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- BIRKHOFFER, H.; JÄNSCH, J.; KLOBERDANZ, H. (2005):
An extensive and detailed view of the application of design methods and methodology in industry.
In: Samuel, A.; Lewis, W. (Eds.): Proceedings of the ICED 2005. Melbourne, 15.-18.08.2005.
Barton: Institution of Engineers Australia 2005.
- BIRKHOFFER, H.; KLOBERDANZ, H.; BERGER, B.; SAUER, T. (2002):
Cleaning up Design Methods – describing Methods completely and standardised.
In: Marjanovic, D.: 7th International Design Conference – DESIGN 2002. Dubrovnik (Croatia), 14.-17.05.2002. Zagreb: Sveucilisna tiskara 2002.
- BIRKHOFFER, H.; LINDEMANN, U.; ALBERS, A.; MEIER, M. (2001):
Product Development as a Structured and Interactive Network of Knowledge - A Revolutionary Approach.
In: Culley, S.; Duffy, A.; McMahon, C.; Wallace, K. (Eds.): Proceedings of the ICED 2001. Glasgow, 21.-23-08.2001. Bury St. Edmunds: IMechE 2001.
- BLESSING, L. T. M. (1994):
A Process-Based Approach to Computer-Supported Engineering Design.
University of Twente, Enschede, the Netherlands: PhD thesis 1994.
- BLESSING, L. T. M. (2002):
What is this thing called design research?
Annals of the 2002 International CIRP Design Seminar, Hong Kong, 14-16 May 2002, pp. 1-6.
- BLESSING, L. T. M.; CHAKRABARTI, A.; WALLACE, K. M. (1998):
An Overview of Descriptive Studies in Relation to a General Design Research Methodology.
In: Frankenberger, E.; Badke-Schaub, P.; Birkhofer, H. (Eds.): Designers. The Key to Successful Product Development. London: Springer 1998. pp. 42-56.

BOULDING, K. E. (1956):

General Systems Theory – The Skeleton of Science.
Management Science. Vol. 2, No. 3, April 1956, pp. 197-208.

BRAEDT, H. (2004):

Entwicklung eines Force-Feedback-fähigen Kommunikationswerkzeuges zur Unterstützung der Teambildungsprozesse in verteilten Teams.
Unveröffentlichte Diplomarbeit Nr. 968.
München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung 2004.

BRAUN, T. (2005):

Methodische Unterstützung der strategischen Produktplanung in einem mittelständisch geprägten Umfeld.
München: Dr. Hut 2005. (Produktentwicklung, Band 60).
Zugl. München: TU, Diss. 2005.

BROCKHAUS (1996):

Brockhaus – Die Enzyklopädie in 24 Bänden. 20. überarbeitete und aktualisierte Auflage.
Leipzig – Mannheim: F. A. Brockhaus 1996.

BULLINGER, H.-J.; WARSCHAT, J. (1996):

Concurrent Simultaneous Engineering Systems.
London: Springer 1996.

CANTAMESSA, M. (2001):

Design research in perspective – a meta-research on ICED 97 and ICED 99.
In: Culley, S.; Duffy, A.; McMahan, C.; Wallace, K. (Eds.): Proceedings of the ICED 2001.
Glasgow, 21.-23-08.2001. Bury St. Edmunds: IMechE 2001.

CHAKRABARTI, A. (2006):

Defining and supporting design creativity.
In: Marjanovic, D. (Ed.): International Design Conference - Design 2006 Dubrovnik (Croatia),
15.-18.05.2006. Zagreb: Sveucilisna tiskara 2006.

CLARKSON, P. J.; HAMILTON, J. R. (2000):

‘Signposting’, A Parameter-driven Task-based Model of the Design Process.
Research in Engineering Design. Vol. 12, No. 1, 2000, pp. 18-38.

COLLIN, H. (2001):

Management von Produkt-Informationen in kleinen und mittelständischen Unternehmen.
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 43).
Zugl. München: TU, Diss. 2001.

CROSS, N. (2001):

Engineering Design Methods. Strategies for Product Design. Third Edition.
Chichester: John Wiley & Sons 2001.

CROSS, N. (2004):

Expertise in design: an overview.

Design Studies. Volume 25, Issue 5, September 2004, pp. 427-441.

DAENZER, W. F.; HUBER, F. (HRSG.) (1999):

Systems Engineering – Methodik und Praxis. 10., durchgesehene Auflage.

Zürich: Industrielle Organisation 1999.

DAVENPORT, T.; PRUSAK, L. (2000):

Working Knowledge: How organizations manage what they know.

Boston: Harvard Business School Press 2000.

DEMERS, M. T. (2000):

Methoden zur dynamischen Planung und Steuerung von Produktentwicklungsprozessen.

München: Dr. Hut 2000. (Produktentwicklung München, Band 40).

Zugl. München: TU, Diss. 2000.

DEWIRE, D. T. (1993):

Client/Server Computing.

McGraw-Hill 1993.

DIN EN ISO 8402 (1995):

Qualitätsmanagement – Begriffe.

Berlin: Beuth 1995.

DIRNDORFER, T. (2006):

Methodische Entwicklung innovativer Lösungen zur mobilen Sicherung von Fahrrädern.

Unveröffentlichte Semesterarbeit Nr. 2241.

München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung 2006.

DOBBERKAU, K. (2002):

Aufgabenorientierte Methodenanpassung in der Produktentwicklung am Beispiel des

Qualitätsmanagements.

Kaiserslautern: Univ., Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation 2002.

DÖRNER, D. (1979):

Problemlösen als Informationsverarbeitung.

Stuttgart: Kohlhammer 1979.

DÖRNER, D. (1998):

Thought and Design – Research Strategies, Single-case Approach and Methods of Validation.

In: Frankenberger, E.; Badke-Schaub, P.; Birkhofer, H. (Eds.): Designers. The Key to

Successful Product Development. London: Springer 1998, pp. 3-11.

DÖRNER, D. (2000):

Die Logik des Mißlingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen. 13. Auflage.

Reinbek: Rowohlt 2000.

- DÖRNER, D.; WEARING, A. T. (1995):
Complex Problem Solving: Toward a (Computersimulated) Theory.
In: Funke, J.; Frensch, P. (Eds.): Complex Problem Solving. The European Perspective.
Hillsdale, New Jersey: Erlbaum 1995, pp. 65-99.
- DORST, K. (1997):
Describing Design: A Comparison of Paradigms.
Delft University of Technology, the Netherlands: PhD thesis 1997.
- DORST, K. (2003):
Exploring the structure of design problems.
In: Folkesson, A.; Gralén, K.; Norell, M.; Sellgren, U. (Eds.): Proceedings of the ICED 2003.
Stockholm, 19.-21.08.2003. Glasgow: The Design Society 2003.
- DORST, K.; REYMEN, I. (2004):
Levels of expertise in design education.
In: Lloyd, P.; Roozenburg, N.; McMahon, C.; Brodhurst, L. (Eds.): The Changing Face of
Design Education. International Engineering and Product Design Education Conference IEPDE
2004. Delft (The Netherlands), 2.-3. September 2004. Delft: TU 2004.
- DORST, K.; VERMAAS, P. E. (2005):
John Gero's Function-Behaviour-Structure model of designing: a critical analysis.
Research in Engineering Design. Vol. 16, No. 1-2, 2005, pp. 17-26.
- DYLLA, N. (1991):
Denk- und Handlungsabläufe beim Konstruieren.
München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 5).
Zugl. München: TU, Diss. 1990.
- EHRENSPIEL, K. (2003):
Integrierte Produktentwicklung – Denkabläufe Methodeneinsatz Zusammenarbeit.
2., überarbeitete Auflage.
München: Hanser 2003.
- EHRENSPIEL, K.; KIEWERT, A.; LINDEMANN, U. (2005):
Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren. 5., bearbeitete Auflage.
Berlin: Springer 2005.
- EISELE, T. (2006):
Methodische Entwicklung eines strukturellen Schutzbleches für Motorroller.
Unveröffentlichte Diplomarbeit Nr. 1053.
München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung 2006.

- ERIS, Ö., HANSEN, P., MABOGUNJE A. AND LEIFER, L. (1999):
Toward a pragmatic ontology for product development projects in small teams.
In: Lindemann, U.; Birkhofer, H.; Meerkamm, H.; Vajna, S. (Hrsg): Proceedings of the ICED 1999. Munich, 24.-26.08.1999. München: Technische Universität 1999.
- EVERSHEIM, W. (HRSG.) (2003):
Innovationsmanagement für technische Produkte.
Berlin: Springer 2003.
- EVERSHEIM, W.; SCHUH, G. (HRSG.) (2005):
Integrierte Produkt- und Prozessgestaltung.
Berlin: Springer 2005.
- FRANKE, H.-J.; HUCH, B.; HERRMANN, C.; LÖFFLER, S. (2005):
Kooperationsorientiertes Innovationsmanagement. Ergebnisse des BMBF-Verbundprojektes GINA „Ganzheitliche Innovationsprozesse in modularen Unternehmensnetzwerken“.
Berlin: Logos 2005.
- FRANKENBERGER, E. (1997):
Arbeitsteilige Produktentwicklung – Empirische Untersuchung und Empfehlungen zur Gruppenarbeit in der Konstruktion.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1997. (Fortschritt-Berichte VDI Reihe 1 Nr. 291).
- FREISLEBEN, D. (2001):
Gestaltung und Optimierung von Produktentwicklungsprozessen mit einem wissensbasierten Vorgehensmodell.
Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität, Diss. 2001.
- FRENCH, M. J. (1999):
Conceptual Design for Engineers. Third Edition.
London: Springer 1999.
- FRESE, E. (1980):
Aufgabenanalyse und -synthese.
In: Frese, Erich (Hrsg.): Handwörterbuch der Organisation, 2. Auflage, Stuttgart 1980.
- FUCHS, S. D. (2005):
Methodische Entwicklung eines innovativen Haartrockners.
Unveröffentlichte Semesterarbeit Nr. 2210.
München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung 2005.
- FUJITA, K.; MATSUO, T. (2005):
Utilization of Product Development Tools and Methods: Japanese Survey and International Comparison.
In: Samuel, A.; Lewis, W. (Eds.): Proceedings of the ICED 2005. Melbourne, 15.-18.08.2005.
Barton: Institution of Engineers Australia 2005.

- FUNKE, J. (2003):
Problemlösendes Denken.
Stuttgart: Kohlhammer 2003.
- GAUSEMEIER, J.; FELDMANN, K. (HRSG.) (2006):
Integrative Entwicklung räumlicher elektronischer Baugruppen.
München: Carl Hanser 2006.
- GAUSEMEIER, J.; LINDEMANN, U.; REINHART, G.; WIENDAHL, H.-P. (2000):
Kooperatives Produktengineering. Ein neues Selbstverständnis des ingenieurmäßigen Wirkens.
Paderborn: Heinz Nixdorf Institut 2000. (HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 79).
- GAUSEMEIER, J.; LINDEMANN, U.; SCHUH, G. (HRSG.) (2004):
Planung der Produkte und Fertigungssysteme für die Märkte von morgen – Ein praktischer
Leitfaden für mittelständische Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus.
Frankfurt am Main: VDMA Verlag 2004.
- GERO, J. (1998):
Towards a Model of Designing Which Includes its Situatedness.
In: Grabowski, H.; Rude, S.; Grein, G. (Hrsg.): Proceedings of the Workshop Universal Design
Theory. Karlsruhe, Germany, May 1998, pp. 47-56.
Aachen: Shaker 1998.
- GERST, M. (2002):
Strategische Produktentscheidungen in der integrierten Produktentwicklung.
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 52).
Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- GESENHUES, R. (2005):
Methodische Entwicklung innovativer Großschalungen für Betonfertigteile.
Unveröffentlichte Semesterarbeit Nr. 2206.
München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung 2005.
- GIAPOULIS, A. (1998):
Modelle für effektive Konstruktionsprozesse.
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 27).
Zugl. München: TU, Diss. 1996.
- GRABOWSKI, H.; ANDERL, R.; ERB, J.; POLLY, A. (1993):
Integriertes Produktmodell.
Berlin: Beuth 1993.
- GRABOWSKI, H.; GEIGER, K. (HRSG.) (1997):
Neue Wege zur Produktentwicklung.
Stuttgart: Raabe 1997.

- GRABOWSKI, H.; PARAL, T. (HRSG.) (2004):
Erfolgreich Produkte entwickeln – Methoden. Prozesse. Wissen.
Stuttgart: LOG_X 2004.
- GRAMANN, J. (2004):
Problemmodelle und Bionik als Methode. München:
Dr. Hut 2004. (Produktentwicklung München, Band 55).
Zugl. München: TU, Diss. 2004.
- GRIEB, J.; LINDEMANN, U. (2006):
Communication Media in Distributed Collaboration – Analysis in Design Experiments.
In: Marjanovic, D.: 9th International Design Conference Dubrovnik, 15 - 18 May 2006.
Glasgow: The Design Society 2006, S. 541 - 548.
- GRÖSSER, H. (1992):
Systematische rechnerunterstützte Ermittlung von Produkthanforderungen.
Darmstadt: Diss. der TU Darmstadt 1992.
- GRUNWALD, S. (2002):
Methode zur Anwendung der flexiblen integrierten Produktentwicklung und Montageplanung.
München: Herbert Utz 2002.
Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- GÜNTHER, J. (1998):
Individuelle Einflüsse auf den Konstruktionsprozess.
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 30).
Zugl. München: TU, Diss. 1998.
- GÜNTHER, J. (2006):
Der Methodenfahrplan – ein Beitrag zur Systematik in der Produktentwicklung.
In: Tagung Projektmanagement Praxis 2006. Immenstaad, 12.-13.10.2006. Düsseldorf: VDI-
Verlag 2006, S. 21-30. (VDI-Berichte Nr. 1974)
- HACKER, W. (1998):
Allgemeine Arbeitspsychologie: Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten.
Bern: Hans Huber 1998. (Schriften zur Arbeitspsychologie/Nr. 58).
- HACKER, W. (HRSG.) (2002):
Denken in der Produktentwicklung. Psychologische Unterstützung der frühen Phasen.
Zürich: vdf Hochschulverlag an der ETH 2002.
- HALES, C. (1987):
Analysis of the Engineering Design Process in an Industrial Context.
Cambridge University, UK: PhD thesis 1987.

- HALES, C.; GOOCH, S. (2004):
Managing Engineering Design.
London: Springer 2004.
- HANSEN, C. T.; ANDREASEN, M. M. (2003):
A proposal for an enhanced design concept understanding.
In: Folkesson, A.; Gralén, K.; Norell, M.; Sellgren, U. (Eds.): Proceedings of the ICED 2003.
Stockholm, 19.-21.08.2003. Glasgow: The Design Society 2003.
- HANSEN, F. (1965):
Konstruktionssystematik.
Berlin: VEB Verlag 1965.
- HELBIG, D. (1994):
Entwicklung produkt- und unternehmensorientierter Konstruktionsleitsysteme.
Berlin: TU, Diss. 1994. (Konstruktionstechnik 30).
- HUBKA, V. (1976):
Theorie der Konstruktionsprozesse. Analyse der Konstruktionstätigkeit.
Berlin: Springer 1976.
- HUBKA, V. (1982):
Principles of Engineering Design.
London: Butterworths 1982.
- HUBKA, V.; EDER, W. E. (1996):
Design Science. Introduction to the Needs, Scope and Organization of Engineering Design
Knowledge.
Berlin: Springer 1996.
- HUTTERER, P. (2005):
Reflexive Dialoge und Denkbausteine für die methodische Produktentwicklung.
München: Dr. Hut 2005. (Produktentwicklung, Band 57).
Zugl. München: TU, Diss. 2005.
- IMAI, M. (1992):
Kaizen – der Schlüssel zum Erfolg der Japaner im Wettbewerb.
München: LangenMüller Herbig 1992.
- IRLINGER, R. (1998):
Methoden und Werkzeuge zur nachvollziehbaren Dokumentation in der Produktentwicklung.
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 31).
Zugl. München: TU, Diss. 1999.

ISAKSEN, S. G. (1988):

Educational Implications of Creativity Research: An Updated Rationale for Creative Learning.
In: Gronhaug, K.; Kaufmann, G. (Eds.): Innovation: A Cross-Disciplinary Perspective.
Oslo: Norwegian University Press 1988.

JÄNSCH, J.; BIRKHOFFER, H. (2006):

The Development of the Guideline VDI 2221 - the Change of Direction.
In: Marjanovic, D.: 9th International Design Conference Dubrovnik, 15 - 18 May 2006.
Glasgow: The Design Society 2006, S. 45 - 52.

JÄNSCH, J.; BIRKHOFFER, H.; WALTHER, J. (2005):

The development of design methods and expertise.
In: Samuel, A.; Lewis, W. (Eds.): Proceedings of the ICED 2005. Melbourne, 15.-18.08.2005.
Barton: Institution of Engineers Australia 2005.

JÄNSCH, J.; SAUER, T.; WALTER, S.; BIRKHOFFER, H. (2003):

User-suitable transfer of design methods.
In: Folkesson, A.; Gralén, K.; Norell, M.; Sellgren, U. (Eds.): Proceedings of the ICED 2003.
Stockholm, 19.-21.08.2003. Glasgow: The Design Society 2003.

JONES, J. C. (1992):

Design Methods. Second Edition.
New York: John Wiley & Sons 1992.

KESSELRING, F. (1954):

Technische Kompositionslehre.
Berlin: Springer 1954.

KIEFMANN, A. (2005):

Entwicklung einer Messeinheit für Bodenreaktionskräfte.
Unveröffentlichte Semesterarbeit Nr. 2219.
München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung 2005.

KLEEDÖRFER, R. (1998):

Prozess- und Änderungsmanagement der Integrierten Produktentwicklung.
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 29).
Zugl. München: TU, Diss. 1998.

KOLODNER, J. L. (1993):

Case-Based Reasoning.
San Mateo: Morgan Kaufmann 1993.

KRAUSE, F.-L.; FRANKE, H.-J.; GAUSEMEIER, J. (2007):

Innovationspotenziale in der Produktentwicklung.
München: Hanser 2007.

KRINNINGER, M. (2005):

Entwicklung einer Messeinheit für Bodenreaktionskräfte.

Unveröffentlichte Semesterarbeit Nr. 2218.

München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung 2005.

KUHLENKÖTTER, B. (2002):

Beitrag zur Produktentwicklung – Systematik zur unternehmensspezifischen Methodenauswahl.

Aachen: Shaker 2002.

Zugl. Dortmund: Univ., Diss. 2001.

KUß, G. (2005):

Methodische Entwicklung eines innovativen Umwerfersystems für Liegeräder.

Unveröffentlichte Semesterarbeit Nr. 2135.

München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung 2005.

LAUER, W. (2005):

Weiterentwicklung eines Force-Feedback-fähigen Kommunikationswerkzeuges.

Unveröffentlichte Diplomarbeit Nr. 1024.

München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung 2005.

LAWSON, B. (2004):

Schemata, gambits and precedent: some factors in design expertise.

Design Studies. Volume 25, Issue 5, September 2004, pp. 443-457.

LEHRSTUHL FÜR PRODUKTENTWICKLUNG, TU MÜNCHEN (2006):

CiDaD Entwicklerportal.

[entnommen am 20.10.2006, URL: <http://www.cidad.de/>]

LEWIS, H.; PAPADIMITRIOU, C. (1998):

Elements of the Theory of Computation.

London: Prentice Hall Int. 1998.

LINDEMANN, U. (1999):

A Model of Design Processes of Individual Designers.

In: Lindemann, U.; Birkhofer, H.; Meerkamm, H.; Vajna, S. (Hrsg): Proceedings of the ICED 1999. Munich, 24.-26.08.1999. München: Technische Universität 1999.

LINDEMANN, U. (2003):

Methods are networks of methods.

In: Folkesson, A.; Galén, K.; Norell, M.; Sellgren, U. (Eds.): Proceedings of the ICED 2003. Stockholm, 19.-21.08.2003. Glasgow: The Design Society 2003.

LINDEMANN, U. (2005):

Methodische Entwicklung technischer Produkte – Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden.

Berlin: Springer 2005.

- LINDEMANN, U. (2007):
Methodische Entwicklung technischer Produkte – Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. 2. Auflage.
Berlin: Springer 2007.
- LINDEMANN, U.; REICHWALD, R.; ZÄH, M.F. (2006):
Individualisierte Produkte. Komplexität beherrschen in Entwicklung und Produktion.
Berlin: Springer 2006.
- LINZ, P. (1996):
An Introduction to Formal Languages and Automata.
2nd Edition. Lexington, Massachusetts, USA: D. C. Heath and Company 1996.
- LITTLE, J. D. C. (1970):
Models and Managers: The Concept of a Decision Calculus.
Management Science. Vol. 16, No. 8, Application Series, April 1970, pp. B466-B485.
- LOMPSCHER, H. J. (1972):
Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Entwicklung geistiger Fähigkeiten.
Berlin: Volk und Wissen 1972.
- LÓPEZ-MESA, B. (2004):
The use and suitability of design methods in practice.
Luleå University of Technology, Sweden: PhD thesis 2004.
- LUGER, G. (2001):
Künstliche Intelligenz. Strategien zur Lösung komplexer Probleme. 4. Auflage.
München: Pearson Studium 2001.
- MABOGUNJE, A.; HANSEN, P. K.; ERIS, Ö.; LEIFER, L. (2002):
Product development process ontology.
In: Marjanovic, D.: 7th International Design Conference – DESIGN 2002. Dubrovnik (Croatia), 14.-17.05.2002. Zagreb: Sveucilisna tiskara 2002.
- MARCA, D. A.; MCGOWAN, C. L. (1989):
SADT – Structured Analysis and Design Technique.
New York: McGraw-Hill 1989.
- MAURER, M.; BOESCH, N.-O.; SHENG, G.; TZONEV, B. (2005):
A Tool for Modelling Flexible Product Structures - MOFLEPS.
In: Samuel, A.; Lewis, W. (Eds.): Proceedings of the ICED 2005. Melbourne, 15.-18.08.2005.
Barton: Institution of Engineers Australia 2005.
- MCALPINE, H.; HICKS, B. J.; HUET, G.; CULLEY, S. J. (2006):
An investigation into the use and content of the engineer's logbook.
Design Studies. Volume 27, Issue 4, July 2006, pp. 481-504.

- MEIBNER, M.; GERICKE, K.; GRIES, B.; BLESSING, L. (2005):
Eine adaptive Produktentwicklungsmethodik als Beitrag zur Prozessgestaltung in der
Produktentwicklung.
In: Meerkamm, H. (Hrsg.): 16. Symposium „Design for X“. Neukirchen, 13.-14. Oktober 2005.
Erlangen: Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für
Konstruktionstechnik 2005, S. 67-76.
- MILLER, G. A.; GALANTER, E.; PRIBRAM, C. (1973):
Strategien des Handelns.
Stuttgart: Klett-Cotta 1973.
- MÖHRINGER, S. (2004):
Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme.
Paderborn: Heinz Nixdorf Institut 2004. (HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 156).
- MONZ, A. (2005):
Methodische Entwicklung innovativer Großschalungen für Betonfertigteile.
Unveröffentlichte Semesterarbeit Nr. 2207.
München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung 2005.
- MÜLLER, J. (1990):
Arbeitsmethoden der Technikwissenschaften – Systematik, Heuristik, Kreativität.
Berlin: Springer 1990.
- MÜLLER, M. (2004):
Entwicklung eines Klapprades.
Unveröffentlichte Semesterarbeit Nr. 2161.
München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung 2004.
- MURR, O. (1999):
Adaptive Planung und Steuerung von integrierten Entwicklungs- und Planungsprozessen.
München: Herbert Utz Verlag 1999.
Zugl. München: TU, Diss 1999.
- NEGELE, H. (1998):
Systemtechnische Methodik zur ganzheitlichen Modellierung am Beispiel der integrierten
Produktentwicklung.
München: Herbert Utz 1998.
Zgl. München: TU, Diss. 1998.
- NORREFELDT V. (2005):
Methodische Entwicklung eines innovativen Haartrockners.
Unveröffentlichte Semesterarbeit Nr. 2211.
München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung 2005.

ORLIK, L. (2005):

Wissensbasierte Entscheidungshilfe für die strategische Produktplanung.
Paderborn: Heinz Nixdorf Institut 2005. (HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 162).
Zugl. Paderborn: Univ., Diss. 2004.

OSTERGAARD, K. J.; SUMMERS, J. D. (2003):

A taxonomic classification of collaborative design.
In: Folkesson, A.; Gralén, K.; Norell, M.; Sellgren, U. (Eds.): Proceedings of the ICED 2003.
Stockholm, 19.-21.08.2003. Glasgow: The Design Society 2003.

OTTO, K. N.; WOOD, K. L. (2001):

Product Design. Techniques in Reverse Engineering and New Product Development.
Upper Saddle River: Prentice Hall 2001.

PACHE, M. (2005):

Sketching for Conceptual Design.
München: Dr. Hut 2005. (Produktentwicklung München, Band 59).
Zugl. München: TU, Diss. 2005.

PAETZOLD, K. (2004):

Workflow-Systeme im Produktentwicklungsprozess.
In: Meerkamm, H. (Hrsg.): 15. Symposium „Design for X“. Neukirchen, 14.-15. Oktober 2004.
Erlangen: Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für
Konstruktionstechnik 2004, S. 55-64.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. H. (2005):

Konstruktionslehre. Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung.
6. Auflage.
Berlin: Springer 2005.

PARAL, (2003):

Integrierter Methodeneinsatz im Produktinnovationsprozess.
Aachen: Shaker 2003.

PEARLSON, K. E.; SAUNDERS, C. S. (2004):

Managing and Using Information Systems. A Strategic Approach. 2nd Edition.
Hoboken: John Wiley & Sons 2004.

PICOT, A.; REICHWALD, R.; WIGAND, R. T. (2003):

Die grenzenlose Unternehmung. Information, Organisation und Management. Lehrbuch zur
Unternehmensführung im Informationszeitalter. 5., aktualisierte Auflage.
Wiesbaden: Gabler 2003.

PONN, J.; DEUBZER, F.; LINDEMANN, U. (2006):

Intelligent Search for Product Development Information - an Ontology-based Approach.
In: Marjanovic, D.: 9th International Design Conference Dubrovnik, 15 - 18 May 2006.
Glasgow: The Design Society 2006, S. 1203-1210.

PONN, J.; LINDEMANN, U. (2005):

Navigation durch die Produktkonkretisierung.
In: Meerkamm, H. (Hrsg.): 16. Symposium „Design for X“. Neukirchen, 13.-14. Oktober 2005.
Erlangen: Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für
Konstruktionstechnik 2005, S. 87-97.

PONN, J.; LINDEMANN, U. (2006):

CiDaD - a Method Portal for Product Development.
In: Marjanovic, D.: 9th International Design Conference Dubrovnik, 15 - 18 May 2006.
Glasgow: The Design Society 2006, S. 1221-1228.

PROBST, G.; RAUB, S.; ROMHARDT, K. (1997):

Wissen Managen. Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen.
Wiesbaden: Gabler 1997.

PUGH, S. (1991):

Total design: Integrated Methods for Successful Product Engineering.
Wokingham: Addison Wesley 1991.

PULM, U. (2004):

Eine systemtheoretische Betrachtung der Produktentwicklung.
München: Dr. Hut 2004. (Produktentwicklung München, Band 56).
Zugl. München: TU, Diss. 2004.

PUPPE, F. (1990):

Problemlösungsmethoden in Expertensystemen.
Berlin: Springer 1990.

RAYKOV, I. (2006):

Methodische Entwicklung eines Beförderungsgerätes für Stahlbetonstücke.
Unveröffentlichte Diplomarbeit Nr. 1061.
München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung 2006.

REDENIUS, A. (2006):

Verfahren zur Planung von Entwicklungsprozessen für fortgeschrittene mechatronische
Systeme.
Paderborn: Heinz Nixdorf Institut 2006. (HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 194).
Zugl. Paderborn: Univ., Diss. 2006.

- REINICKE, T. (2004):
Möglichkeiten und Grenzen der Nutzerintegration in der Produktentwicklung.
München: Dr. Hut 2004.
Zugl.: Berlin: Berlin, TU, Diss. 2004.
- REYMEN, I. M. M. J. (2001):
Improving Design Processes through Structured Reflection: A Domain-independent Approach.
Eindhoven, Technische Universiteit, the Netherlands: PhD thesis 2001.
- REYMEN, I. M. M. J. (2003):
Research on Design Reflection: Overview and Directions.
In: Folkesson, A.; Gralén, K.; Norell, M.; Sellgren, U. (Eds.): Proceedings of the ICED 2003.
Stockholm, 19.-21.08.2003. Glasgow: The Design Society 2003.
- REYMEN, I. M. M. J.; HAMMER, D. K.; KROES, P. A.; VAN AKEN, J. E.; DORST, C. H.; BAX,
M. F. T.; BASTEN, T. (2006):
A domain-independent descriptive design model and its application to structured reflection on
design processes.
Research in Engineering Design. Vol. 16, No. 4, 2006, pp. 147-173.
- RODENACKER, W. G. (1976):
Methodisches Konstruieren. Zweite Auflage.
Berlin: Springer 1976.
- ROOZENBURG, N. F. M.; EEKELS, J. (1995):
Product Design: Fundamentals and Methods.
Chichester: John Wiley & Sons 1995.
- ROTH, K. (1994):
Konstruieren mit Konstruktionskatalogen. Band II. 2. Auflage.
Berlin: Springer 1994.
- RPK – UNIVERSITÄT KARLSRUHE (2006):
MAP-Tool: Vom Markt zum Produkt, im Rahmen der Verbundforschung Baden-Württemberg
„Zukunftsoffensive Junge Generation“.
[entnommen am 20.10.2006, URL: <http://www.uni-karlsruhe.de/~map/>]
- RUDE, S. (1998):
Wissensbasiertes Konstruieren.
Habilitationsschrift. Aachen: Shaker 1998.
- SALEIN, M. (1999):
Methodik zum situationsspezifischen Planen marktgerechter Produkte.
Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 1, Nr. 316. Düsseldorf: VDI Verlag 1999.
Zugl. Berlin: TU, Diss. 199.

SAUCKEN, C. VON (2007):

Entwicklung und Konstruktion eines innovativen Nussknackers unter Verwendung von situationsabhängig ausgewählten Methoden.

Unveröffentlichte Semesterarbeit Nr. 2305.

München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung 2007.

SCHLICKSUPP, H. (2004):

Innovation, Kreativität und Ideenfindung. 6. Auflage.

Würzburg: Vogel 2004.

SCHNEIDER, M. (2001):

Methodeneinsatz in der Produktentwicklungs-Praxis.

Düsseldorf: VDI 2001. (Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 1 Nr. 346).

SCHOEN, S. (2000):

Gestaltung und Unterstützung von Community of Practice.

München: Utz 2000. (Produktentwicklung München, Band 47).

Zugl. München: TU, Diss. 2000.

SCHÖN, D. A. (1983):

The Reflective Practitioner. How Professionals Think in Action.

New York: Basic Books 1983.

SCHRODA, F. (2000):

Über das Ende wird am Anfang entschieden.

Berlin: TU, Diss. 2000.

SCHUH, G.; SCHWENK, U. (2001):

Produktkomplexität managen. Strategien - Methoden - Tools.

München: Carl Hanser 2001.

SCHUMANN, G. (1994):

Adaptive Planung des Produktentwicklungsprozesses.

München: Carl Hanser 1994.

Zugl. Berlin: TU, Diss. 1994.

SEIDEL, M. (2005):

Methodische Produktplanung – Grundlagen, Systematik und Anwendung im Produktentstehungsprozess.

Karlsruhe: Universitätsverlag Karlsruhe 2005. (Reihe Informationsmanagement im Engineering Karlsruhe, Band 1). Zugl. Karlsruhe: TH, Diss. 2005.

SELZ, O. (1913):

Über die Gesetze des geordneten Denkverlaufs.

Stuttgart: Spemann 1913.

- SIM, S. K. ; DUFFY, A. (2003):
Towards an ontology of generic engineering design activities.
Research in Engineering Design. Vol. 14, No. 4, 2003, pp. 200-223.
- SIMON, H. (1970):
The Sciences of the Artificial.
Cambridge, USA: MIT Press 1970.
- SPATH, D. (HRSG.) (2001):
Vom Markt zum Produkt. Impulse für die Innovationen von morgen.
Stuttgart: LOG_X Verlag 2001.
- SPP GMBH (2006):
Innovations-wissen.de: Das Fachportal für Strategie- und Innovationswissen.
[entnommen am 20.10.2006, URL: <http://www.innovations-wissen.de/>]
- STACEY, M.; EARL, C.; ECKERT, C.; O'DONOVAN, B. (2003):
A methodology for comparing design processes.
In: Folkesson, A.; Gralén, K.; Norell, M.; Sellgren, U. (Eds.): Proceedings of the ICED 2003.
Stockholm, 19.-21.08.2003. Glasgow: The Design Society 2003.
- STAUFFER, L. A. (1989):
Eliciting and analyzing data about the engineering-design process.
In: College of Engineering, University of Massachusetts (Hg.): Supplement to preprints of NSF
Engineering Design Research Conference, Amherst, June 1989.
- STETTER, R. (2000):
Method Implementation in Integrated Product Development.
München: Dr. Hut 2000. (Produktentwicklung München, Band 41).
Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- STORATH, E. (1996):
Kontextsensitive Wissensbereitstellung in der Konstruktion.
Erlangen-Nürnberg: Univ., Diss. 1996.
- STORGA, M.; ANDREASEN, M. M. (2004):
Complexity of Product Development Context.
In: Proceedings of the 4th International Seminar and Workshop EDIPROD 2004. Rydzyna
(Poland), 07.-09.10.2004. University of Zielona Góra 2004.
- STORGA, M.; ANDREASEN, M. M.; MARJANOVIC, D. (2005):
Towards a formal design model based on a genetic design model system.
In: Samuel, A.; Lewis, W. (Eds.): Proceedings of the ICED 2005. Melbourne, 15.-18.08.2005.
Barton: Institution of Engineers Australia 2005.

- STRASSER, C. (2004):
Einsatz von Methoden in der Produktentwicklung – Ein Beitrag zur praxisgerechten Auswahl und Anwendung.
Wien: TU, Diss. 2004.
- SUH, N. P. (1990):
The Principles of Design.
New York: Oxford University Press 1990.
- TANG, J. C.; LEIFER, L. J. (1991):
An Observational Methodology for Studying Group Design Activity.
Research in Engineering Design. Vol. 2, No. 4, 1991, pp. 209-219.
- TU BRAUNSCHWEIG, INSTITUT FÜR KONSTRUKTIONSTECHNIK (2006):
Internetseiten zum Verbundprojekt „Ganzheitliche Innovationsprozesse in modularen Unternehmensnetzwerken“ (GINA).
[entnommen am 22.11.2006, URL: <http://www.gina-net.de/>]
- TERNINKO, J.; ZUSMAN, A.; ZLOTIN, B. (1997):
Step by Step TRIZ: Systematic Innovation.
Nottingham, Newhampshire: 1997.
- TJALVE, E. (1978):
Systematische Formgebung für Industrieprodukte.
Düsseldorf: VDI-Verlag, 1978.
- ULLMAN, D. G. (1997):
The Mechanical Design Process. Second Edition.
New York: McGraw Hill 1997.
- ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. (1999):
Product Design and Development.
New York: McGraw-Hill 1999.
- VDI - VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (1977):
VDI-Richtlinie 2222: Konzipieren technischer Produkte.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1977.
- VDI - VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (1993):
VDI-Richtlinie 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1993.
- VDI - VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2004):
VDI-Richtlinie 2206: Entwicklungsmethodik für mechatronische Produkte.
Düsseldorf: VDI-Verlag 2004.

- VERSTEEGEN, G. (2000):
Das V-Modell in der Praxis.
München: Hanser 2000.
- WACH, J. J. (1994):
Problemspezifische Hilfsmittel für die Integrierte Produktentwicklung.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 12).
Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- WALLAS, G. (1926):
The Art of Thought.
New York: Harcourt Brace 1926.
- WALLMEIER, S. (2001):
Potenziale in der Produktentwicklung. Möglichkeiten und Grenzen von Tätigkeitsanalyse und Reflexion.
Düsseldorf: VDI 2001. (Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 1 Nr. 352).
- WALTHER, K. (2003):
Methodische Entwicklung von Anzeigevorrichtungen für Schienenfahrzeuge.
Unveröffentlichte Diplomarbeit Nr. 954.
München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung 2003.
- WBCSD (2007):
WBCSD Annual Review 2006 – Then & Now: Celebrating the 20th anniversary of the “Brundtland Report”.
Conches-Geneva: World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) 2007.
- WEBER, C. (2005A):
CPM/PDD – An extended theoretical approach to modelling products and product development processes.
In: Bley, H.; Jansen, H.; Krause, F.-L.; Shpitalni M. (Eds.): Proceedings of the 2nd German-Israeli Symposium on Advances in Methods and Systems for Development of Products and Processes. TU Berlin / Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK), 07.-08.07.2005, pp. 159-179.
Stuttgart: Fraunhofer-IRB Verlag 2005.
- WEBER, C. (2005B):
What is “Complexity”?
In: Samuel, A.; Lewis, W. (Eds.): Proceedings of the ICED 2005. Melbourne, 15.-18.08.2005.
Barton: Institution of Engineers Australia 2005.
- WEBER, C.; WERNER, H.; DEUBEL, T. (2002):
A Different View on PDM and its Future Potentials.
In: Marjanovic, D. (Ed.): International Design Conference – Design 2002. Zagreb (Croatia): Sveucilisna tiskara 2002.

- WEIGT, M. (2005):
An information-centred approach to the development and implementation of design methods.
In: Samuel, A.; Lewis, W. (Eds.): Proceedings of the ICED 2005. Melbourne, 15.-18.08.2005.
Barton: Institution of Engineers Australia 2005.
- WENZEL, S. (2003):
Organisation und Methodenauswahl in der Produktentwicklung.
München: Herbert Utz 2003.
Zgl. München: TU, Diss. 2002.
- WESTKÄMPER, E.; HANSELMANN, J. (2000):
Effektive Wissensnutzung in der Produktentwicklung.
Industrie Management 2000 (16), S. 28-32.
- WETH, R. VON DER (2001):
Management der Komplexität: ressourcenorientiertes Handeln in der Praxis.
Bern: Huber 2001.
- WILDEMANN, H.; ANN, CH.; BROY, M.; GÜNTNER, W. A.; LINDEMANN, U. (2007):
Plagiatschutz – Handlungsspielräume der produzierenden Industrie gegen Produktpiraterie.
München: TCW 2007.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. (1996):
Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation.
New York: Simon & Schuster 1996.
- WULF, J. (2002):
Elementarmethoden zur Lösungssuche.
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 50).
Zagl. München: TU, Diss. 2002.
- ZANKER, W. (1999):
Situative Anpassung und Neukombination von Entwicklungsmethoden.
Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 36).
Zagl. München: TU, Diss. 1999.

9 Glossar

Begriff	Definition, Erläuterung	Kapitel
Aktivität	Bestandteil einer Aufgabe oder eines Prozesses; Handlung, die von Akteuren im Entwicklungsprozess durchgeführt wird; Aktivitäten werden beschrieben durch Betrachtungsobjekte (z. B. Lösungsideen) und Tätigkeiten des Entwicklers (z. B. suchen).	2.1 4.1.1 5.1.2
Anwendungs- details	Bestandteil einer Methodenbeschreibung; Die Anwendungs- details einer Methode enthalten Kriterien, die primär für die Anwendung bzw. Vertiefung der Methode relevant sind. Beschreibungskriterien sind: Vorgehen, Hinweise, Werkzeuge, Methodenverknüpfung, Literatur.	5.1.3
Anwendungs- methodik	Bestandteil des Lösungsansatzes dieser Arbeit; Die Anwendungsmethodik beschreibt die Anwendung der Informationssammlung zur Unterstützung operativer Arbeitsschritte im Entwicklungsprozess. Sie besitzt die Form eines Vorgehensmodells, dessen Schritten geeignete Methoden zugeordnet wurden.	5.3
Arbeits- methode	Methode zur Unterstützung konkreter Arbeitsschritte auf operativer Ebene, z. B. Problemformulierung, Brainstorming, Morphologischer Kasten, Gewichtete Punktbewertung.	2.1 4.2.1
Arbeitsschritt	Prozessschritt auf operativer Ebene, der Bestandteil von übergeordneten Prozessschritten bzw. Phasen der Produktentwicklung ist, z. B. ‚Anforderungen ermitteln‘ oder ‚System auf abstrahiertem Niveau beschreiben‘.	2.1 4.1.1
Aufgabe	Beschreibt die Handlung („Was?“), die notwendig ist, um ein Ziel (einen angestrebten Zustand) zu erreichen und damit ein Problem (einen ungewünschten Zustand) zu lösen; die Aufgabe beschreibt aber noch nicht die Mittel („Wie?“), die notwendig sind, um die Aufgabe durchzuführen.	2.1 4.1.1
Beschreibungs- modell	Bestandteil des Lösungsansatzes dieser Arbeit; Das Beschreibungsmodell besteht aus vier Teilmodellen, die sich jeweils auf die Entwicklungssituation, auf Aufgaben im Entwicklungsprozess, auf Methoden der Produktentwicklung und die Verknüpfung zwischen diesen Bereichen beziehen. Es bildet die Grundlage für die weiteren Bestandteile des Lösungsansatzes: die Informationssammlung und die Anwendungsmethodik.	5.1

Begriff	Definition, Erläuterung	Kapitel
Betrachtungsobjekt	Betrachtungsobjekte sind Konzepte, die in einer Situation im Fokus der Betrachtung des Entwicklers stehen. Beispiele sind Ziele, Lösungen, Probleme, Funktionen etc. Betrachtungsobjekte besitzen Eigenschaften, die sich aus Merkmalen (z. B. Anzahl) und Ausprägungen (z. B. keine, wenige, viele) zusammensetzen. Betrachtungsobjekte bilden den objektbezogenen Bestandteil einer Aktivität.	5.1.1 5.2.1.1
Direkter Kontext	Lässt sich durch vorliegende oder gewünschte Sachverhalte beschreiben, die direkten Bezug zu den Objekten haben, mit denen sich der Entwickler in seinem Prozess beschäftigt; Bei Sachverhalten kann es sich konkret um Ergebnisse, Ereignisse und Erkenntnisse handeln. Vorliegende Sachverhalte kennzeichnen die Ist-Situation, gewünschte Sachverhalte die Soll-Situation.	5.1.1
Elementarmethode	Konstituierender Bestandteil einer Arbeitsmethode, kann nicht weiter in einzelne Methoden zerlegt werden. Beispiele für Elementarmethoden sind Abstraktion, Gewichtung, Checkliste oder Matrix.	4.2.1
Entwicklungsaufgabe	Mit Entwicklungsaufgabe ist hier die übergeordnete Aufgabenstellung des Entwicklungsprozesses gemeint. Sie bezieht sich auf das Ergebnis, das am Ende des Entwicklungsprozesses erarbeitet werden soll. Die Entwicklungsaufgabe steht damit im Gegensatz zu Aufgaben auf der Ebene operativer Arbeitsschritte, die sich auf die Erreichung von Zwischenzielen beziehen.	4.1.1
Entwicklungskontext	Der den Entwicklungsprozess umgebende Zusammenhang, der sich durch Kontextfaktoren beschreiben lässt, die Einfluss auf Produkt und Prozess ausüben. In dieser Arbeit wird zwischen dem direkten und dem indirekten Kontext unterschieden.	2.1 3.2.1 5.1.1
Entwicklungsmethode	Methode zur Unterstützung von Aufgaben im Produktentwicklungsprozess; Wenn in dieser Arbeit von Methoden (siehe unten) die Rede ist, werden in der Regel Entwicklungsmethoden gemeint.	4.2.1
Entwicklungssituation	Konkreter Zeitpunkt im Entwicklungsprozess, der sich durch den Zustand des zu entwickelnden Produkts und des Entwicklungsprozesses sowie durch Einflussfaktoren auf Produkt und Prozess beschreiben lässt.	2.1 3.2.1 5.1.1

Begriff	Definition, Erläuterung	Kapitel
Granularität	Grundsätzlich ein Maß für die die Feinkörnigkeit eines Systems; Hier wird damit der Auflösungsgrad des Entwicklungsprozesses bezeichnet. Eine niedrige Granularität ist bei großen Betrachtungsumfängen auf Makroebene gegeben, wenn also beispielsweise der Produktentwicklungsprozess als Ganzes betrachtet wird. Eine hohe Granularität liegt dagegen bei Prozessen auf Mikroebene vor, z. B. bei einzelnen Denk- und Handlungsvorgängen in der Ideenfindung.	2.1 3.1.2
Grundobjekt	Klasse bzw. Kategorie von Betrachtungsobjekten; dem Grundobjekt Lösung können z. B. die einzelnen Betrachtungsobjekte Lösungsidee, Lösungsalternative, Lösungskonzept, Lösungsfeld etc. zugeordnet werden.	5.2.1.1 5.2.4.2
Grundprinzip	Allgemeine Strategie oder Grundsatz, der das Handeln des Entwicklers im Entwicklungsprozess unabhängig von der konkreten Problemstellung prägt, z. B. Vom Ganzen zum Detail, Vom Abstrakten zum Konkreten, Denken in Alternativen.	4.2.1
Grundtätigkeit	Generische Klasse von Tätigkeiten. Beispiele für Grundtätigkeiten sind abstrahieren, darstellen, ermitteln, kreieren oder variieren.	4.2.4.1 5.2.4.2
Handlung	Eine bestimmte Form des menschlichen Verhaltens, das durch verschiedene Aspekte charakterisiert wird und dieses von anderen Verhaltensformen unterscheidet. Wesentliche Aspekte sind ein Handlungsziel als Vorwegnahme des Handlungsergebnisses (Antizipation), eine bewusste, verfolgte Handlungsabsicht (Intention) und zu berücksichtigende Handlungsumstände bzw. Handlungsbedingungen (in Anlehnung an [HACKER 1998, S. 45]).	4.1.1
Hilfsmittel	Allgemein Möglichkeiten der Unterstützung des Entwicklungsprozesses; Hilfsmittel bilden den Oberbegriff für Vorgehensmodelle, Methoden und Werkzeuge.	2.1 4.2.1
Indirekter Kontext	Wird über Parameter beschrieben, die keinen direkten Einfluss auf die Auswahl geeigneter Aufgaben im Entwicklungsprozess haben; beeinflussen jedoch die Auswahl angemessener Methoden; Parameter des indirekten Kontextes werden als Kontextfaktoren bezeichnet.	5.1.1

Begriff	Definition, Erläuterung	Kapitel
Informations-sammlung	Bestandteil des Lösungsansatzes dieser Arbeit; Die Informations-sammlung besteht ebenfalls aus vier Teilen: einer Morphologie der Entwicklungssituation, einem Prozessbaukasten, einem Methodenbaukasten und Zuordnungsmatrizen zwischen den Teilsammlungen.	5.2
Ist-Situation	Vorliegender Sachverhalt; Bei Sachverhalten kann es sich konkret um Ergebnisse, Ereignisse und Erkenntnisse handeln; sie können klassifiziert werden nach Betrachtungsobjekten und deren Eigenschaften (Merkmal und Ausprägung).	5.1.1
Klassifikation	Problemklasse, bei der die Problemlösung aus einer Menge vorgegebener Alternativen ausgewählt wird. Für die Lösung von Klassifikationsproblemen existieren verschiedene Problemlösemethoden, von denen hier vor allem das Regelbasierte Schließen von Relevanz ist.	4.3.3
Konstruktion	Die Konstruktion ist ein wichtiger Bestandteil der Produktentwicklung. Im Konstruktionsprozess wird ein Produkt konzipiert und gestaltet [EHRENSPIEL 2003, S. 6]. Die Konstruktion grenzt sich zu anderen Bereichen der Entwicklung ab, z. B. der Berechnung, der Simulation, dem Prototypenbau und dem Versuch.	3.1.1
Kontext	Wenn von Kontext die Rede ist, wird damit in der Regel der ‚Entwicklungskontext‘ gemeint, der einen zentralen Begriff in dieser Arbeit darstellt (siehe oben).	3.2.1
Kontextbedingungen	Bestandteil einer Methodenbeschreibung; Kontextbedingungen einer Methode dienen hauptsächlich der Auswahl und Anpassung von Methoden. Hierbei werden zum Zwecke des Abgleichs zwischen Methode und Entwicklungssituation dieselben Kriterien verwendet wie bei der Beschreibung des indirekten Kontextes.	5.1.3
Kontextfaktoren	Parameter, die den indirekten Kontext der Entwicklungssituation beschreiben; zur Strukturierung der Vielzahl möglicher Kontextfaktoren werden diese den Bereichen Entwicklungsaufgabe/Produkt, Entwicklungsprozess, Entwickler/Team und Rahmenbedingungen zugeordnet; sie werden als Kombination von Merkmal (z. B. Komplexität der Aufgabe) und Ausprägung (z. B. niedrig, mittel, hoch) formuliert.	5.1.1 5.2.1.2

Begriff	Definition, Erläuterung	Kapitel
Konzept	Ein Konzept kann verschiedene Dimensionen enthalten, zum Beispiel eine technische oder eine benutzerrelevante Dimension. Der Fokus in dieser Arbeit liegt auf der technischen Dimension. Ein technisches Konzept oder Lösungskonzept stellt die prinzipielle Lösung für eine technische Aufgabenstellung dar. Es enthält Wirkprinzipien zur Erfüllung vorgegebener Funktionen und deren Verknüpfung in einer Wirkstruktur.	3.1.1
Konzeptentwicklung	Prozess, als dessen Ergebnis ein Konzept entsteht; Bestandteil des Konstruierens, der nach der Klärung der Aufgabenstellung folgt. Die Konzeptentwicklung wird oftmals als Phase im gesamten Entwicklungsprozess definiert. Sie ist jedoch in allen Entwicklungsphasen als operative Tätigkeit zu beobachten.	3.1.1
Konzipieren	Synonymer Begriff für Konzeptentwicklung.	3.1.1
Methode	Regelbasiertes und planmäßiges Vorgehen, nach dessen Vorgabe bestimmte Aktivitäten auszuführen sind, um ein gewisses Ziel zu erreichen; unterscheidet sich von einem Vorgehensmodell primär durch die formalisierte Beschreibung und den operativen Charakter.	2.1 4.2.1
Methoden- anpassung	Teilschritt des Methodeneinsatzes; Zumeist lassen sich Methoden nicht unverändert auf unterschiedliche Einsatzsituationen übertragen, weshalb sie an die individuelle Einsatzsituation anzupassen sind. Soweit möglich sollte eine Anpassung vor der eigentlichen Methodenanwendung erfolgen. Eine fortlaufende Anpassung erfolgt aber auch während der Anwendung.	4.2.4.2
Methoden- anwendung	Teilschritt des Methodeneinsatzes; Die Anwendung der Methode umfasst die Bearbeitung der Aufgabenstellung mit Hilfe der Methode, gegebenenfalls unter Zuhilfenahme verfügbarer Werkzeuge (z. B. Checklisten, Formblätter, Software-Programme). Aus dem für die Methodenanwendung erforderlichen Input wird durch die Methode ein Output generiert.	4.2.4.3
Methoden- auswahl	Teilschritt des Methodeneinsatzes; Erscheint ein Methodeneinsatz als angezeigt, so ist eine adäquate Methode auszuwählen. Hier gilt es abzuklären, ob die vorliegende Aufgabenstellung von der Methode unterstützt wird und ob die mit der Methode erzielbaren Ergebnisse (Wirkung) mit den angestrebten Zielen (Output) übereinstimmen.	4.2.4.1

Begriff	Definition, Erläuterung	Kapitel
Methodenbaukasten	Bestandteil der Informationssammlung (Teil des Lösungsansatzes dieser Arbeit); Systematisch geordnete Methodensammlung, die für bestimmte Arbeitsschritte eines Prozesses alternativ eingesetzt werden können und für deren Auswahl Hilfen angegeben werden. Die enthaltenen Methoden sind in strukturierter, standardisierter Form beschrieben. Alternative Bezeichnung: Methodenkatalog.	4.2.3 5.2.3
Methodeneinsatz	Fasst die Schritte der Methodenauswahl, Methodenanpassung und Methodenanwendung in einen übergeordneten Rahmen zusammen; Wird beispielsweise im Münchener Methodenmodell nach [BRAUN 2005, S. 34] beschrieben.	4.2.4
Methodeninformationssystem	Rechnersystem, das Methodeninformationen bereitstellt (Informationsspeicher) und verschiedene Möglichkeiten des Zugriffs auf die Methodeninformation bereitstellt (beispielsweise einen systemgeführten Dialog). Kann als wissensbasiertes System (Expertensystem) ausgeführt sein. Kann Teil eines Rechnersystems größeren Umfangs sein (Konstruktionsleitsystem).	5.4.1
Methodenkatalog	Wird als Begriff neben Methodensammlung und Methodenbaukasten verwendet, in Anlehnung an den von ROTH geprägten Begriff des Konstruktionskatalogs. Nach ROTH ist ein Konstruktionskatalog ein für die Konstruktion nutzbarer, außerhalb des Gedächtnisses, meist in Tabellenform vorliegender Wissensspeicher, der nach methodischen Gesichtspunkten erstellt wird, innerhalb eines gegebenen Rahmens weitestgehend vollständig sowie systematisch gegliedert ist. Er ermöglicht einen gezielten Zugriff auf seinen Inhalt und besteht aus einem Gliederungs-, einem Haupt- und einem Zugriffsteil und ggf. aus einem Anhang [ROTH 1994, S. 420]. Der „Katalog-Gedanke“ wird hier auf Methoden als Elemente des Wissensspeichers übertragen.	4.2.3
Methodenportal	Webbasierte Form einer Methodensammlung bzw. eines Methodenbaukastens; besitzt gegenüber herkömmlichen papierbasierten Methodensammlungen eine Reihe von Vorteilen, insbesondere was die Möglichkeit zur Filterung und Verlinkung von Inhalten sowie der Hinterlegung weiterführender Informationen betrifft.	4.2.3
Methodensammlung	Menge von Einzelmethoden, die für die Unterstützung eines bestimmten Themengebiets zusammengestellt wurden (z. B. Produktentwicklung, Qualitätsmanagement, Anforderungsklä rung).	4.2.3

Begriff	Definition, Erläuterung	Kapitel
Methodensteckbrief	Bestandteil einer Methodenbeschreibung; Der Methodensteckbrief dient der Methodenidentifikation, der Erlangung einer schnellen Übersicht über die wesentlichen Aspekte einer Methode und somit auch dem Vergleichen und Auswählen von Methoden. Beschreibungskriterien sind: Name, Kurzbeschreibung, Abbildung, Zweck, Voraussetzungen, Wirkung.	5.1.3
Methodik	Zusammenfassung mehrerer Methoden und Vorgehenspläne, z. B. QFD, TRIZ, FMEA, Szenariotechnik.	4.2.1
Morphologie der Entwicklungssituation	Bestandteil der Informationssammlung (Teil des Lösungsansatzes dieser Arbeit); morphologische Systematik zur Beschreibung der Entwicklungssituation. Es existiert eine Morphologie für den direkten Kontext (basierend auf Betrachtungsobjekten und ihren Eigenschaften) sowie für den indirekten Kontext (basierend auf Kontextfaktoren und ihren Eigenschaften).	5.2.1
Problem	Ungewünschter Zustand; ergibt sich durch eine Diskrepanz zwischen aktuellem Zustand (Ist-Situation) und angestrebtem Zustand (Soll-Situation, Ziel).	3.1.4
Produkt	Als Produkte werden in dieser Arbeit technische Produkte betrachtet als in sich geschlossene, aus einer Anzahl von Bauteilen, Baugruppen oder Modulen bestehende funktionsfähige Erzeugnisse (z. B. Maschinen, Geräte, Anlagen).	2.1 4.3.2
Produktentwicklung	Produktentwicklung ist ein geregelter Prozess im Unternehmen, mit dem produzierbare und funktionsfähige Produkte gestaltet werden. Produktentwicklung ist somit eine als Organisationseinheit identifizierbare Unternehmensfunktion. Darüber hinaus existieren noch viele weitere Facetten. Produktentwicklung ist z. B. auch ein psychologischer oder kognitiver Prozess des Problemlösens bzw. ein sozialer Prozess, der in Gruppen, Teams und ganzen Soziosystemen stattfindet [PULM 2004, S. 13]. Die im Rahmen dieser Arbeit fokussierte Konzeptentwicklung ist ein Teilaspekt der gesamten Produktentwicklung.	3.1.1
Produktmodell	Formales Abbild realer oder geplanter Produkteigenschaften; Produktmodelle entstehen durch Abstraktion komplexerer Sachverhalte und trennen das für die jeweilige Aufgabe Wesentliche vom Unwesentlichen, d. h. sie sind aufgabenspezifisch und zweckorientiert. Produktmodelle können im Gedächtnis des Entwicklers existieren oder extern vorliegen.	2.1 4.3.2

Begriff	Definition, Erläuterung	Kapitel
Prozess	Satz von in Wechselbeziehungen stehenden Mitteln und Tätigkeiten, die Eingaben in Ergebnisse umgestalten; Folge von Aktivitäten unter Nutzung von Information und Wissen sowie materiellen Ressourcen, bei denen Eingangsinformationen (Input) zu Ausgangsinformationen (Output) verarbeitet werden.	2.1 4.1.1
Prozessbaukasten	Bestandteil der Informationssammlung (Teil des Lösungsansatzes dieser Arbeit); Sammlung bzw. Speicher an Prozessbausteinen, aus welchem diese situativ ausgewählt werden können.	4.1.2 5.2.2
Prozessbaustein	Beschreibt Aufgaben im Entwicklungsprozess. Prozessbausteine sind als formale Repräsentation von Aufgaben zu verstehen und werden als Informationseinheiten in einem Prozessbaukasten abgelegt, aus dem sie bei Bedarf in einer gewissen Entwicklungssituation abgerufen werden können. Beschreibungselemente für Prozessbausteine sind: Name, Kurzbeschreibung, Abbildung, Aktivitäten, Input und Output.	4.1.2 5.1.2
Prozessmodell	Bildet Elemente eines Prozesses ab, enthält in der Regel mehr Information als ein Vorgehensmodell; Für die Erarbeitung von Prozessmodellen existiert eine Vielzahl an Methoden der Prozessmodellierung, deren Zweck die formale Beschreibung von Prozessen ist.	4.1.1
Prozessnavigation	Orientierung in aktuellen Prozessen; Die Prozessnavigation erfolgt in drei Schritten: Zunächst ist eine Standortbestimmung durchzuführen im Sinne einer Analyse des Prozesses und der Situation, in der sich der Entwickler aktuell befindet. Der zweite Schritt entspricht der Ableitung geeigneter Maßnahmen, um vom aktuellen Standort aus einen optimalen Weg zum Ziel einzuschlagen. Der dritte Schritt ist die Durchführung dieser Maßnahmen, das „Halten des Kurses“. Die Orientierung im Prozess kann durchgeführt werden, wenn zuvor ein Plan erstellt worden war, kann aber auch in ungeplanten Prozessen einen Nutzen bringen.	4.1.4
Prozessplanung	Planung zukünftiger Prozesse; Erstellung eines Plans, welche Entwicklungsaktivitäten in welcher Reihenfolge durchzuführen sind. Als Hilfsmittel für die Prozessplanung können Vorgehensmodelle zum Einsatz kommen.	4.1.4
Prozessreflexion	Analyse abgeschlossener Prozesse, um für zukünftige Prozesse zu lernen; Um die Navigation des Entwicklers über den Verlauf des beobachteten Prozesses zu untersuchen, können Vorgehensmodelle herangezogen werden. Zur Darstellung haben sich so genannte Tapetendiagramme etabliert.	4.1.4

Begriff	Definition, Erläuterung	Kapitel
Situation	Wenn von Situation die Rede ist, wird damit in der Regel die ‚Entwicklungssituation‘ gemeint, die einen zentralen Begriff in dieser Arbeit darstellt (siehe oben).	3.2.1
Situations-analyse	Beschäftigung des Entwicklers mit der Entwicklungssituation zum Zwecke der Ermittlung geeigneter Vorgehensschritte und Methoden; Die Situationsanalyse unterteilt sich in die Einzelschritte der Bedarfserkennung für methodisch-systematisches Handeln, der Analyse der Ist-Situation und der Bestimmung der Soll-Situation (Zielbestimmung).	3.2.4 5.3.1
Situations-erfassung	Erfassung relevanter Aspekte der aktuellen Entwicklungssituation, d. h. Ermittlung der Ausprägungen von relevanten Situationsmerkmalen bzw. Kontextfaktoren. Die Situationserfassung ist somit ein Bestandteil der Situationsanalyse.	3.2.4
Situations-gerecht	Bei Planung und Gestaltung von Aktivitäten werden die Rahmenbedingungen der Entwicklungssituation berücksichtigt, so dass Entwicklungsprozesse effektiv und effizient durchgeführt werden können (Aspekt der Qualität der Unterstützung).	5.3
Situations-konstellation	Menge aller Aussagen zur Ist- und Soll-Situation zu einem gewissen Zeitpunkt im Entwicklungsprozess; einzelne Aussagen können nach dem Betrachtungsobjekt (z. B. Ziele, Funktionen, Lösungen etc.) und dessen Eigenschaften (Merkmale und Ausprägungen) klassifiziert werden.	5.2.4.1
Situations-reflexion	Analyse von in der Vergangenheit liegenden Entwicklungssituationen, um für die Zukunft zu lernen. Hier liegen Parallelen zum Begriff der Prozessreflexion vor. Für die Darstellung von Entwicklungssituationen zum Zwecke ihrer Reflexion existieren verschiedene Möglichkeiten, z. B. die Modellierungsmethoden nach [FRANKENBERGER 1997] und [DEMERS 2000].	3.2.4
Situations-spezifisch	Bezogen auf eine spezifische Situation; Mit diesem Adjektiv wird Bezug genommen auf die Spezifität einer Aussage, also die Menge an konkreten Entwicklungssituationen, für welche die Aussage eine Gültigkeit besitzt. Das Gegenteil von ‚situations-spezifisch‘ ist ‚allgemein‘.	5.3
Situativ	Die Konkretisierung und Detaillierung der Entwicklungsaktivitäten erfolgt kurzfristig auf operativer Ebene in der konkreten Entwicklungssituation (zeitlicher Horizont der Unterstützung).	5.3

Begriff	Definition, Erläuterung	Kapitel
Soll-Situation	Gewünschter Sachverhalt; Bei Sachverhalten kann es sich konkret um Ergebnisse, Ereignisse und Erkenntnisse handeln; sie können klassifiziert werden nach Betrachtungsobjekten und deren Eigenschaften (Merkmal und Ausprägung).	5.1.1
Spezifität	Gültigkeitsbereich einer Situations- bzw. Prozessbeschreibung; Je allgemeiner eine Beschreibung ist, desto mehr Situationen und Prozesse werden damit adressiert, wenn es z. B. um Produkte des Maschinenbaus geht. Je spezifischer ein Sachverhalt beschrieben wird, desto weniger konkrete Situationen und Prozesse fallen in den zugehörigen Gültigkeitsbereich, z. B. wenn Bohrmaschinen im Hochleistungssegment im Fokus stehen.	2.1 3.2.2
Strategie	Langfristig angelegter Plan zur Erreichung grundlegender Ziele , z. B. Integrierte Produktentwicklung oder Lean Development.	4.2.1
Tätigkeit	Handlungsbezogener Bestandteil einer Aktivität; Eine Tätigkeit wird durch ein Verb ausgedrückt (z. B. suchen, analysieren, ermitteln). Dieselbe Tätigkeit kann in Kombination mit unterschiedlichen Betrachtungsobjekten verschiedene Aktivitäten beschreiben (z. B. Anforderungen ermitteln, Probleme ermitteln, Lösungen ermitteln). Ähnliche Tätigkeiten können in Gruppen zu so genannten Grundtätigkeiten zusammengefasst werden.	4.1.1 5.1.2
Vorgehen	Eine gewisse Anzahl an Einzelschritten bzw. eine Abfolge einzelner Handlungen im Entwicklungsprozess.	2.1 4.1.1
Vorgehensmodell	Zeigt wichtige Elemente einer Handlungsfolge entweder im Sinne einer deskriptiven Beschreibung oder einer präskriptiven Vorgabe von Aufgaben bzw. Arbeitsschritten auf; bildet inhaltliche Vorgaben bzw. Empfehlungen hinsichtlich durchzuführender Arbeitsschritte und ihrer zeitlichen Abfolge ab. Drei wesentliche Anwendungszwecke für Vorgehensmodelle sind die Prozessplanung, die Prozessnavigation und die Prozessreflexion.	2.1 4.1.1
Werkzeug	Dient der Durchführung von Methoden und unterstützt den Entwickler dabei, Methoden effektiver und effizienter anzuwenden; Die Bandbreite, die der Begriff Werkzeug abdeckt, ist groß und reicht von einfachen Hilfsmitteln, wie z. B. Formblättern, bis hin zu komplexer Software, z. B. zur Simulation.	2.1 4.2.1
Ziel	Gewünschter bzw. angestrebter Zustand; im Rahmen dieser Arbeit werden vor allem Zwischenziele betrachtet, die durch die Bearbeitung einer Aufgabe bzw. Ausführung eines Arbeitsschritts erreicht werden können.	3.1.4 5.1.1

10 Anhang

Der Anhang enthält detaillierte Ausführungen zu Themen, die im Hauptteil der Arbeit angeschnitten wurden. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Inhalte des Anhangs und die zugehörigen Kapitel des Hauptteils.

Kapitel	Inhalt	Kapitel Hauptteil	Themenblock
10.1	Ordnungsschema für die Produktentwicklung	2.2	Grundlagen
10.2	Beschreibung der Entwicklungssituation	3.2	Stand der Forschung
10.3	Vorgehensmodelle der Produktentwicklung	4.1	
10.4	Methoden der Produktentwicklung	4.2	
10.5	Analyse studentischer Entwicklungsprojekte	4.1.5, 4.2.5	
10.6	Morphologie der Entwicklungssituation	5.2.1	Lösungsansatz der Arbeit
10.7	Prozessbaukasten für die Konzeptentwicklung	5.2.2	
10.8	Methodenbaukasten für die Konzeptentwicklung	5.2.3	

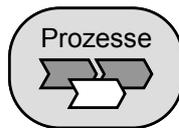
10.1 Ordnungsschema für die Produktentwicklung

In Kapitel 2.2 wurde ein Modell mit den sechs Elementen Prozesse, Produkte, Methoden, Werkzeuge, Menschen und Situationen vorgestellt. Diese Elemente stellen **Forschungsgegenstände** der Produktentwicklung dar. Je nach Forschungsprojekt wird in der Regel der Fokus auf bestimmte Forschungsgegenstände gelegt. Projekte im Bereich der Empirischen Konstruktionsforschung beschäftigen sich schwerpunktmäßig mit dem Menschen und untersuchen beispielsweise den Einfluss der persönlichen Eigenschaften des Konstrukteurs (Wissen, Erfahrung, Motivation etc.) auf den Prozess und das daraus resultierende Produkt. Dahingegen legen viele Forschungsprojekte im Bereich der Virtuellen Produktentwicklung das Hauptaugenmerk auf neuartige Werkzeuge zur rechnergestützten Darstellung, Analyse und Gestaltung von Produkten und Prozessen. Zwar werden in konkreten Forschungsvorhaben meist alle Elemente des Modells in irgendeiner Form adressiert, da diese zusammenhängen und in Interaktion stehen. Es kommt aber dennoch zu Schwerpunktbildungen, weshalb sich das Modell recht gut zur Einordnung und Abgrenzung des Themenspektrums eignet.

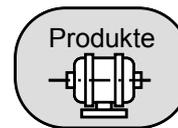
In Bezug auf die Forschungsgegenstände existiert eine Fülle an **Einzelthemen**. Hinsichtlich der Prozesse können beispielsweise verschiedene Mechanismen untersucht werden: von der Prozessdarstellung und -modellierung, über die Prozessplanung und -steuerung, die Prozessanalyse und -reflexion bis hin zur Prozessoptimierung und -bewertung. Auch hinsichtlich der Prozessinhalte können unterschiedliche Schwerpunkte gelegt werden: auf Prozesse des Entwicklungsmanagements (beispielsweise im Bereich Innovations-, Änderungs-, Qualitäts- oder Krisenmanagement) oder auf operative Entwicklungsprozesse (z. B. Aufgabenklärung, Konzeptentwicklung, Entwurf und Ausarbeitung). Im Folgenden werden zu jedem Forschungsgegenstand mögliche Einzelthemen aufgelistet. Diese Aufzählung erhebt zwar keinen Anspruch auf Vollständigkeit, gibt aber einen guten Einblick in die Themenfülle.

Prozesse – Themen

- Management, Organisation
- Planung, Steuerung
- Analyse, Reflexion
- Optimierung, Bewertung
- Prozessmodellierung, Darstellung
- Flexibilisierung
- Prozessbaukasten, Prozessspeicher
- Entwicklungsmanagement (Innovation, Änderungen, Qualität, Kosten, Varianten, Fehler, Krisen etc.)
- Konstruktion, Konzeptentwicklung
- Entwurf, Ausarbeitung

**Produkte – Themen**

- Produkteigenschaften
- Anforderungen
- Funktionen
- Konzept, Wirkprinzip, Wirkstruktur
- Entwurf, Gestalt, Form, Design
- Anwendungen, Applikationen
- Produktdatenmanagement
- Produktrepräsentationen, Produktmodelle
- Bauteile, Komponenten
- Module, Systeme
- Produktspektren, Baukästen
- Variantenvielfalt, Komplexität

**Methoden – Themen**

- Neu-, Weiterentwicklung
- Auswahl, Kombination
- Anpassung, Anwendung
- Vermittlung, Lehre
- Einführung, Implementierung
- Bewertung
- Rechnerunterstützung
- Flexibilisierung
- Methodensammlung, Methodenbaukasten
- Strategien, Methodiken
- Arbeitsmethoden
- Kreativitätstechniken
- Konstruktionssystematik
- Design for X

**Werkzeuge – Themen**

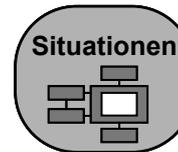
- CAD, CAM, CAE, CAx
- Berechnung, Simulation
- Virtual Reality, Digital Mock-up
- PDM, PLM
- Prototyping
- Informations- und Wissensmanagement
- Kommunikationsmedien
- Skizzierwerkzeuge
- Ideenmanagement, Ideenspeicher
- Datenbanken, Wissensspeicher
- Checklisten, Konstruktionskataloge
- Konstruktionsleitsysteme
- Komplexitätsmanagement
- Strukturanalyse, Strukturoptimierung

**Menschen – Themen**

- Individuen
- Gruppen, Teams
- Organisation
- Denkpsychologie
- Kreativität, Innovation
- Implizites, explizites Wissen
- Verantwortung, Ethik
- Kommunikation
- Koordination, Führung
- Kooperation
- Krisen, Konflikte
- Kulturen
- Disziplinen
- Medieneinsatz

**Situationen – Themen**

- Komplexität
- Anforderungen, Ziele
- Zeit, Kosten, Qualität
- Daten, Informationen
- Wissen, Kompetenzen
- Unternehmen, Philosophie, Vision
- Branchen, Technologien
- Kunden, Absatzmärkte
- Wettbewerb, Konkurrenz
- Beschaffungsmärkte, Zulieferer
- Umwelt, Gesellschaft
- Politik, Gesetze
- Innovationen, Patente
- Normen, Standards



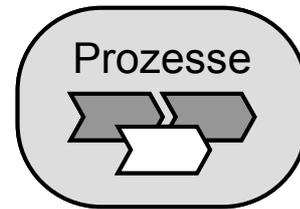
Nicht nur die Konzentration auf die primär im Blickpunkt stehenden Forschungsgegenstände (Prozesse, Produkte etc.) erlaubt eine Ein- und Abgrenzung des Forschungsthemas. Ebenso kann der **Betrachtungsumfang** festgelegt werden, um eine weitere Schwerpunktbildung zu ermöglichen. Je nach Forschungsgegenstand ist der Betrachtungsumfang unterschiedlich zu deuten. Hinsichtlich der Betrachtung von Prozessen, Produkten und Methoden wird damit der Auflösungsgrad oder die Granularität der betrachteten Einheiten gemeint. Hier bewegt sich das Spektrum zwischen einer Mikrologik mit hoher Granularität und einer Makrologik mit geringer Granularität. Im Themenblock Menschen ist mit Betrachtungsumfang die Anzahl der untersuchten Personen gemeint, das Spektrum erstreckt sich hier vom Individuum über Teams bis hin zu größeren Organisationseinheiten. In Bezug auf die Werkzeuge entspricht der Betrachtungsumfang der Werkzeugkomplexität. Bei den Situationen wird schließlich nach der Spezifität der Betrachtung differenziert. Bei hoher Spezifität wird das Feld der betrachteten Situationen stark eingeschränkt und fokussiert, bei niedriger Spezifität erfolgt eine sehr allge-
meingültige Untersuchung.

Unterschiedliche Betrachtungsumfänge je nach Forschungsgegenstand werden im Folgenden anhand **ausgewählter Forschungsarbeiten** exemplarisch diskutiert. Die aufgeführten Arbeiten sind in den letzten zehn Jahren am Lehrstuhl für Produktentwicklung der TU München entstanden. Es ist hier nicht das Ziel, den Stand der Forschung in Bezug auf die einzelnen Themen darzustellen. Vielmehr werden Beispiele thematischer Schwerpunktsetzungen aufgezeigt. Eine ausführliche Diskussion dieser vorgenommenen Zuordnung von Autoren zu Themenschwerpunkten folgt im Anschluss an die Tabelle. Es handelt sich bei den Arbeiten weitestgehend um Dissertationen, die im Dissertationsverzeichnis in Kapitel 11 enthalten sind. Ausnahmen stellen [GRIEB & LINDEMANN 2006] und [MAURER ET AL. 2005] dar, die im Literaturverzeichnis in Kapitel 8 aufgeführt sind.

Betrachtungsobjekt	Betrachtungsumfang	Autoren (Nennung exemplarisch)
Prozesse	Elementare Abläufe	Wulf 2002, Pache 2005
	Arbeitsschritte, Phasen	Günther 1998, Demers 2000
	Makroprozesse	Kleedörfer 1998, Bichlmaier 2000
Produkte	Produktparameter, Partialmodelle	Amft 2002, Pache 2005
	Gesamtprodukte	Ambrosy 1997, Irlinger 1998
	Produktfamilien, Produktspektren	Pulm 2004, Maurer et al. 2005
Methoden	Elementarmethodik	Zanker 1999, Gerst 2002
	Arbeitsmethodik	Schwankl 2002, Gramann 2004
	Makromethodik	Mörtl 2002, Braun 2005
Werkzeuge	Einfache Werkzeuge	Giapoulis 1998, Gramann 2004
	Komplexe Werkzeuge	Schwankl 2002, Jung 2006
	Hoch komplexe Werkzeuge	Aßmann 2000, Collin 2001
Menschen	Individuum, Einzelperson	Giapoulis 1998, Günther 1998
	Gruppe, Team	Wulf 2002, Grieb & Lindemann 2006
	Organisation	Kleedörfer 1998, Schoen 2000
Situationen	Hoch spezifische Situationen	Jung 2006, Gahr 2006
	Spezifische Situationen	Zanker 1999, Bichlmaier 2000
	Allgemeine Situationen	Ambrosy 1997, Pulm 2004

Themenbereich Prozesse

Bei der Erforschung von **Prozessen** der Produktentwicklung können Schwerpunkte auf strategische oder auf operative Prozesse gelegt werden. Zur Einordnung der Untersuchungen von Entwicklungsprozessen ist es wichtig, Angaben zur betrachteten Prozessgranularität zu machen. Als Auflösungsgrade werden hier elementare Abläufe, Arbeitsschritte bzw. Phasen auf operativer Ebene und Makroprozesse betrachtet.



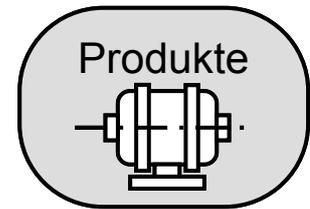
Prozesse auf der Ebene elementarer Denk- und Handlungsabläufe besitzen die größte Granularität. Sie spielen sich im Bereich von Sekunden und Minuten ab, hier ist auch von Mikrologik die Rede. Beispielsweise beobachtet und analysiert WULF in Fallbeispielen elementare Prozesse während der Lösungssuche und Entscheidungsfindung und entwickelt zu deren Optimierung elementarmethodische Konzepte [WULF 2002]. PACHE untersucht in Konstruktionsexperimenten einzelne Entwickler bei der Erstellung von Skizzen zur Entwicklung technischer Lösungskonzepte. Er verschafft dadurch einen Einblick in die grundlegenden Prozesse, die beim Skizzieren im Entwickler stattfinden. Darüber hinaus präsentiert er einen Ansatz, den Skizzierprozess als Kommunikation des Entwicklers mit sich selbst interpretiert und definiert Anforderungen an neue Skizziermedien [PACHE 2005].

Operative Arbeitsschritte und größere Arbeitsabschnitte bzw. Phasen, die eine gewisse Menge an Arbeitsschritten umfassen, spielen sich im Bereich von Stunden und Tagen ab. GÜNTHER beobachtet beispielsweise Konstruktionsprozesse von Einzelentwicklern unter Laborbedingungen, um das Auftreten verschiedener Konstruktionsphasen (Aufgabenklärung, Konzipieren, Entwerfen) und deren Reihenfolge im Gesamtprozess zu untersuchen. Ferner analysiert er, wie diese Prozessmuster mit Personenmerkmalen der beteiligten Konstrukteure korrelieren [GÜNTHER 1998]. DEMERS entwickelt eine Methode zur dynamischen Prozessplanung und -steuerung auf operativer Ebene, welche sich an eine Methode zur Problemformulierung aus dem Methodenbaukasten TRIZ anlehnt. Die Methode ist besonders für Produktentwicklungsprozesse geeignet, die sich aufgrund ihres Pioniercharakters und/oder wegen sich dynamisch verändernden Randbedingungen schlecht detailliert vorausplanen und durchführen lassen [DEMERS 2000].

Der größte Betrachtungsumfang im Hinblick auf Entwicklungsprozesse und damit auch der geringste Auflösungsgrad sind auf der Ebene der Makrologik zu sehen. Forschungsarbeiten auf dieser Ebene befassen sich nicht mit der Untersuchung einzelner Ausschnitte aus einem Entwicklungsprozess, sondern mit dem Prozess in seiner Gesamtheit, auch im Sinne des Projektmanagements. Die betrachtete Zeitspanne kann somit Monate bis Jahre abdecken. KLEEDÖRFER führt z. B. eine Analyse der Änderungsprobleme in verschiedenen Sparten der Fahrzeugindustrie durch und entwickelt als Lösungsansatz das Konzept eines dezentralen Prozess- und Änderungsmanagements [KLEEDÖRFER 1998]. BICHLMAIER beschäftigt sich mit der Abbildung und inhaltlichen Gestaltung von Entwicklungsprozessen in ihrer Gesamtheit. Sein Fokus liegt auf der Erreichung der nötigen Flexibilität, um den Entwicklungsprozess schnell an unvorhersehbare Ereignisse oder wechselnde Randbedingungen anpassen zu können. Der gewählte Ansatz, den Entwicklungsprozess aus einzelnen Prozessbausteinen aufzubauen, trägt zu einer besseren Möglichkeit einer Feinplanung bei [BICHLMAIER 2000].

Themenbereich Produkte

Im Themenbereich **Produkte** werden Forschungsarbeiten diskutiert, die sich schwerpunktmäßig mit der Beschreibung, Analyse und Gestaltung von Produkten beschäftigen. Inhalt der Untersuchungen sind Produktmerkmale und -eigenschaften, Produktdaten und -informationen, Produktmodelle und -dokumente. Es wird ebenfalls eine Differenzierung nach dem Betrachtungsumfang vorgenommen. Dieser nimmt zu von der Betrachtung spezieller Teilaspekte des Produkts (Produktpartialmodelle, Produktparameter), über Produkte in ihrer Gesamtheit bis hin zur Untersuchung kompletter Produktfamilien und Produktspektren.



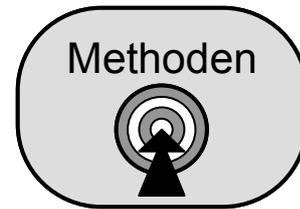
Bei der Betrachtung von Teilaspekten des Produkts kann eine Fokussierung auf mehrere Arten realisiert werden: einerseits durch eine Konzentration auf spezifische Parameter innerhalb der gesamten Menge möglicher produktbeschreibender Parameter (Kosten, Gewicht, Zuverlässigkeit etc.), andererseits durch die Betrachtung spezieller Produktmodelle, die im Entwicklungsprozess entstehen. AMFT beschäftigt sich beispielsweise mit der bidirektionalen Integration von Berechnung und Gestaltung. Er entwickelt ein spezifisches Produktmodell, das alle Berechnungen des Entwicklungsprozesses durchgängig von den frühen bis in die späten Phasen abbildet [AMFT 2002]. PACHE erforscht den Einsatz von Skizzen in Prozessen der Konzeptentwicklung. Dabei untersucht er z. B. die in den Skizzen enthaltenen Elemente hinsichtlich ihres Abstraktionsgrads oder der komplexen technischen „Stories“, die eine Skizze abzubilden vermag [PACHE 2005].

Andere Forschungsarbeiten betrachten Produkte hinsichtlich einer umfassenden Menge an relevanten Parametern im Rahmen des gesamten Produktlebenslaufs. AMBROSY entwickelt z. B. ein integriertes Produktmodell als Grundlage für die Konzeption einer durchgängigen Rechnerunterstützung. Das Modell wurde im Rechnerintegrierten Konstruktionsarbeitsplatz INKA implementiert und lässt sich an verschiedene Anwendungsfälle anpassen, unter anderem zur Erzeugung von Features im featurebasierten Geometriemodellierer [AMBROSY 1997]. IRLINGER entwickelt eine funktionsorientierte Produktlogik, die wechselseitige Abhängigkeiten zwischen Beschaffenheitsmerkmalen und zu erfüllenden Funktionen, zwischen Beschaffenheitsmerkmalen und Einflüssen auf diese während des Entwicklungsprozesses (Versuche, Prototypen, Besprechungen etc.) und zwischen Beschaffenheitsmerkmalen untereinander abbildet [IRLINGER 1998].

Zahlreiche aktuelle Forschungsarbeiten gehen über die Betrachtung von Einzelprodukten hinaus und beschäftigen sich mit ganzen Produktspektren oder Produktfamilien (Baukästen, Baureihen etc.). Die Arbeit von PULM widmet sich unter anderem der Entwicklung und Strukturplanung individualisierter Produkte. Er präsentiert hierbei eine Methodik zur Entwicklung flexibler, variantenreicher und individualisierbarer Produktspektren, die neben anderen Aspekten ein konzeptionelles Produktdatenmodell (Metamodell zur Darstellung von Produktspektren) beinhaltet [PULM 2004]. MAURER ET AL. beschreiben die Software MOFLEPS, die für die Darstellung, Analyse und Optimierung komplexer Strukturen entwickelt wurde. Die Einsatzmöglichkeiten dieses Werkzeugs werden ebenfalls am Beispiel der Strukturplanung für individualisierte Produkte aufgezeigt [MAURER ET AL. 2005].

Themenbereich Methoden

Methoden werden in der Produktentwicklung zur effektiven und effizienten Ausführung von Prozessen eingesetzt. Die Methodenforschung kann auf unterschiedlichen Ebenen ansetzen: der Elementarmethodik, der Arbeitsmethodik oder der Makromethodik. Der Auflösungsgrad bei der Betrachtung von Methoden ist dabei in der Regel eng mit der betrachteten Prozessgranularität gekoppelt.



Die Elementarmethodik beschäftigt sich auf einer Mikroebene mit den elementaren Bestandteilen von Methoden. Diese können für die Unterstützung elementarer Denk- und Handlungsaktivitäten herangezogen oder in Kombination zu Arbeitsmethoden zusammengesetzt werden. Elementarmethodische Ansätze sind unter anderem bei ZANKER Gegenstand der Betrachtung, der eine Klassifikation vorstellt, welche die Grundelemente von Entwicklungsaufgaben und Methoden zum Inhalt hat (Grundtätigkeiten) und die Zusammenführung der beiden nach dem „Schlüssel-Schloss-Prinzip“ ermöglichen soll [ZANKER 1999]. GERST greift die Ansätze von ZANKER auf und abstrahiert bestehende Methoden der Strategieentwicklung auf ihre „methodischen Funktionen“. Nach den Prinzipien der Variation und Kombination kann so ein angepasstes methodisches Vorgehen gestaltet werden [GERST 2002].

Als Arbeitsmethodik wird die thematische Beschäftigung mit Arbeitsmethoden verstanden, welche der Unterstützung von operativen Arbeitsschritten im Entwicklungsprozess dienen und zu konkreten Arbeitsergebnissen führen. Arbeitsmethoden sind beispielsweise Thema bei SCHWANKL, der ein ‚Erweitertes Vorgehensmodell‘ für die frühen Phasen der Produktentwicklung vorstellt und untersucht, wie die einzelnen Schritte darin mit Arbeitsmethoden gezielt unterstützt werden können. Insbesondere unterstreicht er die Bedeutung orientierender Schritte der Lösungssuche und Eigenschaftsanalyse [SCHWANKL 2002]. GRAMANN untersucht vor dem Hintergrund neuer Erkenntnisse der Kognitionspsychologie und eigener Beobachtungen der Methodenanwendung in der Praxis die Wirkungsweise einer Reihe von Arbeitsmethoden zur Lösung technischer Probleme, die sich in der Entwicklungsmethodik etabliert haben. Er geht dabei unter anderem auf Methoden zur Problemmodellierung, dialektische Methoden, und Kreativitätstechniken ein [GRAMANN 2004].

Mit der letzten hier aufgeführten Ebene der Makromethodik wird eine Sichtweise bezeichnet, die über die Betrachtung von operativen Arbeitsschritten hinausgeht, welche die methodische Unterstützung von Entwicklungsprojekten in ihrer Gesamtheit betrifft und damit einen strategischen Charakter annimmt. Hier seien exemplarisch die Arbeiten von MÖRTL und BRAUN erwähnt. MÖRTL leitet aus der Analyse mehrerer Entwicklungsprojekte und Produkte eine Vorgehensweise zur Unterstützung der frühen Projektphasen zur Entwicklung langlebiger, upgradinggerechter Produkte ab. Er betrachtet Upgradingprojekte in ihrer Gesamtheit im Sinne eines Entwicklungsmanagements für upgradinggerechte Produkte [MÖRTL 2002]. BRAUN entwickelt ein Konzept für den Methodeneinsatz auf verschiedenen Aufgabenebenen. Zunächst behandelt er den Methodeneinsatz für übergeordnete Aufgabenstellungen. Hierbei geht es um die Klärung eines geeigneten Vorgehens passend zur übergeordneten Zielsetzung (Strategie). Erst im Anschluss können auf Ebene der Arbeitsmethodik für einzelne Schritte im Vorgehen einzelne Methoden ausgewählt, angepasst und angewandt werden [BRAUN 2005].

Themenbereich Werkzeuge

Als **Werkzeuge** werden hier zumeist rechnerbasierte Hilfsmittel für die Prozessunterstützung verstanden. Erst wenn geeignete Werkzeuge verfügbar sind, können manche Methoden erst richtig ihre Wirkung entfalten. Werkzeuge werden im Folgenden nach ihrer Komplexität unterschieden. Komplexität ist oftmals schwer greifbar bzw. quantifizierbar. Daher werden hier drei Ausprägungen verwendet und Beispiele herangezogen, um Unterschiede in der Werkzeugkomplexität zu verdeutlichen.



Als einfach werden Werkzeuge zur Unterstützung des Entwicklungsprozesses verstanden, die schnell verfügbar, einfach zu verstehen und aufwandsarm zu bedienen sind. Mit derartigen Werkzeugen beschäftigt sich unter anderem GIAPOULIS, der Modelle zur Planung und Steuerung ergebnisabhängiger Schritte im Konstruktionsprozess entwickelt [GIAPOULIS 1998]. Ein weiteres Beispiel sind Checklisten wie die von GRAMANN entwickelte Assoziationsliste, welche die Suche und Übertragung von Analogien aus der Biologie für die Technik unterstützt. Konkret ermöglicht sie den Zugang zu möglicherweise für die Lösungssuche relevanten biologischen Systemen über ein funktionsorientiertes Zugriffssystem und dient damit der Unterstützung der Methode Bionik [GRAMANN 2004].

Als komplex werden hier softwaregestützte Werkzeuge bezeichnet, die eine höhere Funktionalität als einfache Werkzeuge besitzen und deren Anwendung einer gewissen Einarbeitung bedarf. Im Folgenden werden zwei datenbankbasierte Beispiele aus dieser Kategorie vorgestellt. SCHWANKL entwickelt mehrere Datenbanken mit unterschiedlichen Anwendungsschwerpunkten, die eine durchgängige prozessbegleitende Dokumentation beginnend in den frühen Phasen der Entwicklung unterstützen sollen. Beispiele sind eine Datenbank zum Ideenmanagement und eine Konzeptdatenbank. Außerdem werden die entwickelten Einzelwerkzeuge in ein übergeordnetes System integriert [SCHWANKL 2002]. JUNG stellt ein datenbankbasiertes Werkzeug für die relationale iterative Anforderungsklä rung vor. Im Vordergrund der Forschung steht bei JUNG ein neuer methodischer Ansatz zur Anforderungsklä rung. Das Werkzeug dient bei ihm einerseits zur Verifikation des Ansatzes und andererseits zur Unterstützung eines praktischen Einsatzes der Methodik, da es das beschriebene Vorgehen abbildet und den Anwender durch den Prozess leitet [JUNG 2006].

Als hoch komplex werden Werkzeuge verstanden, die einen Entwicklungsprozess in seiner Gesamtheit unterstützen und das Vorgehen dadurch signifikant prägen. Damit sind auch Werkzeuge gemeint, für deren Entwicklung ein hoher Aufwand und eine gewisse Expertise notwendig sind. Für die Werkzeuganwendung bedarf es entsprechender Schulung und Einarbeitung. Einen Vertreter dieser Kategorie stellt das von ABMANN beschriebene Werkzeug ‚Integrierter Konstruktionsarbeitsplatz‘ (INKA) dar, das für die durchgängige Unterstützung des Entwicklungsprozesses entwickelt wurde und dessen Einsatz speziell für das Änderungsmanagement, im Besonderen für die Visualisierung von Änderungsauswirkungen, geeignet ist [ABMANN 2000]. COLLIN präsentiert das Konzept eines Produkt- und Prozessinformationssystems (IntraPro IS), das basierend auf der Analyse der CAD-Featuretechnologie und verschiedenster Internet/Intranet-Softwarebausteine entwickelt wurde, um beliebige Informationen aus dem Produktlebenslauf bereitzustellen [COLLIN 2001].

Themenbereich Menschen

Eine zentrale Rolle in der Produktentwicklung nimmt trotz aller Bemühungen der Algorithmisierung und der Übertragung von Aufgaben an den Rechner immer noch der **Mensch** ein. Mit Menschen sind hier Konstrukteure, Entwickler, Planer, Entscheider etc. gemeint, also handelnde Akteure in der Produktentwicklung. Hinsichtlich des Betrachtungsumfangs wird eine Unterscheidung in die Ausprägungen Individuum, Gruppe/Team und Organisation vorgenommen.



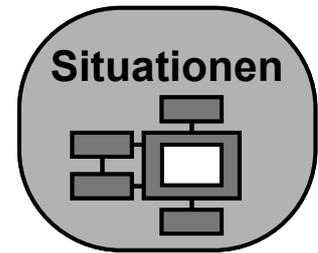
Der Entwickler als Individuum steht z. B. bei GIAPOULIS und GÜNTHER im Fokus der Betrachtung. GIAPOULIS entwickelt Konzepte für neuartige elastische Wellenkupplungen und nimmt dabei die Doppelrolle des Entwicklers und Prozessbeobachters ein. Inhalt seiner Prozessanalyse ist die Identifikation und Klassifikation von Schwächen und Fehlern, sowie ihrer Ursachen im Konstruktionsprozess. Darauf aufbauend entwickelt er Thesen und Hilfsmittel zur Erhöhung der Prozesseffektivität [GIAPOULIS 1998]. GÜNTHER untersucht im Rahmen von Konstruktionsexperimenten mit Individuen die Einflüsse von Personenmerkmalen auf den Konstruktionsprozess und das Konstruktionsergebnis. Insbesondere werden die Vorgehensweisen von Praktikern ohne Methodikausbildung betrachtet und denen von methodisch ausgebildeten Konstrukteuren gegenübergestellt [GÜNTHER 1998].

Untersuchungen zu Entwicklern in Gruppen finden sich z. B. bei WULF. Er leitet aus der Analyse von Fallbeispielen elementarmethodische Konzepte ab, die einzelne Entwickler und kleinere Teams ohne formalen Zwang bei der handlungslogisch effizienten Lösungsfindung unterstützen und damit die natürliche kognitive Dynamik bei den Beteiligten fördern. Ein Ansatz in seiner Arbeit ist es, die Lösungsfindung im Team als politischen Prozess aufzufassen, bei der konkurrierende Lösungsansätze parallel verfolgt werden können [WULF 2002]. GRIEB & LINDEMANN beschreiben Versuche, in denen der Einsatz von Kommunikationsmedien bei Entwicklungsprozessen in räumlich verteilten Zweierteams untersucht wird. Die Aufgabenstellung, die von zwei Entwicklern an verteilten Standorten in drei aufeinander folgenden Tagen mit jeweils vorgegebenen Arbeitsergebnissen zu bearbeiten sind, besteht in der Konzeptentwicklung für eine Tourenskibindung [GRIEB & LINDEMANN 2006].

Die Rolle des Menschen im Kontext der Organisation wird schließlich unter anderem von KLEEDÖRFER und SCHOEN erforscht. KLEEDÖRFER untersucht die Planung und Steuerung von Entwicklungsprojekten in komplexen Organisationsstrukturen unter dem Aspekt technischer Änderungsprozesse. In seinem Lösungsansatz beschäftigt er sich neben den Themen der Prozessbeschreibung und Rechnerunterstützung mit geeigneten Organisationsformen, die auf dem Einsatz von Simultaneous Engineering-Teams basieren [KLEEDÖRFER 1998]. SCHOEN beschäftigt sich mit so genannten „Communities of practice“ (CoPs), welche sich aus Fachleuten zusammensetzen, die auf Basis eines gemeinsamen Interesses an einem geschäftsrelevanten Themengebiet über die Grenzen von Organisationseinheiten und täglichen Arbeitsprozessen hinweg ihr Wissen austauschen und entwickeln sowie sich gegenseitig unterstützen. Die Arbeit von Schoen trägt zur Optimierung des Einsatzes von CoPs in der industriellen Praxis bei [SCHOEN 2000].

Themenbereich Situationen

Der Themenbereich **Situationen** nimmt einen Sonderstatus ein. Anders als bei den bisher diskutierten Forschungsgegenständen handelt es sich bei der Situation nicht um ein konkretes Betrachtungsobjekt wie den Entwickler oder das Produkt. Im Prinzip werden Situationen durch die spezifischen Ausprägungen in den Bereichen Prozesse, Produkte, Methoden, Werkzeuge und Menschen definiert. Dennoch findet auch hier eine dreigeteilte Differenzierung nach dem Betrachtungsumfang statt. Dabei wird untersucht, wie spezifisch eine Themenstellung eingegrenzt wird, d. h. für wie viele konkrete Situationen der Ansatz Gültigkeit besitzt.



Die Grenzen sind gerade in diesem Themenbereich nicht exakt bestimmbar und tendenziell fließend. Daher ist die Definition von Ausprägungen des Betrachtungsumfangs im Themenfeld Situationen (hoch spezifisch, spezifisch, allgemein) eher als Tendenz zu sehen, um zwischen Spezialisten und Generalisten zu unterscheiden.

Eine starke Eingrenzung des behandelten Themengebiets wird beispielsweise von JUNG und GAHR vorgenommen, deren Arbeiten werden daher als hoch spezifisch bezeichnet. JUNG widmet sich der Thematik der Anforderungsklä rung, was aus Prozesssicht eine Fokussierung darstellt. Zudem betrachtet er hochgradig interdisziplinäre Entwicklungsprojekte, von ihm als „fremddisziplinär bestimmt“ bezeichnet, was einen zusätzlichen Fokus schafft [JUNG 2006]. GAHR beschäftigt sich mit Methoden und Hilfsmitteln des Kostenmanagement in den frühen Phasen der Entwicklung, im Speziellen mit der entwicklungsbegleitenden Kalkulation. Aus Produktsicht konzentriert er sich dabei auf individualisierte Produkte [GAHR 2006].

Ebenfalls eine spezifische Sicht auf die Produktentwicklung wird den nächstgenannten Autoren entwickelt, der Fokus ist jedoch nicht so eng wie bei den zuvor diskutierten Arbeiten. ZANKER konzentriert sich auf die Optimierung des Methodeneinsatzes und stellt Zusammenhänge zwischen Methoden und Entwicklungsprozessen dar [ZANKER 1999]. BICHLMAIER fokussiert auf die Gestaltung und Optimierung von Entwicklungsprozessen und nimmt dabei insbesondere eine integrierte Betrachtung der Bereiche Konstruktion und Montageplanung vor. Dabei wird der gesamte Konstruktionsprozess betrachtet ohne Einschränkung auf spezifische Aufgaben, auch findet aus Produktsicht keine Fokussierung statt [BICHLMAIER 2000].

Forschungsarbeiten, die dahingegen keine spezifische Eingrenzung des Betrachtungsfelds Produktentwicklung vornehmen, werden hier bzgl. des Betrachtungsumfangs als allgemein eingestuft. AMBROSY setzt sich z. B. allgemein die Entwicklung von Methoden und Werkzeugen zur Verbesserung der Integrierten Produktentwicklung zum Ziel. Er adressiert dabei menschliche Einflüsse auf die Produktentwicklung und Formen der Prozessoptimierung, beschäftigt sich aber auch mit der integrierten Rechnerunterstützung und Produktmodellen [AMBROSY 1997]. PULM führt im ersten Teil seiner Arbeit eine Betrachtung der Produktentwicklung aus systemtheoretischer Sicht durch und untersucht die Übertragbarkeit von Prinzipien der Systemtheorie. Hierbei analysiert er z. B. die Entwicklung der Systeme Wissenschaft, Produktentwicklung und Konstruktionsmethodik, die Bedeutung der Kommunikation und die Rolle von Medien [PULM 2004].

10.2 Stand der Forschung zur Entwicklungssituation

Dieser Abschnitt bietet ergänzende Informationen zu den in Kapitel 3.2 diskutierten Inhalten. Zunächst werden verschiedenen Themen aus dem Bereich Entwicklungssituation in einer Matrix Autoren zugeordnet, welche Beiträge zu diesen Themen leisten. Sodann werden in der Literatur verfügbare Sammlungen an Merkmalen bzw. Einflussfaktoren der Entwicklungssituation einander vergleichend gegenübergestellt. Im Anschluss werden einzelne ausgewählte Beiträge aus der Literatur in ihren Details wiedergegeben.

Zuordnung von Themen zu Autoren

Themen	Begriffsdef. Situation (Kontext)	Modellierung Situation (Kontext)	Sammlung Situationsmerkmale	Sammlung Ausprägungen (Morphologie)	Situationsanalyse/-reflexion
Autoren	Kapitel 3.2.1	Kapitel 3.2.2	Kapitel 3.2.3	Kapitel 3.2.3	Kapitel 3.2.4
Badke-Schaub & Frankenberger 2004		•	•		•
Braun 2005			•	•	
Brockhaus 1996	•				
Demers 2000		•			•
Dorst & Reymen 2004			•	•	
Dylla 1991			•	•	
Ehrlenspiel 2003			•	•	•
Frankenberger 1997		•	•		•
Größer 1992			•	•	•
Günther 1998			•	•	
Hales & Gooch 2004	•	•			
Hubka & Eder 1996	•	•			
Hutterer 2005					•
Lawson 2004			•	•	
Meißner et al. 2005	•	•			
Negele 1998			•	•	
Ostergaard & Summers 2003			•	•	
Pahl et al. 2005			•	•	
Reymen 2001	•	•			•
Reymen 2003					•
Reymen et al. 2006	•	•			•
Salein 1999			•	•	
Schoen 2000		•			
Schön 1983	•				•
Schroda 2000			•	•	
Storath 1996	•				
Wallmeier 2001					•

Merkmale bzw. Einflussfaktoren der Entwicklungssituation

In Kapitel 3.2.3 wurden bereits Einflussfaktoren der Entwicklungssituation diskutiert. Hier werden nochmals Merkmalssammlungen gegenübergestellt (basierend auf den Arbeiten von [DYLLA 1991], [GRÖßER 1992], [FRANKENBERGER 1997], [GÜNTHER 1998], [NEGELE 1998]). Je nach Autor werden sehr unterschiedliche Merkmale verwendet, auch werden ähnliche Merkmale zum Teil unterschiedlich formuliert. Ein Beispiel ist das Merkmal ‚Neuigkeit der Aufgabe‘ bzw. ‚Art der Vorgabe‘ bzw. ‚Neuheitsgrad‘.

Merkmale aus dem Themenbereich ‚Entwicklungsaufgabe/Produkt‘

Frankenberger 1997	Dylla 1991	Größer 1992
Aufgabe	Merkmale Anfangszustand	Aufgabenstellung
Neuigkeit der Aufgabe	Art der Vorgabe	Aufgabensteller
Änderungshäufigkeit von Anforderungen	Art der Hauptforderung	Aufgabenumfang
Ergebnis	Merkmale Zielzustand	Darstellungsart
Funktionserfüllung	Komplexität des Produkts	Vollständigkeit
Kosten	Produktart (Branche)	Neuheitsgrad
Termin	Fertigungsart	Innovationstyp
	Ermittelbarkeit der Produktmerkmale	Entwicklungsstand
		Komplexität

Merkmale aus dem Themenbereich ‚Entwickler/Team‘

Frankenberger 1997	Günther 1998	Größer 1992
Voraussetzungen Individuum	Wissen	Demographische Merkmale
Erfahrung	Fachwissen	Geschlecht
Kompetenz	Sachwissen	Alter
Kontrollbedürfnis	Methodenwissen	Sozioökonomische Merkmale
Theoretische Ausbildung	Heuristische Kompetenz	Art der Ausbildung
Subjektiver Zeitdruck	Fähigkeiten	Niveau der Ausbildung
Motivation	Räumliches Vorstellungsvermögen	Psychoökonomische Merkmale
Qualitätsanspruch	Analysefähigkeit	Kognitiver Stil
Aufgeschlossenheit	Synthesefähigkeit	Epistemische Struktur
Durchsetzungsvermögen	Fertigkeiten	Heuristische Struktur
Soziales Wissen	Zeichenerfertigkeit	Art der Barriere
Handlungsorientierung	Skizzierfertigkeit	Epistemische Kompetenz
Voraussetzungen Gruppe	Emotion	Heuristische Kompetenz
Gruppenorganisation	Resignation	Neugier
Macht	Regression	Abstraktheit
Qualität der Führung	Motivation	Einstellung gegenüber kollektiven Problemlösungsprozessen
Gruppenklima	Leistungsfähigkeit	Komplexität und Art/en des/der vorhandenen Produktmodelle/s
Informelle Hierarchie	Leistungsbereitschaft	

Merkmale aus dem Themenbereich ‚Rahmenbedingungen‘

Frankenberger 1997	Negele 1998
Rahmenbedingungen	Markt bzw. Branche
Arbeitsteilung	Unternehmensgröße
Koordination der Aufgaben	Präsenz (Markt, Produkt)
Räumliche Nähe	Entwicklungsorganisation
Restriktionen	Qualitäts-, Kosten-, Zeitziele
Objektiver Zeitdruck	Entwicklungsdauer

Definition von Einflussfaktoren der Entwicklungssituation

Im Folgenden wird eine komprimierte Definition von Einflussfaktoren der Entwicklungssituation nach [FRANKENBERGER 1997, S. 218 ff.] wiedergegeben. Diese Faktoren dienen vor allem der Analyse ‚Kritischer Situationen‘.

Merkmal	Kategorie: Voraussetzungen des Individuums
Erfahrung	Produkt aus der Anhäufung und Strukturierung von Faktenwissen (knowing that) und Regelwissen (knowing how). Erfahrung wird gewonnen aus der Auseinandersetzung mit konkreten, selbst erlebten Situationen. Damit ist Erfahrung vor allem handlungsbezogen, sehr individuell und schwer reflektierbar. Für das konkrete Handeln vermittelt Erfahrung die Möglichkeit zu wissen, „wann was getan werden muss“. Es wird deshalb auch von ‚Erfahrungswissen‘ gesprochen.
Kompetenz	Die objektive Kompetenz bezeichnet die Verfügbarkeit über Wissen- und Handlungsmöglichkeiten im jeweiligen Realitätsbereich, die subjektive Kompetenz die eigene Einschätzung (Meinung) bzgl. des Wissens um diese Handlungsmöglichkeiten. Die epistemische Kompetenz bezeichnet die Handlungsmöglichkeiten in einem bestimmten Realitätsbereich, die heuristische Kompetenz die Fähigkeit beim Umgang mit neuen Realitätsbereichen. Die epistemische Kompetenz deckt sich überwiegend mit dem Konzept der Erfahrung. Mit Kompetenz ist daher die heuristische Kompetenz gemeint als die Verfügbarkeit (objektiv) bzw. die Einschätzung (subjektiv) des Vorhandenseins genereller, also situationsunabhängiger Problemlösestrategien.
Kontrollbedürfnis	Bedürfnis nach aktiver und passiver Kontrolle der Situation. Ziel ist zum einen, in einer Situation handeln zu können (= aktive Kontrolle), zum anderen die Situation vorhersagen bzw. erklären zu können (= passive Kontrolle). Das Kontrollbedürfnis kann befriedigt werden, indem Informationen gesucht werden, die allgemein gesprochen das Wissen über das Weltbild (oder einen Teil davon) vervollständigen und die Eingriffsmöglichkeiten und Handlungsoptionen verbessern.
Theoretische Ausbildung	Beinhaltet die theoretischen Kenntnisse, das können sowohl Methodikkenntnisse sein, als auch Kenntnisse bzgl. der Berechenbarkeit von Material, etc. Die theoretische Ausbildung vermittelt Kenntnisse im Wesentlichen über Sachwissen, nicht über Handlungswissen, also keine konkreten Handlungsanweisungen
Subjektiver Zeitdruck	Das individuelle Gefühl, dass die Zeitdauer bis zum Termin für die Fertigstellung der Handlung nicht ausreicht. Dieses individuelle Gefühl kann von dem objektiven Zeitdruck abhängig sein, aber es gibt auch das subjektive Gefühl von Zeitdruck, ohne dass dies in gleichem Ausmaß von den Terminen gegeben ist und umgekehrt. Zeitdruck entsteht unter der Annahme, dass die Zeit zwischen aktueller Situation und Termin zur Fertigstellung der Handlung nicht ausreicht.
Motivation	Vorhandener Mangel verbunden mit dem Wissen, wie dieser Mangel beseitigt werden kann (= Bedürfnis plus Zielvorstellung). Psychischer ‚Druck‘, eine Handlung auszuführen und ein Ziel zu erreichen. Dieser Druck entsteht aus einer negativ bewerteten Situation (= Mangel), einer erwarteten negativen Situation (= antizipierter Mangel) und/oder aus einer erwarteten positiven Situation (= antizipierte Befriedigung).
Qualitätsanspruch	Ist als Teil eines Leistungsmotivs zu sehen, d. h. das was gemacht wird, soll in einer Güte vorliegen, die akzeptiert werden kann, mit der man sich identifizieren kann. Der Qualitätsanspruch ist also die Messlatte für die zu akzeptierende Güte eines Produkts.
Aufgeschlossenheit	Meint die Offenheit einer Person hinsichtlich anderer Anregungen, Neuerungen, Personen, etc. Die Aufgeschlossenheit ist demnach als Flexibilität des psychischen Gefüges aus Meinungen, Einstellungen und Wissen zu begreifen. Mangelnde Aufgeschlossenheit ist z. B. dann festzustellen, wenn die Person keine Bereitschaft zeigt, sich mit anderen Lösungsmöglichkeiten, Vorschlägen und Ideen anderer auseinanderzusetzen.

Durchsetzungsvermögen	Bezeichnet die Durchsetzung legitimer eigener Interessen zum Fortschritt der Arbeit.
Soziales Wissen	Wird unabhängig von der Erfahrung gesehen, obwohl soziales Wissen natürlich auch zum großen Teil durch Erfahrung erworben wird. Soziales Wissen wird dann gesehen, wenn eine Person weiß, welche Personen wichtige Informationen, Daten, etc. für die vorliegenden Probleme haben könnten.
Handlungsorientierung	Wird gesehen, wenn forciert an der eigenen Arbeit weitergearbeitet wird und Hindernisse in diesem Sinne ausgeräumt werden. Handlungsorientierung ist ebenfalls eine zutreffende Bezeichnung, wenn Verantwortung und Aufgaben übernommen werden, die normalerweise nicht in den eigenen Verantwortungsbereich fallen. Eine geringe Handlungsorientierung liegt vor, wenn vermieden wird, Festlegungen zu treffen, die zur Weiterarbeit notwendig wären.
Merkmal	Kategorie: Voraussetzungen der Gruppe
Gruppenorganisation	Organisation der Gruppe im Hinblick auf die Zielsituation (Problemlösung, Produkterstellung etc.). Die Gruppenorganisation beinhaltet die Strategien der Gruppe, ihre Arbeit im Sinne der gemeinsamen Zielerreichung zu definieren, zu planen und zu organisieren. Dazu gehören einfache Absprachen und Verabredungen über die inhaltliche Zusammenarbeit, aber auch im Hinblick auf den Arbeitsprozess: Wer macht was, was soll bis wann erreicht sein, wie sieht das Ergebnis aus, etc. Die Gruppenorganisation ist also die Strukturierung der gemeinsamen Arbeit sowohl bzgl. der Aufgabe als auch bzgl. Kompetenzen, Zeitverteilung etc.
Macht	Wird verstanden als die ‚eigenmächtige‘ Definition von Zielen, Normen und/oder Regeln, ohne dass die Argumente anderer Personen berücksichtigt werden müssen. Macht wird im weitesten Sinne verstanden als die Fähigkeit einer Person, einer anderen Person den eigenen Willen aufzuzwingen. Das heißt auch, dass Einfluss auf andere Personen genommen wird, mitunter allein durch das antizipierte Einverständnis oder durch die antizipierte Ablehnung der ‚mächtigen‘ Person.
Qualität der Führung	Führung ist als die durch die Organisation legitimierte Führung zu verstehen. Die wichtigsten Funktionen von Führung in diesem Kontext bestehen in der Lenkung der Gruppenaktivitäten auf die Zielerreichung hin (ggf. geht eine Zielbildung voran). Führung beinhaltet neben der inhaltlichen Koordination von Gruppenaktivitäten und dem Bereitstellen von Informationen und Fähigkeiten auch die Berücksichtigung der Beziehungen zwischen den Gruppenmitgliedern. Hohe Qualität der Führung wird dann gesehen, wenn der Vorgesetzte (insbesondere auch in heiklen Fällen) um Rat gefragt wird und in der Lage ist, diesbezüglich Hilfestellung zu leisten.
Gruppenklima	Summe der Einstellungen und Empfindungen der Gruppenmitglieder gegenüber der Gruppe. Das Gruppenklima beinhaltet den Bereich des ‚Umgangs miteinander‘ innerhalb der Gruppe. Ein positiver Umgang miteinander führt in der Regel zu einem guten Gruppenklima, während ungeklärte Hierarchieverhältnisse, Untergruppen etc. in einer Gruppe zu einem eher negativen Gruppenklima führen.
Informelle Hierarchie	Während die formelle Hierarchie die Zuständigkeit eines Menschen innerhalb der Organisation festlegt, gibt die informelle Hierarchie Status- und Machtverhältnisse in der Gruppe wieder, die entgegen formalen Organisationslinien verlaufen. Diese Diskrepanz beeinflusst neben der Kommunikationsstruktur auch die Zusammenarbeit und die Zuweisung von Kompetenzen in der Gruppe.
Merkmal	Kategorie: Rahmenbedingungen
Arbeitsteilung	Beinhaltet die Zusammenarbeit unterschiedlicher Abteilungen im Unternehmen. Arbeitsteilung ist häufig auch eine Ursache von Konsultationen, die sich aus der Aufteilung der Arbeit zwischen Abteilungen ergeben.
Koordination der Aufgaben	Die Koordination der Aufgaben betrifft die übergeordnete Organisation der Zusammenarbeit zwischen Abteilungen und ist daher eine Rahmenbedingung, welche die Konstrukteure kaum beeinflussen können. Die Aufgabenkoordination betrifft damit einen übergeordneten Führungsaspekt. Sie wird gesehen, wenn z. B. klar oder unklar ist, wer für welche Arbeiten in der Zusammenarbeit zuständig ist und dieses Zusammenspiel offenkundig zum Erfolg oder Misserfolg der Situation beiträgt. Koordination von Aufgaben wird auch in der Zusammenarbeit mit Externen gesehen.

Räumliche Nähe	Gemeint ist die direkte räumliche ‚Nachbarschaft‘. Räumliche Nähe wird unter anderem dann gesehen, wenn Kollegen sehr dicht beieinander arbeiten und dieser Umstand offenkundig einen Kontakt unterstützt.
Restriktionen	Es gibt verschiedene Arten von Restriktionen, z. B. aufgrund von Personal, Arbeitsmaterial, Fertigung und Zulieferern etc. Hinter Restriktionen kann sich auch ein Informationsmangel durch einen Zulieferer verbergen. Störungen von oben sind ebenfalls Restriktionen, z. B. ein Auftrag vom Vorgesetzten, der schnell dazwischen geschoben werden muss.
Objektiver Zeitdruck	Bezeichnet die Zeitspanne bis zum festgelegten Termin, der sehr eng gesetzt ist. Objektiver Zeitdruck wirkt aber nur über den subjektiven Zeitdruck der Handelnden auf den Prozess.
Merkmal	Kategorie: Aufgabe
Neuigkeit der Aufgabe	Erstmaliges Auftreten eines Teilproblems für den Bearbeiter, es liegt keine Erfahrung vor, und dies wirkt sich erkennbar auf das Handeln aus.
Änderungshäufigkeit von Anforderungen	Bestehende Anforderungen werden im Verlauf der Bearbeitung ‚deutlich‘ geändert. Ursache können z. B. plötzlich bekannt werdende konstruktive Restriktionen sein, die nicht rechtzeitig weitergeleitet wurden. Auch eine mangelnde Zielanalysegüte bzw. eine mangelnde Informationsverfügbarkeit kann zur Änderung von Anforderungen führen.
Merkmal	Kategorie: Konstruktionsprozess
Güte der Zielanalyse	Beschreibt die Güte einer Klärung von Zielen und Anforderungen.
Güte der Zielentscheidung	Die Qualität von Ziel-Entscheidungen ist immer in Abhängigkeit von den gegebenen Umständen zu bewerten und auch in Abhängigkeit von den Zielen. Die Qualität von Zielentscheidungen wird dann beurteilt, wenn eine Zielfestlegung getroffen wird.
Güte der Lösungsanalyse	Die Güte der Analyse wird im Wesentlichen bestimmt durch die Angemessenheit des Auflösungsgrads, der je nach Situation sehr unterschiedlich aussehen kann. Die Angemessenheit des Auflösungsgrads beinhaltet die Differenziertheit der Betrachtungsweise bei Wahrnehmung, Denken und Handeln. Die Analysegüte ist auch abhängig von der Vollständigkeit und Konkrettheit der entwickelten Vorstellung über die Situation.
Güte der Lösungsentscheidung	Die Qualität von Entscheidungen ist immer in Abhängigkeit von den gegebenen Umständen zu bewerten als auch in Abhängigkeit von den Zielen. Die Qualität von Lösungsentscheidungen wird immer dann beurteilt, wenn eine Entscheidung bezüglich Lösungen getroffen wird. Die Qualität einer Entscheidung wirkt immer auf die Qualität des Ergebnisses (Funktionserfüllung), auf die Kosten oder den Termin.
Kommunikation	Jede Form des Gesprächs wird unter Kommunikation gefasst. In der Regel führt eine Konsultation zu Informationsverfügbarkeit. Ursache kann u. a. Arbeitsteilung zwischen Abteilungen, Gruppenorganisation, Qualität der Führung, Gruppenklima etc. sein.
Informationsverfügbarkeit	Meint das Vorhandensein von Informationen bzw. die Verfügbarkeit einer möglicherweise im Wissen einer Person vorhandenen Information. Erforderliche Informationen sind in der kritischen Situation verfügbar oder sie liegen nicht vor.
Güte der Lösungssuche	Umfasst unter anderem den Umfang der Lösungssuche über die Variantenanzahl. Die Lösungssuche wird hinsichtlich ihres Umfangs und ihrer Qualität beurteilt, wenn eine Situation der Lösungssuche vorliegt.
Lösungsfortschritt	Der Lösungsfortschritt wird genannt, wenn in einer kritischen Situation die Arbeit deutlich vorangebracht („Durchbruch“) oder deutlich behindert wird. Der Lösungsfortschritt hat immer eine Auswirkung auf den Termin im Ergebnis!
Opportunistisches Handeln	Bedeutet die flexible Anpassung des Handelns an die Dringlichkeit und günstige Gelegenheit in der aktuellen Situation. Aufgrund externer Umstände, Ereignisse und Situationen wird die eigene Handlung an die entsprechenden Erfordernisse angepasst, andere Arbeiten werden vorgezogen, weil die aktuelle Arbeit nicht möglich ist. Opportunistisches Handeln findet sich auch beim Springen zwischen den Teilbereichen einer Problembearbeitung, die gerade Erfolg versprechend sind. Letztlich umfasst opportunistisches Handeln eine Reaktion auf eine Schwierigkeit oder Störung der Arbeit. Opportunistisches Handeln kann auch zu vermindertem Lösungsfortschritt führen, wenn zu schnell eine Arbeit gewechselt wird.

Akzeptanz von Anforderungen und Lösungen	Bezeichnet das sich mit Vorgegebenem zufrieden geben, auch wenn es nicht optimal ist. Einfluss hat darauf oft der Qualitätsanspruch. Ist der erkennbar hoch, werden bestehende Lösungen angezweifelt. Wenn Erfahrung mit dem Nichtfunktionieren einer bestehenden Lösung vorliegt, dann ist die Akzeptanz einer bestehenden Lösung auch niedrig.
Diskussionsdauer und -häufigkeit	Dauer und Häufigkeit, mit der über ein Thema diskutiert werden. Dies wird gesehen, wenn eine Frage länger oder häufiger als sonst üblich behandelt wird.
Merkmal	Kategorie: Ergebnis
Funktionserfüllung	Die Funktionserfüllung des Ergebnisses wird nur dann gesteigert, wenn die Handlung zu einer Veränderung der Lösung in positiver Richtung führte. Eine reine Absicherung zur Vermeidung potenzieller Fehler steigert die Funktionserfüllung nicht.
Kosten	Kosten werden als Ergebnisparameter beurteilt, wenn in einer kritischen Situation die Teilkosten erkennbar beeinflusst wurden, z. B. durch eine Entscheidung für eine kostengünstigere Lösung (Gleichteile etc.).
Termin	Der Termin wird positiv beeinflusst, wenn eine Situation dazu beiträgt, dass Zeit gespart oder der Zeitplan eingehalten wird. Termin als Ergebnisparameter wird über den Zwischenschritt ‚Lösungsfortschritt‘ im Prozess gesehen.

Definition von Stufen der Design-Expertise

In der folgenden Tabelle werden sieben Grade bzw. Stufen an Design-Expertise beschrieben (nach [DORST & REYMEN 2004]).

Expertise-Grad	Erläuterung
Laie (novice)	Der Laie berücksichtigt objektive Merkmale einer Situation, wie sie von Experten vorgegeben werden, und hält sich strikt an Regeln, um der Aufgabe zu begegnen.
Fortgeschrittener (advanced beginner)	Der Fortgeschrittene besitzt ein gewisses Gespür für Ausnahmen von den ‚harten‘ Regeln, denen der Laie folgt. Situative Aspekte werden berücksichtigt. Als Leitlinie für die Bewältigung von Aufgaben werden Maxime verwendet.
Kompetenter (competent)	Der Kompetente konzentriert sich auf diejenigen Elemente einer Situation, die ihm als relevant erscheinen, und erarbeitet einen Plan um Ziele zu erreichen. Das Problemlösen auf dieser Stufe beinhaltet opportunistisches Verhalten und die Bildung von Erwartungen. Es kommt eine emotionale Komponente hinzu, ein Gefühl für Verantwortung gepaart mit einem Sinn für Hoffnung, Risiko etc. Der Problemlöseprozess bekommt ‚Trial-and-error‘-Charakter. Es besteht ein klares Bedürfnis nach Lernen und Reflexion.
Geübter (proficient)	Der Geübte nimmt sofort die wesentlichen Aspekte einer Situation wahr und entwickelt daraufhin einen geeigneten Plan, wie der Situation am besten zu begegnen ist.
Experte (expert)	Der Experte begegnet intuitiv einer spezifischen Situation und übt sofort die richtigen Maßnahmen aus. Auf dieser Stufe ist kein bewusstes Problemlösen bzw. ein expliziter Denkprozess mehr nötig. Viele ‚Professionals‘ arbeiten auf dieser Stufe der Expertise und bewegen sich nicht darüber hinweg.
Meister (master)	Mit dieser Stufe entsteht eine gewisse innere Unruhe. Der Meister vertieft sich stärker in die Domäne, entwickelt eine holistische Sicht und einen geschärften Sinn für den Kontext. In seiner Arbeit erreicht er stärkere Nuancen als der Experte in Bezug auf die Angemessenheit seiner Handlungen.
Visionär (visionary)	Der Visionär strebt bewusst nach einer Erweiterung der Domäne, in der er tätig ist. Er kreiert neue Wege, öffnet die Welt und schafft neue Domänen. Er bewegt sich stärker am Rand der Domäne, ist sich anderer Domänen bewusst und entwickelt Visionen.

Morphologie der Entwicklungssituation

GRÖBER erstellt eine umfangreiche morphologische Systematik der Entwicklungssituation in Bezug auf das Handlungssystem der Anforderungsermittlung [GRÖBER 1992, S. 44 FF.]. Diese ist Grundlage für seinen Situationsanalysator. Zur Situationsanalyse werden in einem Nutzerdialog zutreffende Ausprägungen für die angegebenen Merkmale ermittelt, um auf dieser Basis geeignete Methoden aus einem Methodenspeicher bestimmen zu können.

Nr	Merkmale	Ausprägungen			
Aufgabenstellungen für die Anforderungsermittlung (AE-Aufgabenstellung) [Größer 1992, S. 59]					
1	Aufgabensteller	Externer Auftraggeber	Unternehmensleitung	Produktplanungsabteilung	Andere Abteilung
		Eigene Abteilung	Selbst		
2	Aufgabenumfang	Produktprogramm	Produkt		
3	Darstellungsart	Verbal-mündlich	Verbal-schriftlich	Graphisch	Gegenständlich
		Symbolisch			
4	Vollständigkeit	Nahezu vollständig	Unvollständig		
5	Neuheitsgrad	Marktinnovation	Unternehmensinnovation		Keine Innovation
6	Innovationstyp	Strukturinnovation	Funktionsinnovation	Systeminnovation	Keine Innovation
7	Entwicklungsstand	Produktideen	Ausgewählte Produktidee	Produktvorschlag	Anforderungssystem
		Funktionsstruktur	Prinziplösung	Grobgestalt	Feingestalt
8	Komplexität	Komplex	Simplex		
Relevante Eigenschaften von Individuen für den AE-Prozess (Aufbaustruktur) [Größer 1992, S. 68]					
Demographische Merkmale					
9	Geschlecht	Männlich	Weiblich		
10	Alter	Über 45 Jahre	30 bis 45 Jahre	Bis 30 Jahre	
Sozioökonomische Merkmale					
11	Art der Ausbildung	Technisch	Naturwissenschaftlich	Wirtschaftlich	Sonstige
12	Niveau der Ausbildung	Promotion	Hochschule, Universität	Fachhochschule	Sonstige
Psychoökonomische Merkmale					
13	Kognitiver Stil	Linksseitig dominiert	Rechtsseitig dominiert		
14	Epistemische Struktur	Allgemeinwissen	Berufswissen	Erfahrungswissen	
15	Heuristische Struktur	Überdurchschnittlich	Durchschnittlich	Unterdurchschnittlich	
16	Art der Barriere	Dialektische Barriere	Synthese-Barriere	Interpolationsbarriere	
17	Epistemische Kompetenz	Überdurchschnittlich	Durchschnittlich	Unterdurchschnittlich	
18	Heuristische Kompetenz	Überdurchschnittlich	Durchschnittlich	Unterdurchschnittlich	
19	Neugier	Überdurchschnittlich	Durchschnittlich	Unterdurchschnittlich	
20	Abstraktheit	Überdurchschnittlich	Durchschnittlich	Unterdurchschnittlich	
21	Einstellung bzgl. kollektiver Problemlösungsprozesse	Teamdenken	Bereichsdenken		
22	Komplexität und Art/en vorhandener Produktmodelle	Utilitär	Faktibilitär	Operational	Ökonomisch
		Ökologisch	Kommunikativ	Ästhetisch	
Kognitive Handlungen im Handlungssystem Anforderungsermittlung (Ablaufstruktur) [Größer 1992, S. 79]					
23	Gliederung des Anforderungsermittlungs-Prozesses	Keine	Lebenslaufphasen	Anforderungsbereiche	
		Produktfunktionen	Produktteile	Sonstige	
24	Art der erforderlichen kognitiven Handlung	Analyse	Prognose	Synthese	Planung
		Ideenfindung	Bewertung	Darstellung	
25	Gegenstand der erforderl. kognitiven Handlung	Zielsystem	Programmsystem	Handlungssystem	
26	Betroffene Eigenschaft des Gegenstandes	Input	Output	Struktur	Sonstige
27	Neuheitsgrad des Gegenstands/ der Eigenschaft	Unbekannt	Bekannt	Unbekannt unter bekannten	
Problemtypen bezüglich ... [Größer 1992, S. 81-83]					
28	betroffener Eigenschaften	Inputproblem	Outputproblem	Strukturproblem	Systemproblem
29	des Bekanntheitsgrads des Systems/ der Eigenschaften	Informationsproblem	Inventionsproblem	Entscheidungsproblem	

10.3 Stand der Forschung zu Vorgehensmodellen

Die hier dargestellte Tabelle fasst die in Kapitel 4.1.3 diskutierten Vorgehensmodelle und ihre Charakteristika in einer Übersicht zusammen.

Vorgehen auf Ebene elementarer Denk- und Handlungsabläufe (Mikrologik)	
Vorgehensmodell	Charakteristika
TOTE-Modell: Test-Operate-Test-Exit [Miller et al. 1973]	Einfacher Rückkopplungskreis, der als Grundelement des Verhaltens angesehen werden kann
VVR-Zyklus: Vergleich-Veränderung-Rückmeldung [Hacker 1998]	Offener Regelkreis unter Berücksichtigung von Führungsvorgaben und Rückwirkungen aus der Umwelt
DPS: Discursive Problem Solving [Wulf 2002]	Formulierung von abstrakten Zielformulierungen aus der konkreten Prozesssituation heraus
Reflection-in-action: Name-Frame-Move-Evaluate [Schön 1983]	Mechanismus der reflektiven Konversation mit der Situation im Paradigma des Reflexiven Handelns
Vorgehen auf Ebene von operativen Arbeitsschritten (Problemlösung)	
Vorgehensmodell	Charakteristika
GRASCAM: General Recursive Analytic Synthetic Constellation Amplification [Dörner & Wearing 1995]	Abfolge von Schritten der Informationsverarbeitung zur Lösung von Kompositionsproblemen; Betonung der Zukunftsbetrachtung mittels Prognose und Extrapolation
General Problem Solving [Andreasen & Hein 1987]	Betonung der Kriteriendefinition (determine criteria) und der Umsetzung (carry out) neben den 3 Hauptschritten
Symmetrical Problem/Solution Model [Cross 2001]	Integration prozeduraler Aspekte und struktureller Aspekte (Problem - Lösung, Gesamtsystem - Teilsysteme)
Problemlösungszyklus des Systems Engineering [Daenzer & Huber 1999]	Grundmuster der Problemlösung: Zielsuche, Lösungssuche, Auswahl; Ist- oder Soll-Zustandsorientiertes Vorgehen
Vorgehenszyklus [Ehrlenspiel 2003]	Verfeinerung der Hauptschritte des Problemlösungszyklus: 3 Hauptschritte mit je 2-3 Unterschritten
MVM: Münchener Vorgehensmodell [Lindemann 2007]	Betonung der Vorbereitung der Lösungssuche und der Absicherung der Zielerreichung; flexible Navigation
Model of the creativity process [Wallas 1926]	Traditionelles Modell des Kreativitätsprozesses: Preparation-Incubation-Illumination-Verification
PTCA-Zyklus: Planen-Tun-Checken-Aktion [Imai 1992]	Zyklus mit 4 Schritten zur kontinuierlichen Verbesserung (aus dem japanischen Managementkonzept des KAIZEN)
Basic Design Cycle [Roozenburg & Eekels 1995]	Elementarer Zyklus des Design, bestehend aus den 4 Schritten Analysis-Synthesis-Simulation-Evaluation
Synthesis-Analysis-Evaluation Cycle [Weber et al. 2002]	Interpretation des Entwicklungsprozesses als zyklische Aktivität aus Sicht des Property-Driven Design/Development
Vorgehen auf Ebene von größeren Abschnitten/Phasen (Makrologik)	
Vorgehensmodell	Charakteristika
VDI 2221: Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren [VDI 1993]	7 Arbeitsschritte zur Generierung von Produktmodellen (Dokumenten) mit zunehmendem Konkretisierungsgrad
Stage-Gate Development Process [Otto & Wood 2001]	3 Phasen mit je 4 Schritten auf untergeordneter Ebene; Abbildung von Prozessen des Reverse Engineering
Phasenmodell der Produktentstehung [Gausemeier et al. 2004]	Phasenmodell von der Produkt-/Geschäftsidee zum Markteintritt mit 3 sich überlappenden Zyklen
W-Modell der IRM-Methodik [Eversheim 2003]	Idealtypischer Vorgehensleitfaden zur Planung technischer Produktinnovationen; strategische und operative Ebene
VDI 2206: V-Modell [VDI 2004]	Makrozyklus zur Entwicklung mechatronischer Systeme; Gegenüberstellung von Spezifikations- und Prüfschritten
3-Ebenen-Vorgehensmodell [Bender et al. 2005]	Unter Qualitätsgesichtspunkten optimiertes Vorgehensschema für die Entwicklung mechatronischer Produkte

10.4 Stand der Forschung zu Methoden der Produktentwicklung

Dieser Abschnitt vertieft gewisse Aspekte, die in Kapitel 4.2 im Rahmen der Analyse des Stands der Forschung zum Themenbereich Methoden der Produktentwicklung beschrieben werden. Zunächst findet in einer Matrix eine Zuordnung von Einzelthemen zu Autoren statt, die zu diesen Themen jeweils einen Beitrag leisten und welche im Hauptteil der Arbeit diskutiert werden. Danach werden die Inhalte von ausgewählten Methodenmerkmals-sammlungen aufgeführt. Schließlich werden Details zu den Themen Methodenordnung, Methodenspektrum und Methodenauswahl dargestellt, die im Hauptteil Gegenstand der Untersuchung sind. Es wird jeweils darauf verwiesen, auf welche Kapitel im Hauptteil sich die einzelnen Themen beziehen.

Zuordnung von Themen zu Autoren

Themen	Begriffsdef. Methode	Methoden-beschreibung	Methoden-sammlung	Methoden-auswahl	Methoden-anpassung
Autoren	Kapitel 4.2.1	Kapitel 4.2.2	Kapitel 4.2.3	Kapitel 4.2.4	Kapitel 4.2.4
Hubka 1976	•				
Müller 1990	•				
Größer 1992		•	•	•	
VDI 1993			•		
Helbig 1994		•			
Wach 1994		•			
Berger 1998		•		•	
Daenzer & Huber 1999			•		
Zanker 1999	•	•		•	•
Gausemeier et al. 2000	•				
Stetter 2000		•			
Birkhofer et al. 2001		•			
Birkhofer et al. 2002		•			
Dobberkau 2002		•	•	•	•
Kuhlenkötter 2002			•	•	
Ehrlenspiel 2003	•		•		
Eversheim 2003	•		•		
Paral 2003		•			
Berger 2004		•			
López-Mesa 2004					•
Reinicke 2004				•	•
Strasser 2004			•	•	
Braun 2005	•	•	•	•	•
Pahl et al. 2005			•		
Lindemann 2007	•	•	•		

Sammlungen an Methodenmerkmalen

In der Literatur finden sich zahlreiche Sammlungen an Methodenmerkmalen. Im Rahmen der Arbeit werden in Kapitel 4.2.2 die Merkmalssammlungen von GRÖBER, WACH und HELBIG diskutiert, welche hier im Detail wiedergegeben werden. Alle drei Merkmalssammlungen sind ähnlich aufgebaut: die Merkmale sind in Obergruppen bzw. Kategorien organisiert, danach folgt eine Auflistung der Merkmale und schließlich mögliche Ausprägungen im Sinne einer Morphologie.

Morphologische Systematik für Problemlöseverfahren nach [GRÖBER 1992, S. 88 ff.]

Kategorien	Merkmale	Mögliche Ausprägungen der Merkmale
Verfahrens-output	Art des Output	Novation, Verallgemeinerung, Ordnung, Verbesserung, Präzisierung
	Lösungssicherheit	algorithmisch, heuristisch
	Lösungsmenge	eine Lösung, mehrere Lösungen, viele Lösungen
	Operationalität des Output	qualitativ, quantitativ
	Formalisierungsgrad des Output	stark formalisiert, teilweise formalisiert, nicht formalisiert
Verfahrens-input	Operandentyp	Zielsystem, Programmsystem, Handlungssystem, Input, Output, Struktur
	Formalisierungsgrad des Input	stark formalisiert, teilweise formalisiert, nicht formalisiert
	Anwendungskosten	hoch, mittel, gering
	Ausrüstungsbedarf	hoch, mittel, gering
	Organisationsgrad	hoch, mittel, gering
	Anwenderzahl	Gruppe erforderlich, Gruppe empfohlen, Einzelperson
	Erforderliche Qualifikation	Erfahrung erforderlich, Erfahrung teilweise notwendig, Erfahrung nicht notwendig
	Zeitbedarf	hoch, mittel, gering
Verfahrenseigenschaften	Herkunft	Idealwissenschaften, Realwissenschaften
	Einsatzbereich	herkunftsspezifisch, herkunftsübergreifend
	Anwendungsbereich	groß, mittel, gering
	Empirische Fundierung	empirisch fundiert, theoretisch fundiert
Verfahrensfunktion	Art der unterstützten kognitiven Handlung	Analysieren, Prognostizieren, Planen, Ideen finden, Bewerten, Synthetisieren, Darstellen
	Art der Problembehandlung	am Modell, am Original
	Strategie	Transformation, keine Transformation
	Reversibilität	reversibel, irreversibel
Verfahrensstrukturen	Elementarität	Methodik, Methode, Operator
	Art der Lösungssuche	regelbasiert, wissensbasiert
	Unterstützte Denkweise	divergent, konvergent
	Teilbarkeit	teilbar, nicht teilbar
	Formalisierungsgrad	stark formalisiert, teilweise formalisiert, nicht formalisiert
	Automatisierbarkeit	vollständig automatisierbar, teilweise automatisierbar, nicht automatisierbar
	Grad der möglichen EDV-Unterstützung	erforderlich, möglich, nicht möglich

Methodenmerkmalssammlung nach [WACH 1994, S. 44]

Kategorien	Merkmale	Mögliche Ausprägungen der Merkmale
Ziele der Hilfsmittel	Zielsystem	Entwicklungsprozess, Technisches System
	Schwerpunkt der Zielrichtung	kurze Entwicklungszeit, optimale Produktpalette, optimale Produktstruktur, Komplexitätsreduktion, Funktionsoptimierung, Fertigungskostenoptimierung, Montagekostenoptimierung, Ideenfindung, ...
	Zielsetzung	Automatisierung von Teilprozessen, Unterstützung bei Teilprozessen
Anwendbarkeit der Hilfsmittel	Konstruktionsart	Neukonstruktion, Anpassungskonstruktion,
	Produktlebensphase	Planung, Entwicklung, Arbeitsvorbereitung, Fertigung, ...
	Entwicklungsphase	Aufgabenklärung, Konzept, Entwurf, Ausarbeitung
	Problemlösephase	Problemanalyse, Problemformulierung, Systemsynthese, Systemanalyse, Systembeurteilung, Entscheidung
	Unterstützte Tätigkeit	Organisieren, Dokumentieren, Informieren, Skizzieren, Zeichnen, Berechnen, Simulieren, ...
	Durchgängigkeit	nur eine Phase, mehrere Phasen, alle Phasen
	Einbindung	integriert, integrierbar, eigenständig
	Geltungsbereich	allgemeingültig, bestimmte Gruppe, einzelnes Objekt
	Zuverlässigkeit	sicher zielführend, wahrscheinlich zielführend, eventuell zielführend
	Genauigkeit	exakt, relativ genau, relativ grob, grob
Nötiger Aufwand	Entwicklungsstand	hoch, mittel, gering
	Einarbeitungsaufwand	hoch, mittel, gering
	Bekanntheitsgrad	hoch, mittel, gering
	Zeitaufwand	hoch, mittel, gering
Zielgruppe	Ressourcenaufwand	hoch, mittel, gering
	Stellung im Betrieb	Konstrukteur, Gruppenleiter, Abteilungsleiter, ...
	Anwenderkreis	Einzelner, kleine Gruppe, große Gruppe
"Form" der Hilfsmittel	Notwendige Erfahrung	hoch, mittel, gering
	Abstraktionsgrad	hoch, mittel, gering
	Formalisierung	streng formalisiert, teilweise formalisiert, "frei" anwendbar
	Formulierung	Ablaufplan (Regel, Befehl), Schablone (Muster, Formel), Dialog (Rechner), Prinzipform (verbal, Anstoß)
	Darstellung	vorwiegend "verbal", vorwiegend "grafisch", vorwiegend "mathematisch"
	Unterlagen/Formulare	umfangreich, teilweise verfügbar, kaum verfügbar
Trägermedium	Trägermedium	"mündlich", Papier, rechnergestützt, ...

Methodenmerkmalssammlung nach [HELBIG 1994, S. 94-95]

Merkmals-Kategorien und -Benennungen		Mögliche Ausprägungen der Merkmale	
Zielsetzung (Ziel, Zweck, Aufgabe, Sinn)			
Funktion	Operation (Funktion, Tätigkeit, Prozess, Aufgabe, Aktion)	Zielsetzen - Analysieren, Lösen, Beurteilen - Entscheiden	
	Eingang (Eingangszustand)	Auftrag, Konzept, Entwurf	
	Ausgang (Ergebnis, Ziel)	Art	Konzept, Entwurf, Produktdokumentation
		Genauigkeit	qualitativ, quantitativ
		Anschaulichkeit	anschaulich, unanschaulich
Darstellung	Text, Tabelle, Diagramm, Bild		
Prinzip	Prinzipielle Zielsetzung		Qualitätssteigerung, Zeitverkürzung, Kostensenkung, Humanisierung, Flexibilitätssteigerung, Integration, Ökologie, Komplexitätsmanagement, Differenzierung, Innovation
	Prinzipielle Eigenschaften	Problemorientierung	generell, problemorientiert
		Vorgehensart	diskursiv - top-down, diskursiv - bottom-up, intuitiv
		Vorgehensstruktur	starr, gesteuert, benutzergeregelt, selbstregelnd
		Zeitverhalten	statisch, veränderlich
		Zuverlässigkeit	algorithmisch, heuristisch, vage
		Disziplinarität	fachspezifisch, interdisziplinär, multidisziplinär
Anwendungsbedingungen (Voraussetzungen, Situation)			
Produkt (Gegenstand, Methodenobjekt, Produktbezug)	Branche	Maschinenbau, Verfahrens-, Feinwerk-, Softwaretechnik	
	Produktbereich	Elektrowerkzeuge, Bahnsysteme, Elektrische Großmaschinen	
	Produktgruppe	Befestigungstechnik, Trenntechnik	
	Produktart	Investitionsgüter, Konsumgüter	
	Neuheitsgrad	Innovation, Variante	
	Stückzahl (Fertigungsart, Herstellungsart, Los)	Großserien-Produkt, Kleinserien-Produkt, Einzelprodukt	
	Komplexität	Anlage, Maschine, Apparat, Gerät, Baugruppe, Teil	
Produktlebensphase	Produktentstehung		Aufgabenfestlegen, Konstruieren, Herstellen
	Aufgabenfestlegung	Konstruktion	Klären, Konzipieren, Entwerfen, Ausarbeiten
		Herstellung	Fertigen, Montieren, Prüfen
		Einführung - Nutzung	Lagern, Transportieren, Vertreiben, Nutzen, Instandhalten
	Rückführung	Recyclen, Thermisch nutzen, Deponieren	
Technik (Sachmittel, Ressourcen)	Werkzeuge	CAD-Systeme, Berechnungssoftware, Datenbanken	
	Messzeuge		
	Material		
Qualifikation (Personal, Personelle Ressourcen)	Fachwissen (Fachkenntnisse, Faktenwissen)	technisch, wirtschaftlich, ökologisch	
	Methodenkenntnis (Methodenwissen)	erforderlich, bedingt erforderlich, nicht erforderlich	
	Fähigkeiten (Können, Fertigkeiten)	Abstraktionsvermögen, Systematisches Denken, Kreativität	
	Haltung (Einstellung)	kooperativ, pragmatisch, sorgfältig, selbstkritisch	
	Facherfahrung	erforderlich, bedingt erforderlich, nicht erforderlich	
	Methodenerfahrung	erforderlich, bedingt erforderlich, nicht erforderlich	

Merkmals-Kategorien und -Benennungen		Mögliche Ausprägungen der Merkmale
Organisation (Organisatorische Voraussetzungen)	Unternehmensgröße	groß, mittel, klein
	Unternehmensbereich	Leitung, Entwicklung, Konstruktion, Versuch, Fertigung, Montage, Prüfung-Qualität, Lagerung, Transport, Vertrieb, Beratung, Instandhaltung, Recycling, Deponierung
	Organisationskomplexität	Unternehmen, Bereich, Abteilung, Gruppe
	Organisationsstruktur	funktions-, produkt-, fachorientiert, Matrixorga.
	Organisatorischer Vernetzungsgrad	hoch, niedrig
	Räumliche Verteilung	konzentriert, verteilt
	Grad der Arbeitsteilung	hoch, niedrig
	Teambildung	erforderlich, nicht erforderlich
Anwendung (Vorgehen, Nutzung, Einsatz)		
Handhabung (Gebrauch, Ergonomie)	Verständlichkeit	sofort verständlich, Einarbeitung notwendig
	Fehlverhalten	fehlerverzeihend, eher fehlerempfindlich
	Formalisierungsgrad	streng formalisiert, wenig formalisiert
	Dokumentation	gut, normal, schlecht
Aufwand	Zeit	langwierig, schnell
	Kosten	teuer, billig
	Personalbeanspruchung	hoch, niedrig
Folgen (Rückwirkungen)		
Integration (Integrierbarkeit, Schnittstellen)	Weiterverarbeitung (Verträglichkeit, Kompatibilität)	weiterverarbeitbar, bedingt weiterverarbeitbar, nicht weiterverarbeitbar
	Rahmenmethode	Konstruktionsmethodik zu Gestaltungsrichtlinien
	Submethode	Konstruktionsmethodik zur Systemtechnik
	Methodenfolge	Vorgängermethode Nachfolgermethode
Erfahrung	Methodenbenutzer	Konstrukteur A, Produktplaner B
	Produktverweis	Handbohrmaschine XYZ
Administration (Verwaltung)		
	Methodenname	Anforderungsliste, Balkendiagramm
	Identifikation	Nummer: Brainstorming EBS, Nutzwertanalyse BNA
	Beschreibung (Stichworte, Hinweise)	
	Methodenautor	Morphologischer Kasten von Zwicky
	Methodenquellenverweis	Fachbuch, Norm, Richtlinie, Software
	Erstellungsdatum	
	Änderungsdatum	
	Letzte Nutzung	
	Methodenvorfahre	Anforderungsliste 1977, 1984: Merkmal Recycling
	Methodennachfolger	Wertanalyse 1987, 1973: Ablaufplan
	Versionsnummer	
	Freigabe	ja, nein

Methodenordnungen

Von den zwölf im Rahmen dieser Arbeit betrachteten Methodenkatalogen weisen lediglich fünf eine Methodenordnung auf. In Kapitel 4.2.3.1 sind die jeweiligen Kategorien der Methodenordnungen dargestellt. Ein Vergleich führt zu der Erkenntnis, dass viele Ähnlichkeiten in den Categoriesystemen existieren. Daher wurde ein allgemeines Categoriesystem geschaffen, welchem die Kategorien der einzelnen Autoren zugeordnet wurden. In der Tabelle unten ist die Zuordnung der einzelnen Kategorien der fünf Methodenkataloge zu dem allgemeinen Categoriesystem dieser Arbeit abgebildet. Im Hauptteil ist diese Zuordnung in verdichteter Form dargestellt.

M-ordnung Kategorien	VDI 2221	Ehrlenspiel	Daenzer & Huber	Strasser	Portal GINA/ Methodos
Allgemein	Integrierte Methoden (Handlungs- modelle)	Basismethoden für Prozesse	Allgemein	Universelle Methoden	Basismethoden
Organisation	---	Aufbau- organisation; Ablauf- organisation; Rationalisierung; Vorgehen	Projekt- Management	Organisation	Organisations- methoden
Analyse, Planung, Problemklärung, Strukturierung	Analyse- und Zielvorgabe	Produktplanung; Aufgabenklärung; Aufgaben- strukturierung; Analyse und Strukturierung	Ziel-Formu- lierung; Analyse von Lösungen	Situations- analyse; Ziele, Anforde- rungen	Analyse- methoden; Aufgaben- formulierung; Prognose- methoden; Berechnungs- methoden
Lösungssuche	Entwickeln von Lösungsideen	Lösungssuche; Kombination	Kreativität	Ideen- generierung	Lösungssuche
Beurteilung, Entscheidung	Bewertung und Entscheidung	Beurteilung und Entscheidung	Bewertung/ Entscheidung	Beurteilung, Informations- beschaffung	Bewertungs- methoden
Informations- verarbeitung	---	Information	Informations- -beschaffung; -aufbereitung; -darstellung	Beurteilung, Informations- beschaffung	---
Weitere Aspekte (Konstruktion, Optimierung, DFX-Kriterien)	Kosten- und Wirtschaft- lichkeits- berechnung	System- modellierung; Gestaltung; Kostengünstig Konstruieren; Qualität	Optimierung	---	Qualitäts- methoden

Methodenspektrum – Methoden zur Lösungssuche

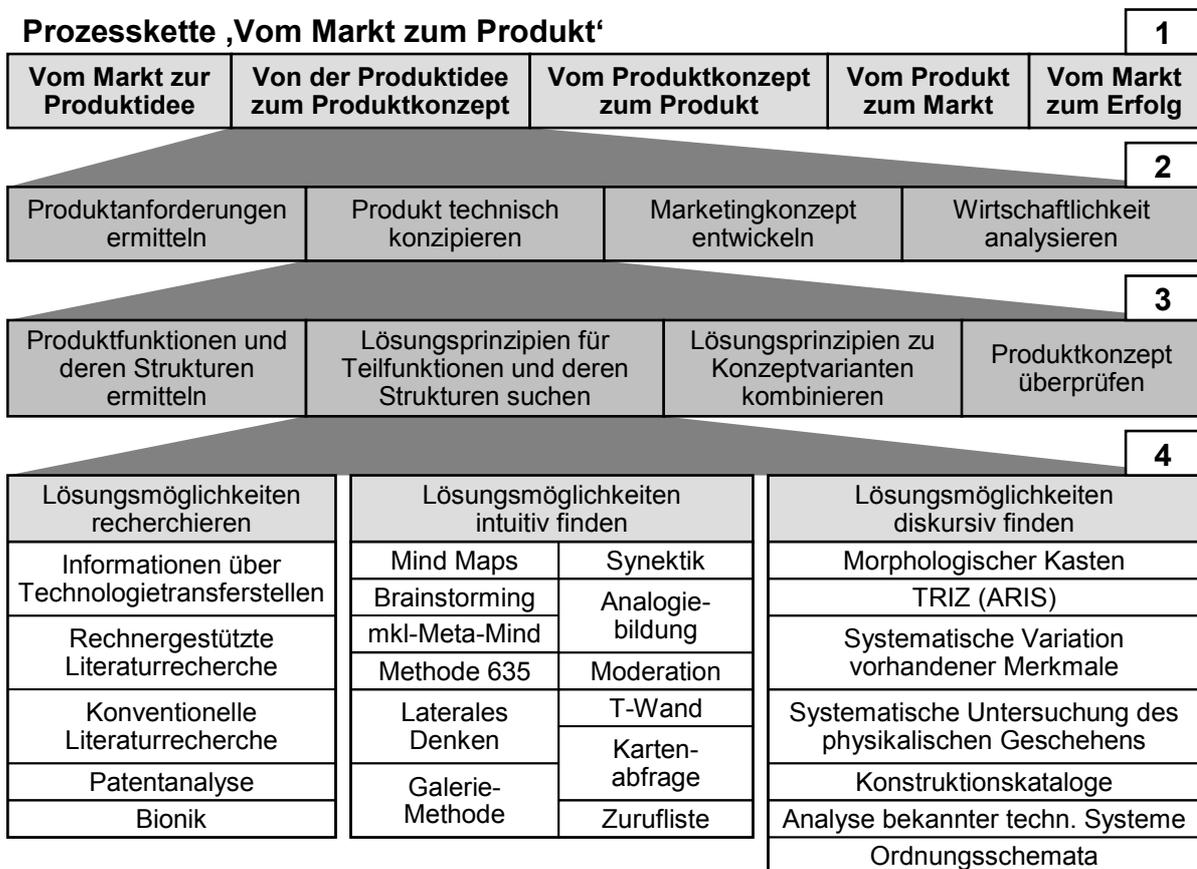
Für die fünf Methodensammlungen, die eine Methodenordnung besitzen, wurde in Kapitel 4.2.3.2 ein Vergleich der Methoden in der Kategorie Lösungssuche (bzw. Entwickeln von Lösungsideen, Kreativität, Ideengenerierung) durchgeführt. In der Tabelle unten sind diese Methoden im Detail aufgeführt. In einigen Methodensammlungen ist die Oberkategorie Lösungssuche noch weiter in Unterkategorien gegliedert. Hierbei wird eine wesentliche Unterscheidung in intuitive und diskursive Methoden der Lösungssuche vorgenommen.

<table border="1"> <tr><td>VDI 2221</td></tr> <tr><td>Methoden zum Entwickeln von Lösungsideen</td></tr> <tr><td>Methodisch-intuitiv (heuristisch)</td></tr> <tr><td>Kreativitätstechniken</td></tr> <tr><td>Brainstorming</td></tr> <tr><td>Methode 66</td></tr> <tr><td>Methode 635</td></tr> <tr><td>Provokation</td></tr> <tr><td>Ideen-Delphi</td></tr> <tr><td>Systematisch-diskursiv</td></tr> <tr><td>Morphologie</td></tr> <tr><td>Morphologischer Kasten</td></tr> <tr><td>Bescheidene Morphologie</td></tr> <tr><td>Eigenschaftenlisten</td></tr> <tr><td>Systematische Variation</td></tr> <tr><td>Konstruktionskataloge/ Lösungskataloge</td></tr> <tr><td>Gestaltungsregeln und -richtlinien</td></tr> <tr><td>Bausteinensystem/Baureihen</td></tr> <tr><td>Lösungsdarstellung</td></tr> <tr><td>Zeichnungen, Modelle, Bilder</td></tr> <tr><td>Kombinationen (heuristisch/diskursiv)</td></tr> <tr><td>Kombinationen obengenannter Methoden/ Methodenelemente</td></tr> <tr><td>Synektik</td></tr> <tr><td>Gemilderte Synektik</td></tr> </table>	VDI 2221	Methoden zum Entwickeln von Lösungsideen	Methodisch-intuitiv (heuristisch)	Kreativitätstechniken	Brainstorming	Methode 66	Methode 635	Provokation	Ideen-Delphi	Systematisch-diskursiv	Morphologie	Morphologischer Kasten	Bescheidene Morphologie	Eigenschaftenlisten	Systematische Variation	Konstruktionskataloge/ Lösungskataloge	Gestaltungsregeln und -richtlinien	Bausteinensystem/Baureihen	Lösungsdarstellung	Zeichnungen, Modelle, Bilder	Kombinationen (heuristisch/diskursiv)	Kombinationen obengenannter Methoden/ Methodenelemente	Synektik	Gemilderte Synektik	<table border="1"> <tr><td>Strasser</td></tr> <tr><td>Ideengenerierung</td></tr> <tr><td>Modul Intuition</td></tr> <tr><td>Brainstorming</td></tr> <tr><td>Zurufliste</td></tr> <tr><td>Lateral Thinking</td></tr> <tr><td>Brainwriting</td></tr> <tr><td>Methode 635</td></tr> <tr><td>Galeriemethode</td></tr> <tr><td>Synektik</td></tr> <tr><td>Modul Analyse (diskursive Ideenfindung)</td></tr> <tr><td>Funktionsanalyse</td></tr> <tr><td>Objektanalyse</td></tr> <tr><td>Analyse technischer Systeme</td></tr> <tr><td>Modul Abstraktion (diskursive Ideenfindung)</td></tr> <tr><td>Progressive Abstraktion</td></tr> <tr><td>Modul Widerspruchslösung</td></tr> <tr><td>Widerspruchstabelle</td></tr> <tr><td>TRIZ</td></tr> <tr><td>Modul Denken in Analogien</td></tr> <tr><td>Analogien aus anderen Systemen</td></tr> <tr><td>Bionik</td></tr> <tr><td>Gestaltungsprinzipien</td></tr> <tr><td>Innovative Prinzipien</td></tr> <tr><td>WOIS</td></tr> <tr><td>Modul Variation (diskursive Ideenfindung)</td></tr> <tr><td>Konstruktionskataloge</td></tr> <tr><td>Effekte Lexikon</td></tr> <tr><td>Stoff-Feld-Modulation</td></tr> <tr><td>Operator Material-Zeit-Kosten (MZK)</td></tr> <tr><td>Modul Kombination (diskursive Ideenfindung)</td></tr> <tr><td>Morphologischer Kasten</td></tr> <tr><td>Osborne Checkliste</td></tr> <tr><td>Attribute-Listing</td></tr> <tr><td>Problemlösungsbaum</td></tr> <tr><td>Modul gezieltes Fragen</td></tr> <tr><td>Checklisten für die Konstruktion</td></tr> <tr><td>Gestaltungsrichtlinien</td></tr> <tr><td>Design for X</td></tr> <tr><td>ECODESIGN Pilot</td></tr> <tr><td>Checklisten Ökonomie</td></tr> </table>	Strasser	Ideengenerierung	Modul Intuition	Brainstorming	Zurufliste	Lateral Thinking	Brainwriting	Methode 635	Galeriemethode	Synektik	Modul Analyse (diskursive Ideenfindung)	Funktionsanalyse	Objektanalyse	Analyse technischer Systeme	Modul Abstraktion (diskursive Ideenfindung)	Progressive Abstraktion	Modul Widerspruchslösung	Widerspruchstabelle	TRIZ	Modul Denken in Analogien	Analogien aus anderen Systemen	Bionik	Gestaltungsprinzipien	Innovative Prinzipien	WOIS	Modul Variation (diskursive Ideenfindung)	Konstruktionskataloge	Effekte Lexikon	Stoff-Feld-Modulation	Operator Material-Zeit-Kosten (MZK)	Modul Kombination (diskursive Ideenfindung)	Morphologischer Kasten	Osborne Checkliste	Attribute-Listing	Problemlösungsbaum	Modul gezieltes Fragen	Checklisten für die Konstruktion	Gestaltungsrichtlinien	Design for X	ECODESIGN Pilot	Checklisten Ökonomie	<table border="1"> <tr><td>GINA/Methodos</td></tr> <tr><td>Lösungssuche</td></tr> <tr><td>Analogiemethoden</td></tr> <tr><td>Bionik</td></tr> <tr><td>Synektik</td></tr> <tr><td>Intuitive Ideensuche zur Problemlösung</td></tr> <tr><td>Brainstorming</td></tr> <tr><td>Galerie-Methode</td></tr> <tr><td>Methode 635</td></tr> <tr><td>Mind Mapping</td></tr> <tr><td>Problemlösungsbaum</td></tr> <tr><td>Systematische Lösungssuche</td></tr> <tr><td>Funktionsgrößenmatrix (FGM)</td></tr> <tr><td>Kartenabfrage</td></tr> <tr><td>Konstruktionskatalog</td></tr> <tr><td>Literaturrecherche</td></tr> <tr><td>Morphologischer Kasten</td></tr> <tr><td>Quality Function Deployment</td></tr> <tr><td>TRIZ</td></tr> <tr><td>Daenzer & Huber</td></tr> <tr><td>Kreativität</td></tr> <tr><td>Analogie-Methode</td></tr> <tr><td>Attribute-Listing</td></tr> <tr><td>Brainstorming</td></tr> <tr><td>Kärtchen-Technik</td></tr> <tr><td>Kreativitätstechniken</td></tr> <tr><td>Methode 635</td></tr> <tr><td>Morphologie</td></tr> <tr><td>Problem-Lösungsbaum</td></tr> <tr><td>Synektik</td></tr> <tr><td>Szenario-Planung</td></tr> <tr><td>Wirkungsnetze</td></tr> </table>	GINA/Methodos	Lösungssuche	Analogiemethoden	Bionik	Synektik	Intuitive Ideensuche zur Problemlösung	Brainstorming	Galerie-Methode	Methode 635	Mind Mapping	Problemlösungsbaum	Systematische Lösungssuche	Funktionsgrößenmatrix (FGM)	Kartenabfrage	Konstruktionskatalog	Literaturrecherche	Morphologischer Kasten	Quality Function Deployment	TRIZ	Daenzer & Huber	Kreativität	Analogie-Methode	Attribute-Listing	Brainstorming	Kärtchen-Technik	Kreativitätstechniken	Methode 635	Morphologie	Problem-Lösungsbaum	Synektik	Szenario-Planung	Wirkungsnetze
VDI 2221																																																																																																			
Methoden zum Entwickeln von Lösungsideen																																																																																																			
Methodisch-intuitiv (heuristisch)																																																																																																			
Kreativitätstechniken																																																																																																			
Brainstorming																																																																																																			
Methode 66																																																																																																			
Methode 635																																																																																																			
Provokation																																																																																																			
Ideen-Delphi																																																																																																			
Systematisch-diskursiv																																																																																																			
Morphologie																																																																																																			
Morphologischer Kasten																																																																																																			
Bescheidene Morphologie																																																																																																			
Eigenschaftenlisten																																																																																																			
Systematische Variation																																																																																																			
Konstruktionskataloge/ Lösungskataloge																																																																																																			
Gestaltungsregeln und -richtlinien																																																																																																			
Bausteinensystem/Baureihen																																																																																																			
Lösungsdarstellung																																																																																																			
Zeichnungen, Modelle, Bilder																																																																																																			
Kombinationen (heuristisch/diskursiv)																																																																																																			
Kombinationen obengenannter Methoden/ Methodenelemente																																																																																																			
Synektik																																																																																																			
Gemilderte Synektik																																																																																																			
Strasser																																																																																																			
Ideengenerierung																																																																																																			
Modul Intuition																																																																																																			
Brainstorming																																																																																																			
Zurufliste																																																																																																			
Lateral Thinking																																																																																																			
Brainwriting																																																																																																			
Methode 635																																																																																																			
Galeriemethode																																																																																																			
Synektik																																																																																																			
Modul Analyse (diskursive Ideenfindung)																																																																																																			
Funktionsanalyse																																																																																																			
Objektanalyse																																																																																																			
Analyse technischer Systeme																																																																																																			
Modul Abstraktion (diskursive Ideenfindung)																																																																																																			
Progressive Abstraktion																																																																																																			
Modul Widerspruchslösung																																																																																																			
Widerspruchstabelle																																																																																																			
TRIZ																																																																																																			
Modul Denken in Analogien																																																																																																			
Analogien aus anderen Systemen																																																																																																			
Bionik																																																																																																			
Gestaltungsprinzipien																																																																																																			
Innovative Prinzipien																																																																																																			
WOIS																																																																																																			
Modul Variation (diskursive Ideenfindung)																																																																																																			
Konstruktionskataloge																																																																																																			
Effekte Lexikon																																																																																																			
Stoff-Feld-Modulation																																																																																																			
Operator Material-Zeit-Kosten (MZK)																																																																																																			
Modul Kombination (diskursive Ideenfindung)																																																																																																			
Morphologischer Kasten																																																																																																			
Osborne Checkliste																																																																																																			
Attribute-Listing																																																																																																			
Problemlösungsbaum																																																																																																			
Modul gezieltes Fragen																																																																																																			
Checklisten für die Konstruktion																																																																																																			
Gestaltungsrichtlinien																																																																																																			
Design for X																																																																																																			
ECODESIGN Pilot																																																																																																			
Checklisten Ökonomie																																																																																																			
GINA/Methodos																																																																																																			
Lösungssuche																																																																																																			
Analogiemethoden																																																																																																			
Bionik																																																																																																			
Synektik																																																																																																			
Intuitive Ideensuche zur Problemlösung																																																																																																			
Brainstorming																																																																																																			
Galerie-Methode																																																																																																			
Methode 635																																																																																																			
Mind Mapping																																																																																																			
Problemlösungsbaum																																																																																																			
Systematische Lösungssuche																																																																																																			
Funktionsgrößenmatrix (FGM)																																																																																																			
Kartenabfrage																																																																																																			
Konstruktionskatalog																																																																																																			
Literaturrecherche																																																																																																			
Morphologischer Kasten																																																																																																			
Quality Function Deployment																																																																																																			
TRIZ																																																																																																			
Daenzer & Huber																																																																																																			
Kreativität																																																																																																			
Analogie-Methode																																																																																																			
Attribute-Listing																																																																																																			
Brainstorming																																																																																																			
Kärtchen-Technik																																																																																																			
Kreativitätstechniken																																																																																																			
Methode 635																																																																																																			
Morphologie																																																																																																			
Problem-Lösungsbaum																																																																																																			
Synektik																																																																																																			
Szenario-Planung																																																																																																			
Wirkungsnetze																																																																																																			
<table border="1"> <tr><td>Ehrlenspiel</td></tr> <tr><td>Sachgebundene Methoden</td></tr> <tr><td>Lösungssuche</td></tr> <tr><td>Konventionelle Lösungssuche</td></tr> <tr><td>Kreativitätstechniken</td></tr> <tr><td>Brainstorming</td></tr> <tr><td>Methode 6-3-5</td></tr> <tr><td>Synektik</td></tr> <tr><td>Galeriemethode</td></tr> <tr><td>Systematiken</td></tr> <tr><td>Ordnungsschemata, morphologische Schemata</td></tr> <tr><td>Konstruktionkataloge</td></tr> <tr><td>Physikalische Effekte</td></tr> <tr><td>Checklisten</td></tr> <tr><td>Kombination (morph. Kasten)</td></tr> </table>	Ehrlenspiel	Sachgebundene Methoden	Lösungssuche	Konventionelle Lösungssuche	Kreativitätstechniken	Brainstorming	Methode 6-3-5	Synektik	Galeriemethode	Systematiken	Ordnungsschemata, morphologische Schemata	Konstruktionkataloge	Physikalische Effekte	Checklisten	Kombination (morph. Kasten)																																																																																				
Ehrlenspiel																																																																																																			
Sachgebundene Methoden																																																																																																			
Lösungssuche																																																																																																			
Konventionelle Lösungssuche																																																																																																			
Kreativitätstechniken																																																																																																			
Brainstorming																																																																																																			
Methode 6-3-5																																																																																																			
Synektik																																																																																																			
Galeriemethode																																																																																																			
Systematiken																																																																																																			
Ordnungsschemata, morphologische Schemata																																																																																																			
Konstruktionkataloge																																																																																																			
Physikalische Effekte																																																																																																			
Checklisten																																																																																																			
Kombination (morph. Kasten)																																																																																																			

Methodenauswahl

Im Folgenden werden die Mechanismen der Methodenauswahl, wie sie in Kapitel 4.2.4.1 beschrieben sind, für einige der untersuchten Methodenkataloge näher im Detail dargestellt. Insbesondere ist dabei festzustellen, dass bevorzugt Elemente des Entwicklungsprozesses auf unterschiedlichsten Ebenen der Granularität (Phasen, Arbeitsschritte, Aktivitäten, Grundtätigkeiten etc.) als Kriterien für die Methodenauswahl Anwendung finden.

Zunächst werden methodenordnende Mechanismen betrachtet. Einen weiten Fokus spannt das **MAP-Tool** [RPK – UNIVERSITÄT KARLSRUHE 2006] auf, welches Methoden im Kontext der Prozesskette ‚Vom Markt zum Produkt‘ betrachtet. Die Prozesskette wird auf insgesamt vier Ebenen hierarchisch dargestellt. Auf der vierten Ebene findet eine Zuordnung von Methoden zu den jeweiligen Aktivitäten statt. Es handelt sich hier um eine eindimensionale Methodenordnung. Allerdings ist es keine „echte“ Methodenordnung, welche die Methoden im Katalog eindeutig klassifiziert bzw. nach Kategorien gliedert. Viele Methoden sind mehreren unterschiedlichen Aktivitäten auf Ebene vier zugeordnet, alleine die ABC-Analyse wird neun Mal an unterschiedlichen Stellen im Prozessmodell genannt. Im folgenden Bild sind Ausschnitte aus dem Prozessmodell dargestellt. Der Phase ‚Von der Produktidee zum Produktkonzept‘ sind vier Prozessschritte untergeordnet, der Prozessschritt ‚Produkt technisch konzipieren‘ untergliedert sich in weitere vier Schritte. Zu dem Prozessschritt auf Ebene drei ‚Lösungsprinzipien für Teilfunktionen und deren Strukturen suchen‘ sind drei Unteraktivitäten angegeben, denen wiederum eine Fülle von Methoden zugeordnet ist.



Hierarchische Prozessgliederung im MAP-Tool [RPK – UNIVERSITÄT KARLSRUHE 2006]

Die Methodensammlung der **VDI-Richtlinie 2221** [VDI 1993] gliedert die enthaltenen Methoden in fünf Obergruppen bzw. Kategorien („echte Methodenordnung“). Unten sind die Methoden der Kategorie ‚Entwickeln von Lösungsideen‘ dargestellt. Zur Unterstützung der Methodenauswahl werden neben der Methodenordnung die sieben Arbeitsabschnitte des Vorgehensplans der Richtlinie herangezogen. Im Gegensatz zum MAP-Tool handelt es sich damit hierbei um eine zweidimensionale Methodenordnung. Methoden und Arbeitsabschnitte sind dabei in einer Matrix gegenübergestellt. Mit ‚x‘ und ‚o‘ ist gekennzeichnet, ob die jeweilige Methode geeignet bzw. gut geeignet für die Bearbeitung eines Arbeitsschritts ist. Demnach ist z. B. die Methode Brainstorming geeignet für den ersten Schritt im Vorgehensmodell ‚Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung‘. Für die folgenden beiden Schritte im Vorgehensplan der VDI-Richtlinie 2221 ist sie sogar laut dieser Übersicht gut geeignet.

Nr	Arbeitsabschnitte	1	2	3	4	5	6	7
	Ordnungskriterien / Methoden X = gut geeignet O = geeignet für den jeweiligen Arbeitsschritt	Klären und präzisieren der Aufgabenstellung	Ermitteln von Funktionen und deren Strukturen	Suche nach Lösungsprinzipien und deren Strukturen	Gliedern in realisierbare Module	Gestalten der maßgebenden Module	Gestalten des gesamten Produkts	Ausarbeiten der Ausführungs- und Nutzungsangaben
	Methoden zum Entwickeln von Lösungsideen							
	Methodisch-intuitiv (heuristisch) zum Lösen "schlechtstrukturierter" Probleme							
	Kreativitätstechniken							
1	Brainstorming	O	X	X				
2	Methode 66		X	X	O			
3	Methode 635		X	X	O			
4	Provokation			O		O		
5	Ideen-Delphi	O		O	O			
	Systematisch-diskursiv zum Lösen "wohlstrukturierter" Probleme							
	Morphologie							
6	Morphologischer Kasten		X	X	X	O		
7	Bescheidene Morphologie		X	X	X	O		
8	Eigenschaftenlisten		O	X	X			
9	Systematische Variation		O	X	O	X	X	
10	Konstruktionskataloge/Lösungskataloge		X	X	O	X	X	
11	Gestaltungsregeln und -richtlinien				X	X	X	X
12	Bausteinesystem/Baureihen		X	O	X	X	X	X
	Lösungsdarstellung							
13	Zeichnungen, Modelle, Bilder	O	O	O	X	X	X	X
	Kombinationen (heuristisch/diskursiv)							
14	Kombinationen obengenannter Methoden/ Methodenelemente		O	O	O	O	O	O
15	Synektik	O	X	X				
16	Gemilderte Synektik		O	X	O	O	O	

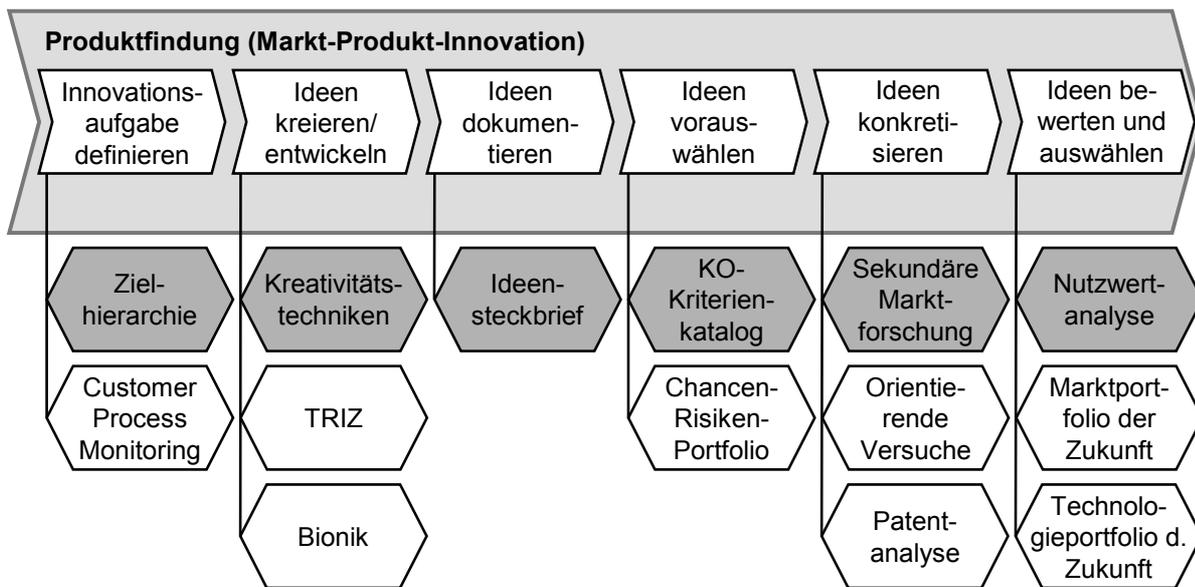
Ausschnitt einer zweidimensionalen Methodenordnung (nach [VDI 1993, S. 34-35])

Die Methodensammlung nach EHRENSPIEL [EHRENSPIEL 2003, S. 688-693] ist ähnlich aufgebaut. Auf erster Ebene findet eine Grobgliederung in allgemein anwendbare, organisatorische und sachgebundene Methoden statt. Auf zweiter Ebene werden Problemarten als Ordnungskriterien herangezogen (z. B. Produktplanung, Aufgabenklärung, Aufgabenstrukturierung, Lösungssuche etc.). In dieser hierarchischen Gliederung werden die Methoden links in die Zeilen einer Matrix eingeordnet. In den Spalten der Matrix befinden sich Auswahlkriterien. Dabei handelt es sich um Phasen bzw. Schritte im Produktentstehungsprozess (Produktplanung, Aufgabe klären, Konzipieren etc.), um Funktionsbereiche im Unternehmen (Produktion, Vertrieb, Controlling) und um Kriterien, die weitere Aussagen ermöglichen (allgemein anwendbar, besonders integrativ). In den Zellen der Matrix werden nun Aussagen darüber getroffen, ob die in den Spaltenüberschriften genannten Kriterien für die jeweilige Methode stark, schwach oder gar nicht zutreffend sind. Demnach sind beispielsweise Physikalische Effekte für die Produktplanung und das Konzipieren stark anwendbar und für die Aufgabenklärung und das Entwerfen immerhin noch schwach anwendbar.

Nr	Auswahlkriterien	allgemein anwendbar	besonders integrativ	Produkt- planung	Entwicklung & Konstruktion			Produktion	Vertrieb	Controlling
					Aufg. Klären Vorg. Planen	Konzipieren	Entwerfen			
	Ordnungskriterien / Methoden									
	X = stark betroffen, anwendbar O = schwach betroffen, anwendbar									
	Sachgebundene Methoden									
	Lösungssuche									
1	Konventionelle Lösungssuche			O	O	X	X	O		
2	Kreativitätstechniken	X	O	X	X	X	X	X		X
3	Brainstorming	X	X	X	X	X	X	X	O	O
4	Methode 6-3-5		O	X	O	X	O			
5	Synektik		O	X	O	X	O			
6	Galeriemethode			X	O	X	X	O		
	Systematiken									
7	Ordnungsschemata, morphologische Schemata			X	O	X	X			
8	Konstruktionkataloge			X	O	X	X			
9	Physikalische Effekte			X	O	X	O			
10	Checklisten	X	O	X	X	X	X	X	X	X
11	Kombination (morph. Kasten)			O	O	X	X			

Ausschnitt einer zweidimensionalen Methodenordnung (nach [EHRENSPIEL 2003, S. 692])

Der Ansatz von BRAUN bietet neben der Zuordnung von Methoden zu Prozessschritten bzw. Aufgabenstellungen auch eine Orientierung an anwenderspezifischen Voraussetzungen: Es findet eine Differenzierung statt nach Methoden, die für Methodenanfänger geeignet sind, im Gegensatz zu Methoden, für die eine gewisse Methodenexpertise vonnöten ist [BRAUN 2005, S. 226 FF.]. Methodenanfängern wird für eine Aufgabe lediglich eine einzige Methode vorgeschlagen (im folgenden Bild grau hinterlegt). Methodenexperten besitzen dahingegen die Möglichkeit der Auswahl zwischen alternativ einsetzbaren Methoden zur Bearbeitung einer Aufgabenstellung.



Zuordnung von Methoden zu Aufgabenstellungen (nach [BRAUN 2005, S.228])

Die Methodensammlung nach STRASSER zeichnet sich durch eine standardisierte Methodenbeschreibung aus, in der eine Vielzahl an Kriterien aufgeführt ist, die einer Klassifikation von Methoden dienen und die somit für die Methodenauswahl herangezogen werden können [STRASSER 2004, S. 37]. Eine Methodenauswahl findet hier auf Basis des methodencharakterisierenden Mechanismus statt. Beispielsweise wird zwischen divergenten und konvergenten Methoden, zwischen Methoden für die Einzelarbeit und die Gruppenarbeit, Methoden mit geringem und mit hohem Schulungsaufwand unterschieden.

Modul	Intuition (freie Assoziation mit Beeinflussung)
Bezeichnung	Brainstorming (Zurufliste, Lateral Thinking - Querdenken)
Beschreibung	...
Zielsetzung	primär: Ideenfindung in der Gruppe und Weiterentwicklung dieser Ideen In kurzer Zeit viele Ideen entwickeln sekundär: Dokumentation der Vielzahl von Ideen für spätere Berücksichtigung
Charakteristik	<input checked="" type="checkbox"/> Steigerung des Innovationsgrades <input checked="" type="checkbox"/> divergent <input type="checkbox"/> konvergent <input type="checkbox"/> Einzelarbeit <input checked="" type="checkbox"/> Gruppenarbeit Eignung komplexe Aufgabenstellungen zu behandeln gering <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> hoch
...	...
Schulungsaufwand	gering <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> hoch sofort anwendbar
Personalaufwand	gering <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> hoch Teamarbeit notwendig, Moderator von Vorteil
...	...

Standardisiertes Methodendatenblatt mit Auswahlkriterien (nach [STRASSER 2004, S. A 12])

10.5 Analyse studentischer Entwicklungsprojekte

An dieser Stelle sind die Ergebnisse der Analyse von drei der insgesamt zwölf im Rahmen dieser Arbeit untersuchten studentischen Entwicklungsprojekte wiedergegeben. Die Analyse bezog sich zum einen auf das Vorgehen im Projekt (vgl. Kapitel 4.1.5), zum anderen auf den Einsatz von Methoden in den einzelnen Arbeitsschritten (vgl. Kapitel 4.2.5).

Analyse des Vorgehens in studentischen Entwicklungsprojekten

Die Identifikation von Phasen und Prozessschritten basierte auf der Analyse der Projektdokumentation. Eine wertvolle Orientierungshilfe stellte hierbei die Kapitelstruktur der jeweiligen Studienarbeit dar. Die Zuordnung der einzelnen Prozessschritte zu Elementen des Münchener Vorgehensmodells (im rechten Teil der Tabelle dargestellt) ist teilweise subjektiv geprägt.

Methodische Entwicklung von Anzeigevorrichtungen für Schienenfahrzeuge ([Anton 2003], [Walther 2003])									
Phase	Nr	Prozessschritt	1	2	3	4	5	6	7
Planung, Analyse	1	Situation analysieren	■						
	2	Verantwortlichkeiten im Team aufteilen							
	3	Einsatzgebiet und Produkt beschreiben							
	4	Bestehende Anzeigevorrichtungen analysieren			■				
Lastenheft	5	Anforderungen an eine Anzeigevorrichtung ermitteln		■					
	6	Variantevielfalt analysieren	■						
	7	Entwicklungsziel formulieren			■				
	8	Lastenheft erstellen		■					
Lösungskonzepte	9	Lösungen suchen				■			
	10	Vorauswahl treffen						■	
	11	Lösungskonzepte ausarbeiten				■			
	12	Lösungskonzept auswählen						■	
Detaillierung der Neukonstruktion	13	Teilzielkosten ermitteln (Zielkostenaufspaltung)			■				
	14	Detaillösungen suchen und ausarbeiten				■			
	15	Detaillösungen bewerten und auswählen					■		
	16	Einzellösungen darstellen und kombinieren						■	
	17	Gesamten Lösungsvorschlag im Detail beschreiben							■
	18	Einhaltung der wirtschaftlichen Ziele überprüfen							■

Die Nummern in den Spalten rechts entsprechen den Elementen des MVM: 1 = Ziel planen, 2 = Ziel analysieren, 3 = Problem strukturieren, 4 = Lösungsideen ermitteln, 5 = Eigenschaften ermitteln, 6 = Entscheidungen herbeiführen, 7 = Zielerreichung absichern

Methodische Entwicklung eines innovativen Umwerfersystems für Liegeräder [Kuß 2005]									
Phase	Nr	Prozessschritt	1	2	3	4	5	6	7
Problemklärung Umwerfer	1	Schwachstellen vorhandener Umwerfersysteme identifizieren	■						
	2	Problem- bzw. Aufgabenstellung für die Entwicklung formulieren							
	3	Anforderungen an ein Umwerfersystem klären		■					
	4	Baustruktur konventioneller Umwerfer analysieren			■				
	5	Funktionsmodelle von Umwerfern erstellen				■			
Entwicklung Prüfstand	6	Entscheidung zur Entwicklung eines Prüfstandes treffen	■						
	7	Anforderungen an den Prüfstand klären		■					
	8	Konzepte für den Prüfstand erarbeiten				■			
	9	Prüfstandskonzepte bewerten und auswählen					■		
	10	Ausgewähltes Prüfstandskonzept ausführen und bewerten						■	
	11	Orientierende Versuche durchführen							■
Lösungssuche Umwerfer	12	Vorhandene Lösungen für Umwerfersysteme suchen				■			
	13	Wirkprinzipien ermitteln					■		
	14	Wirkstrukturen erarbeiten						■	
	15	Gesamtlösungen erarbeiten							■
Lösungsauswahl Umwerfer	16	Funktionsfähigkeit überprüfen und Grobkonzepte vorauswählen					■		
	17	Prototypen bauen und Eigenschaften ermitteln						■	
	18	Prototypisch realisierte Lösungskonzepte bewerten							■

Die Nummern in den Spalten rechts entsprechen den Elementen des MVM: 1 = Ziel planen, 2 = Ziel analysieren, 3 = Problem strukturieren, 4 = Lösungsideen ermitteln, 5 = Eigenschaften ermitteln, 6 = Entscheidungen herbeiführen, 7 = Zielerreichung absichern

Methodische Entwicklung eines innovativen Haartrockners ([Fuchs 2005], [Norrefeldt 2005])									
Phase	Nr	Prozessschritt	1	2	3	4	5	6	7
Ziel planen	1	Ziel planen	■						
Ziel analysieren	2	Patentrecherche durchführen		■					
	3	Marktrecherche durchführen		■					
	4	Rechtliche Rahmenbedingungen klären		■					
	5	Kundenbefragung durchführen		■					
	6	Herstellerbefragung durchführen		■					
	7	Analyse bestehender Lösungen		■					
	8	Anforderungen dokumentieren		■					
Ziel strukturieren	9	Einflussanalyse mit Zielkonfliktsuche			■				
	10	Wirkstruktur und Wirkprinzip ermitteln			■	■			
	11	Funktionsmodellierung			■				
Lösungen suchen	12	Lösungen suchen			■				
Eigensch. ermitteln	13	Eigenschaften ermitteln				■			
Entscheidung herbeiführen	14	Vorauswahl treffen					■		
	15	Alternativen bewerten						■	
	16	Entscheidungsfindung für Konzepte und Prototypen							■
Ziel absichern	17	Prototyp "beheizter Kamm" bauen und testen				■			
	18	Prototyp "optimierter Rotorkopf" bauen und testen				■			
	19	Krisenbewältigung					■		
	20	Neuen Prototypen "optimierter Rotorkopf" bauen und testen						■	

Die Nummern in den Spalten rechts entsprechen den Elementen des MVM: 1 = Ziel planen, 2 = Ziel analysieren, 3 = Problem strukturieren, 4 = Lösungsideen ermitteln, 5 = Eigenschaften ermitteln, 6 = Entscheidungen herbeiführen, 7 = Zielerreichung absichern

Analyse des Methodeneinsatzes in studentischen Entwicklungsprojekten

In den folgenden Tabellen sind den einzelnen Prozessschritten die Methoden zugeordnet, mit denen die Schritte durchgeführt wurden, soweit diese aus der Projektdokumentation hervorgingen. Die Identifikation konkreter Methoden gestaltete sich teilweise als schwierig und ist ebenfalls subjektiv geprägt. So könnte man z. B. diskutieren, ob es sich bei ‚Vorgehenszyklus‘ oder ‚Baukastenprinzip‘ tatsächlich um Methoden handelt.

Methodische Entwicklung von Anzeigevorrichtungen für Schienenfahrzeuge ([Anton 2003], [Walther 2003])			
Phase	Nr	Prozessschritt	Methoden
Planung, Analyse	1	Situation analysieren	Wertanalyse
	2	Verantwortlichkeiten im Team aufteilen	
	3	Einsatzgebiet und Produkt beschreiben	
	4	Bestehende Anzeigevorrichtungen analysieren	Benchmarking, Schwachstellenanalyse, Reverse Engineering
Lastenheft	5	Anforderungen an eine Anzeigevorrichtung ermitteln	Lastenheft, Recherche, Target Costing (Zielkostenermittlung)
	6	Variantenvielfalt analysieren	
	7	Entwicklungsziel formulieren	Zielformulierung
	8	Lastenheft erstellen	Lastenheft
Lösungskonzepte	9	Lösungen suchen	Vorgehenszyklus, Brainstorming, Black Box, Reizwortanalyse, Checklisten, Analogie
	10	Vorauswahl treffen	Lastenheft, Vorauswahl
	11	Lösungskonzepte ausarbeiten	Baukastenprinzip, Standardteile
	12	Lösungskonzept auswählen	Gewichtete Punktbewertung, Expertenschätzung, Sensitivitätsanalyse
Detaillierung der Neukonstruktion	13	Teilzielkosten ermitteln (Zielkostenaufspaltung)	Lastenheft, Target Costing (Zielkostenaufspaltung)
	14	Detaillösungen suchen und ausarbeiten	Vorgehenszyklus, Gleichteile, CAD-Modell, Berechnung, FEM-Analyse
	15	Detaillösungen bewerten und auswählen	Einfache Punktbewertung
	16	Einzellösungen darstellen und kombinieren	Morphologischer Kasten
	17	Gesamten Lösungsvorschlag im Detail beschreiben	Baukastenprinzip
	18	Einhaltung der wirtschaftlichen Ziele überprüfen	Kostenkalkulation, Ratioerfassung

Methodische Entwicklung eines innovativen Umwerfersystems für Liegeräder [Kuß 2005]			
Phase	Nr	Prozessschritt	Methoden
Problemklärung Umwerfer	1	Schwachstellen vorhandener Umwerfersysteme identifizieren	
	2	Problem- bzw. Aufgabenstellung für die Entwicklung formulieren	
	3	Anforderungen an ein Umwerfersystem klären	Anforderungsliste, Checklisten, Gewichtung
	4	Baustruktur konventioneller Umwerfer analysieren	Recherche, Baustruktur, Prinzipdarstellung
	5	Funktionsmodelle von Umwerfern erstellen	Umsatzorientierte Funktionsstruktur, Funktion-Mittel-Baum
Entwicklung Prüfstand	6	Entscheidung zur Entwicklung eines Prüfstandes treffen	
	7	Anforderungen an den Prüfstand klären	Anforderungsliste, Gewichtung
	8	Konzepte für den Prüfstand erarbeiten	
	9	Prüfstandkonzepte bewerten und auswählen	Anforderungsliste, Gewichtete Punktbewertung
	10	Ausgewähltes Prüfstandskonzept ausführen und bewerten	
	11	Orientierende Versuche durchführen	Orientierender Versuch
Lösungssuche Umwerfer	12	Vorhandene Lösungen für Umwerfersysteme suchen	Marktrecherche, Patentrecherche
	13	Wirkprinzipien ermitteln	Physikalische Effekte, Effekt-Liste, Effekt-Matrix, Checklisten
	14	Wirkstrukturen erarbeiten	Systematische Variation, Checklisten, Konstruktionskatalog, Gestaltungsprinzipien, Morphologischer Kasten
	15	Gesamtlösungen erarbeiten	Morphologischer Kasten, Kombination, Verträglichkeitsmatrix
Lösungsauswahl Umwerfer	16	Funktionsfähigkeit überprüfen und Grobkonzepte vorauswählen	Physikalisches Funktionsmodell, Versuch, Vorauswahl
	17	Prototypen bauen und Eigenschaften ermitteln	CAD-Modell, Prototyp, Versuch
	18	Prototypisch realisierte Lösungskonzepte bewerten	Punktbewertung (angepasst)

Methodische Entwicklung eines innovativen Haartrockners ([Fuchs 2005], [Norrefeldt 2005])			
Phase	Nr	Prozessschritt	Methoden
Ziel planen	1	Ziel planen	Zeitplan
Ziel analysieren	2	Patentrecherche durchführen	Patentrecherche
	3	Marktrecherche durchführen	Marktrecherche
	4	Rechtliche Rahmenbedingungen klären	Recherche
	5	Kundenbefragung durchführen	Kundenbefragung, Fragebogen
	6	Herstellerbefragung durchführen	Interview
	7	Analyse bestehender Lösungen	Versuch, Reverse Engineering
	8	Anforderungen dokumentieren	Anforderungsliste, Checkliste
	Ziel strukturieren	9	Einflussanalyse mit Zielkonfliktsuche
10		Wirkstruktur und Wirkprinzip ermitteln	Physikalische Effekte
11		Funktionsmodellierung	Hierarchische Funktionsmodellierung, Relationsorientierte Funktionsmodellierung, Umsatzorientierte Funktionsmodellierung
Lösungen suchen	12	Lösungen suchen	Brainstorming, Tisch-Methode, Methode 635
Eigensch. ermitteln	13	Eigenschaften ermitteln	
Entscheidung herbeiführen	14	Vorauswahl treffen	Vorauswahl
	15	Alternativen bewerten	Auswahlliste
	16	Entscheidungsfindung für Konzepte und Prototypen	Auswahlliste
Ziel absichern	17	Prototyp "beheizter Kamm" bauen und testen	Morphologischer Kasten, CAD-Modell, Prototyp, Versuchsplanung, Orientierender Versuch
	18	Prototyp "optimierter Rotorkopf" bauen und testen	CAD-Modell, Systematische Variation, Prototyp, Versuchsplanung, Orientierender Versuch
	19	Krisenbewältigung	Ursache-Wirkungs-Analyse, Negation, Expertenteam
	20	Neuen Prototypen "optimierter Rotorkopf" bauen und testen	Versuchsplanung, Orientierender Versuch

Checkliste für gutes „Storytelling“

Die folgende Checkliste kann als Hilfsmittel für eine projektbegleitende Dokumentation von Entwicklungsprojekten verwendet werden. Sie stellt sicher, dass einzelne Arbeitsschritte im Projekt umfassend beschrieben werden, so dass auch Außenstehende, die nicht im Projekt involviert waren, die Ausgangssituation, das Vorgehen und den Methodeneinsatz sowie die erzielten Ergebnisse nachvollziehen können.

Allgemeines	Erläuterung	Beispiel
Projekt	Bezeichnung des Projekts (Titel der Studienarbeit)	Methodische Entwicklung eines innovativen Umwerfersystems für Liegeräder
Arbeitsschritt	Bezeichnung des Arbeitsschritts	Funktionsfähigkeit überprüfen und Grobkonzepte vorauswählen
Kapitel	Kapitel der Studienarbeit	5.1 Vorauswahl

Situation	Erläuterung, Fragen	Beispiel
System	Welches System (Produkt, Baugruppe etc.) und welche Systemeigenschaften sind für diesen Arbeitsschritt relevant?	Gesamtsystem Liegeradumwerfer
Input	Welche (Zwischen-)Ergebnisse aus vorangegangenen Schritten sind für diesen Arbeitsschritt relevant?	3 Grobkonzepte aus der Lösungssuche: Hebelumwerfer, Linearführungsumwerfer, Parallelogrammumwerfer
Probleme	Welche aktuellen Probleme gibt es im Prozess (ungewünschter Ist-Zustand)?	Grobkonzepte auf verschiedenen Konkretisierungsniveaus, Eigenschaften bei 2 der Lösungen nur schwer abzuschätzen
Ziele	Welche aktuellen Ziele gibt es im Prozess (gewünschter Soll-Zustand)?	weitere Konkretisierung von 2 Konzepten, um alle 3 Konzepte vergleichen zu können

Vorgehen	Erläuterung, Fragen	Beispiel
Aktivität (mit Begründung)	WAS wurde gemacht? Welche Arbeitsschritte wurden durchgeführt?	Anfertigung von physikalischen Modellen des Hebelumwerfers
Methoden, Hilfsmittel (mit Begründung)	WIE wurde es gemacht? Welche Methoden, Hilfsmittel etc. kamen zum Einsatz?	Physikalisches Funktionsmodell (Simulation der prinzipiellen Funktion, um dadurch die Eignung besser beurteilen zu können)
Ergebnisse, Erkenntnisse	WAS kam heraus? Welche Ergebnisse, Erkenntnisse etc. brachte der Schritt?	Modelle des Hebelumwerfers aus Pressspanplatten
Aktivität (mit Begründung)	WAS wurde gemacht? Welche Arbeitsschritte wurden durchgeführt?	Versuch mit physikalischen Funktionsmodellen
Methoden, Hilfsmittel (mit Begründung)	WIE wurde es gemacht? Welche Methoden, Hilfsmittel etc. kamen zum Einsatz?	Versuch, Prüfstand
Ergebnisse, Erkenntnisse	WAS kam heraus? Welche Ergebnisse, Erkenntnisse etc. brachte der Schritt?	Umwerfer kann mit einem einfachen Hebel nicht realisiert werden
...

Ergebnis	Erläuterung, Fragen	Beispiel
Ergebnisse, Erkenntnisse (bzgl. Produkt)	WAS kam insgesamt heraus? Welche Ergebnisse bezüglich des Produkts wurden im Arbeitsschritt erzielt?	Hebelumwerfer nicht verwirklicht; grundsätzliche Funktionsfähigkeit der beiden anderen Konzepte
Ergebnisse, Erkenntnisse (bzgl. Prozess)	WAS kam insgesamt heraus? Welche Ergebnisse bezüglich des Prozesses wurden im Arbeitsschritt erzielt?	Einsatz von physikalischen Funktionsmodellen sehr sinnvoll für die Verbesserung des Systemverständnisses
Neue Probleme	Welche neuen Probleme ergeben sich aus dem Arbeitsschritt?	---
Neue Ziele	Welche neuen Ziele ergeben sich aus dem Arbeitsschritt?	Konkretisierung der beiden übrig gebliebenen Konzepte zu Prototypen

10.6 Morphologie der Entwicklungssituation

Die Morphologie der Entwicklungssituation ist Teil der Informationssammlung, die im Rahmen dieser Arbeit für die Unterstützung der Konzeptentwicklung technischer Produkte erarbeitet wurde. Die folgenden Ausführungen stellen eine Ergänzung zu den in Kapitel 5.2.1 beschriebenen Inhalten dar. Es wird zwischen direktem und indirektem Kontext der Entwicklungssituation unterschieden.

Direkter Kontext

Der direkte Kontext wird über Betrachtungsobjekte im Entwicklungsprozess und deren Eigenschaften beschrieben. Zunächst stellt sich die Frage, welche **Betrachtungsobjekte** für Entwicklungsingenieure im Rahmen der Konzeptentwicklung technischer Produkte eine Rolle spielen. Um zu einer Liste geeigneter Betrachtungsobjekte zu gelangen, wurden Aufgaben im Konzeptentwicklungsprozess analysiert. Dabei wurden insbesondere Betrachtungsobjekte aus Sicht der Problemlösung und der Produktkonkretisierung identifiziert. Es erfolgte hierfür eine Orientierung an den Elementen im Münchener Vorgehensmodell [LINDEMANN 2007] und an den ersten vier Arbeitsabschnitten im Vorgehensplan der VDI-Richtlinie 2221 [VDI 1993].

Element im MVM	Betrachtungsobjekte	Informationscluster
Ziel planen	Situation , Ziel, Einflussgröße, Einflussbereich, Einflussfaktor, Schlüsselfaktor, Zukunftsmodell, ...	Wissensstand Zielmodell
Ziel analysieren	Ziel , Anforderung, Zielabhängigkeit, Zielkonflikt, Anforderungsliste, Zwischenziel, ...	Zielmodell
Problem strukturieren	Problem , Problemstruktur, Teilproblem, Schwachstelle, Funktion, Problemmodell, Freiheitsgrad, ...	Problemmodell
Lösungsideen ermitteln	Lösung , Lösungsidee, Lösungsalternative, Lösungsfeld, Lösungsprinzip, Gesamtkonzept, ...	Entwicklungsmodell
Eigenschaften ermitteln	Eigenschaft , Produkteigenschaft, Analysemerkmal, Analyseziel, Analyseergebnis, ...	Verifikationsmodell
Entscheidung herbeiführen	Entscheidung , Bewertungskriterium, Wertesystem, Wertigkeit, Bewertungsergebnis, Rangfolge, ...	Zielmodell Verifikationsmodell
Zielerreichung absichern	Zielabweichung , Fehler, Fehlerquelle, Fehlerursache, Fehlerauswirkung, Risiko, ...	Alle Modelle

Betrachtungsobjekte der Problemlösungssicht (Münchener Vorgehensmodell)

Schritt der VDI-Richtlinie 2221	Betrachtungsobjekte	Informationscluster
Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung	Aufgabenstellung, Anforderung , Anforderungsliste, ...	Zielmodell Problemmodell
Ermitteln von Funktionen und deren Strukturen	Funktion , Gesamtfunktion, Teilfunktion, Funktionsstruktur, ...	Problemmodell Entwicklungsmodell
Suche nach Lösungsprinzipien und deren Strukturen	Lösung , Lösungsprinzip, physikalischer Effekt, Wirkstruktur, ...	Entwicklungsmodell Verifikationsmodell
Gliedern in realisierbare Module	System , Modul, Modulstruktur, Teilsystem, Schnittstelle, Baugruppe, Einzelteil, Komponente, ...	Entwicklungsmodell Verifikationsmodell

Betrachtungsobjekte der Produktkonkretisierungssicht (VDI-Richtlinie 2221)

Die Betrachtungsobjekte in den Tabellen wurden aus den Beschreibungen der jeweiligen Schritte der Vorgehensmodelle in der Literatur abgeleitet. So heißt es beispielsweise bei [LINDEMANN 2007, S. 47]: „Das Element ‚Ziel planen‘ enthält eine Analyse der *Situation* sowie die Ableitung konkreter Maßnahmen. Welche Faktoren für die Analyse der Situation eine Rolle spielen, hängt von der Art des betrachteten *Ziels* ab. Es kann sich beispielsweise um *Einflussgrößen* auf die Produktentwicklung aus den Bereichen Markt, Kunde, Wettbewerb, Politik, Produkt oder Unternehmen handeln, wenn die Zielplanung in Form einer strategischen Produkt- und Prozessplanung erfolgt. (...)“ Diejenigen Betrachtungsobjekte, die in den Augen des Autors für den Arbeitsschritt, dem sie zugeordnet sind, die jeweils größte Bedeutung haben, wurden in den Tabellen fett markiert. Jedem der Schritte in den Vorgehensmodellen können Informationscluster nach [LINDEMANN 2007, S. 21] (vgl. Kapitel 3.1.3) zugeordnet werden, die jeweils am stärksten fokussiert werden. Bei der Integration beider Sichten (Problemlösung, Produktkonkretisierung) wurden letztendlich acht **Grundobjekte** identifiziert, die unten dargestellt sind.

Icon	Grundobjekt	Betrachtungsobjekte, die mit dem Grundobjekt assoziiert werden
	Eigenschaft	Eigenschaft, Produktmerkmal, Merkmalsausprägung, Produkteigenschaft, Analysemerkmal, Analyseergebnis, Analyseziel, Produktverhalten, ...
	Entscheidung	Entscheidung, Urteil, Rangfolge, Favorit, Auswahl, Ausschluss, Priorisierung, Bewertungskriterium, Wertesystem, Nutzwert, Teilnutzwert, ...
	Funktion	Funktion, Systemzweck, Gesamtfunktion, Teilfunktion, Hauptfunktion, Nebenfunktion, Funktionsstruktur, nützliche Funktion, schädliche Funktion, ...
	Lösung	Lösung, Lösungsidee, Lösungsprinzip, Prinziplösung, Lösungskonzept, Teil-lösung, Gesamtlösung, Gesamtkonzept, Lösungsalternative, Lösungsfeld...
	Problem	Problem, Schwachstelle, Widerspruch, Zielabweichung, Risiko, Fehler, Problemfeld, Problemmodell, Problemstruktur, Problemformulierung, ...
	Situation	Situation, Situationsmerkmal, Einflussbereich, Einflussgröße, Einflussgröße, Einflussfaktor, Schlüsselfaktor, Zukunftsprojektion, Zukunftsmodell, ...
	System	System, Produkt, Gesamtsystem, Teilsystem, Systemelement, Komponente, Modul, Baugruppe, Bauteil, Schnittstelle, Systemgrenze, Systemstruktur, ...
	Ziel	Ziel, Anforderung, Soll-Eigenschaft, Anforderungsliste, Anforderungsstruktur, Zielabhängigkeit, Zielkonflikt, Marktziel, Kostenziel, Entwicklungsziel, ...

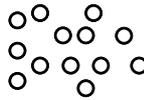
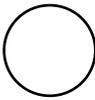
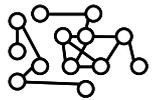
Grundobjekte und zugeordnete Betrachtungsobjekte

Die **Eigenschaften der Betrachtungsobjekte** setzen sich zusammen aus einem Merkmal und möglichen Ausprägungen. Die Eigenschaften lassen sich mit beliebigen Betrachtungsobjekten kombinieren. Zu jedem Merkmal sind zwei mögliche Ausprägungen angegeben.

Merkmal	Ausprägungen		Merkmal	Ausprägungen	
Bekanntheit	Unbekannt	Bekannt	Zerlegung	Grob	Detailliert
Vollständigkeit	Unvollständig	Vollständig	Eignung	Ungeeignet	Geeignet
Anzahl	Keine / Wenige	Viele	Relevanz	Irrelevant	Relevant
Ordnung	Ungeordnet	Geordnet	Konkretisierung	Abstrakt	Konkret
Strukturierung	Unstrukturiert	Strukturiert

Mögliche Eigenschaften von Betrachtungsobjekten (Merkmale und Ausprägungen)

Merkmale mit tendenziell ähnlichen Aussagen wurden zu Gruppen zusammengefasst. Die Merkmale Bekanntheit, Vollständigkeit und Anzahl beschreiben die Menge der Elemente in einem betrachteten System (Gruppe A wie Anzahl). Die Merkmale Ordnung und Strukturierung haben Bezug zu den Relationen zwischen Elementen eines Systems (Gruppe S wie Strukturierung). Die Merkmale Eignung und Relevanz unterscheiden Elemente und Relationen im System hinsichtlich ihrer Bedeutung (Gruppe E wie Eignung). Diese Gruppierung stellt eine Vereinfachung dar, die zum Zwecke der Reduzierung von Komplexität im Klassifikationsansatz eingeführt wurde.

Anzahl	Strukturierung	Zerlegung	Eignung	Konkretisierung
keine / wenige 	unstrukturiert 	grob 	ungeeignet 	abstrakt 
Viele 	strukturiert 	detailliert 	geeignet 	konkret 

Merkmalsgruppen zur Beschreibung der Eigenschaften von Betrachtungsobjekten

Indirekter Kontext

Kategorie, Kontextfaktor	Mögliche Ausprägungen		
Entwicklungsaufgabe/Produkt			
Neuheitsgrad der Aufgabe	niedrig	mittel	hoch
Ähnlichkeit zu bekannten Aufgaben	niedrig	mittel	hoch
Komplexität der Aufgabe	niedrig	mittel	hoch
Strukturiertheit, Deutlichkeit der Aufgabe	schlecht strukturiert, undeutlich	gut strukturiert, deutlich	sehr gut strukturiert, klar
Anzahl der Ziele	wenige	viele	sehr viele
Determiniertheit des Ergebnisses	unbestimmt	unsicher	bestimmt
Freiheitsgrade für die Entwicklung	niedrig	mittel	hoch
Entwickler/Team			
Fachliche Erfahrung (Wissen)	Laie	Fortgeschrittener	Experte
Methodenerfahrung (Wissen)	Laie	Fortgeschrittener	Experte
Motivation	niedrig	durchschnittlich	hoch
Abstraktionsfähigkeit	niedrig	durchschnittlich	hoch
Teamgröße	Einzelperson	Gruppe auf Abruf	Gruppe
Teamhomogenität	homogen	heterogen	stark heterogen
Kommunikationsfähigkeit im Team	niedrig	durchschnittlich	hoch
Rahmenbedingungen			
Arbeitsumgebung	unbekannt	bekannt	gut bekannt
Unterstützung, Zusammenarbeit	beschränkt	gut	sehr gut
Technische Ausstattung	beschränkt	gut	sehr gut
Zeitliche Restriktionen	niedrig	mittel	hoch
Finanzielle Restriktionen	niedrig	mittel	hoch
Informationsverfügbarkeit	niedrig	mittel	hoch
Individuelle Freiheit (Verantwortung)	niedrig	mittel	hoch

Kontextschema: Kontextfaktoren und mögliche Ausprägungen

10.7 Prozessbaukasten für die Konzeptentwicklung

In diesem Abschnitt, der eine Ergänzung des Kapitels 5.2.2 darstellt, wird der Prozessbaukasten dieser Arbeit beschrieben. Zunächst wird auf die Ergebnisse der Analyse des Buchs [LINDEMANN 2007] eingegangen, die einen maßgeblichen Input für den Prozessbaukasten darstellen. Danach erfolgt eine Beschreibung der Prozessbausteine dieser Arbeit, gefolgt von einer Übersicht über die Zuordnung zwischen Prozessbausteinen und Parametern der Entwicklungssituation. Schließlich sind die Grundtätigkeiten, die in dieser Arbeit verwendet werden, aufgeführt.

Analyse des „Prozessbaukastens“ zum Münchener Vorgehensmodell

Das Buch [LINDEMANN 2007] orientiert sich am Münchener Vorgehensmodell. Jedem Element des Vorgehensmodells ist ein eigenes Kapitel im Hauptteil gewidmet, von Kapitel 4 (Ziel planen) bis Kapitel 10 (Zielerreichung absichern). Das in Kapitel 11 behandelte Thema ‚Krisen bewältigen‘ wird im Rahmen dieser Arbeit außen vor gelassen. In jedem Kapitel gibt es Abschnitte, die so genannte ‚Wie-Fragen‘ adressieren. Die Fragen reichen von ‚Wie können Situationen analysiert werden?‘ (Kapitel 4.2.1) bis zu ‚Wie kann das Risiko reduziert werden?‘ (Kapitel 10.2.4). Innerhalb der Abschnitte zu den ‚Wie-Fragen‘ werden wiederum Aktivitäten beschrieben, die noch weiter ins Detail gehen. Auf Ebene eins (Elemente des Vorgehensmodells) gibt es sieben Prozessschritte, auf Ebene zwei (Wie-Fragen) sind es 32 Prozessschritte und auf Ebene drei (Einzelaktivitäten) sind es schon ca. 100 Prozessschritte.

In jedem der zu einer ‚Wie-Frage‘ gehörigen Teilkapitel des Buchs werden Methoden diskutiert, die im Kontext der durch die Frage umschriebenen Aufgabe Anwendung finden können. In der Tabelle unten sind in der Spalte ganz rechts alle Methoden aufgeführt, die im Buch jeweils fett markiert sind und im Buchanhang beschrieben werden.

Prozessschritte auf 3 Ebenen			Zugeordnete Methoden
1	Ziel planen		Kapitel 4
	1.1	Situation analysieren	Kapitel 4.2.1
	1.1.1	Bereiche für Situationsmerkmale festlegen	
	1.1.2	Interne Situationsmerkmale bestimmen	Moderation mit Karten; Mind Mapping; SWOT-Analyse
	1.1.3	Externe Situationsmerkmale bestimmen	Recherche; Interview; Fragebogen
	1.1.4	Zusammenhänge zwischen Situationsmerkmalen darstellen	Portfolio
	1.1.5	Merkmalsbereiche Produkt und Technologische Entwicklung analysieren	Benchmarking; Technische Evolution; Recherche
	1.1.6	Projektsituation analysieren	
	1.2	Analyseergebnisse strukturieren und Wechselbeziehungen abbilden	Kapitel 4.2.2
	1.2.1	Situationsmerkmale vorstrukturieren (clustern)	Mind Mapping; SWOT-Analyse
	1.2.2	Betrachtung auf wichtige Situationsmerkmale beschränken	Punkten; ABC-Analyse

Prozessschritte auf 3 Ebenen			Zugeordnete Methoden
	1.2.3	Wechselbeziehungen zwischen Situationsmerkmalen darstellen	Wirkungsnetz
	1.2.4	Qualitative und quantitative Wechselbeziehungen zwischen Situationsmerkmalen ermitteln	Einflussmatrix
	1.2.5	Zusammenhänge zwischen Situationsmerkmalen darstellen	Portfolio
	1.2.6	Wesentliche Situationsmerkmale (Schlüsselfaktoren) auswählen	
	1.2.7	Operative Ziele abstimmen	Balanced Scorecard
1.3	Veränderungen der Merkmale abschätzen und Ergebnisse vorwegnehmen		Kapitel 4.2.3
	1.3.1	Trends in Bezug auf Situationsmerkmale ermitteln	Trendanalyse
	1.3.2	Prognosen in Bezug auf Situationsmerkmale treffen	Prognose; Delphianalyse
	1.3.3	Alternative Entwicklungen von Situationsmerkmalen bewerten und kritisch hinterfragen	
1.4	Alternative Zukunfts- und Ergebnismodelle erarbeiten		Kapitel 4.2.4
	1.4.1	Geringe Zahl an Projektionen zu Zukunftsmodellen kombinieren	Stufenweise Konsistenz
	1.4.2	Konsistenz der Kombination von Projektionen bewerten	Szenariotechnik; Konsistenzmatrix
	1.4.3	Zukunftsmodelle mit hoher Konsistenz ermitteln	Szenariotechnik; Clusteranalyse
	1.4.4	Zukunftsmodelle anschaulich formulieren, darstellen und vermitteln	
1.5	Konkrete Maßnahmen ableiten		Kapitel 4.2.5
	1.5.1	Auswirkungen der Zukunftsmodelle analysieren	
	1.5.2	Maßnahmen und Handlungsoptionen formulieren	
	1.5.3	Chancen und Risiken gegenüberstellen	Vorteil-Nachteil-Vergleich
2	Ziel analysieren		Kapitel 5
2.1	Zielgrößen ermitteln		Kapitel 5.2.1
	2.1.1	Implizites Wissen (Informationen) erfassen	Fragetechnik
	2.1.2	Aus intern explizit vorliegenden Quellen (Dokumenten) relevante Informationen extrahieren	Textanalyse; Mind Mapping; Wirkungsnetz; Ursachen-Wirkungsanalyse
	2.1.3	Zusätzliche intern und extern explizit vorliegende Informationen sammeln	Recherche
	2.1.4	Anforderungen auf Vollständigkeit prüfen	Checkliste
	2.1.5	Markt- und Kundenanforderungen ermitteln	Fragebogen; Interview; Fragetechnik
	2.1.6	Tolerierbare Kosten des Produkts ermitteln	Target Costing
	2.1.7	Anforderungen aus dem Vergleich mit dem Wettbewerb ermitteln	Benchmarking; Reverse Engineering
2.2	Zielkonflikte ermitteln		Kapitel 5.2.2
	2.2.1	Anforderungen auf Redundanzen (Doppelnennungen) überprüfen	
	2.2.2	Abhängigkeiten und Wechselwirkungen (insbesondere Konflikte) zwischen den Anforderungen erkennen	Gewichtung; Konsistenzmatrix

Prozessschritte auf 3 Ebenen			Zugeordnete Methoden
	2.2.3	System strukturieren bzw. in Subsysteme unterteilen	Funktionsmodellierung
	2.2.4	Abhängigkeiten zwischen Anforderungen übersichtlich darstellen	Mind Mapping; Wirkungsnetz
2.3	Zielgrößen strukturieren und gewichten		Kapitel 5.2.3
	2.3.1	Anforderungen inhaltlich strukturieren	
	2.3.2	Anforderungen nach Wichtigkeit strukturieren bzw. gewichten	Gewichtung
	2.3.3	Anforderungen nach Kundenrelevanz strukturieren bzw. gewichten	Interview; Fragebogen; Gewichtung; Kano-Modell
2.4	Ziele dokumentieren		Kapitel 5.2.4
	2.4.1	Form und Struktur der Anforderungsdokumentation definieren	Anforderungsliste
	2.4.2	Anforderungen formulieren	
3	Problem strukturieren		Kapitel 6
3.1	System auf abstrahiertem Niveau beschreiben		Kapitel 6.2.1
	3.2.1	System auf übergeordnete Zusammenhänge reduzieren	Abstraktion; Black Box
	3.2.2	Funktionen des Systems und deren Zusammenhänge modellieren	Funktionsmodellierung; Umsatzorientierte Funktionsmodellierung; Nutzerorientierte Funktionsmodellierung; Relationsorientierte Funktionsmodellierung
3.2	Ziele mit Lösungsmerkmalen verknüpfen		Kapitel 6.2.2
	3.2.1	Technikorientierte und kundenorientierte Sicht verknüpfen	Verknüpfungsmatrix; Quality Function Deployment (QFD)
	3.2.2	Betrachtung auf Teilsysteme bzw. Teilaspekte begrenzen	
3.3	Stärken und Schwächen ermitteln		Kapitel 6.2.3
	3.3.1	Schwachstellen des Systems und deren Zusammenhänge ermitteln	Schwachstellenanalyse; Relationsorientierte Funktionsmodellierung
	3.3.2	Bereiche mit Potenzial bzw. wirksame Stellschrauben für eine Produktüberarbeitung identifizieren	ABC-Analyse; Potenzialanalyse
3.4	Freiheitsgrade für die Entwicklung ermitteln		Kapitel 6.2.4
	3.4.1	Veränderbare und nicht veränderbare Elemente im Gesamtsystem festlegen	Freiheitsgradanalyse
3.5	Handlungsempfehlungen für die Entwicklung ableiten		Kapitel 6.2.5
	3.5.1	Handlungsempfehlungen inhaltlich und formal korrekt formulieren	Problemformulierung
	3.5.2	Vorgehen auf strategischer und operativer Ebene gezielt planen und steuern	Handlungsplanungsblatt

Prozessschritte auf 3 Ebenen			Zugeordnete Methoden
4	Lösungsideen ermitteln		Kapitel 7
	4.1	Verfügbare Lösungen finden	Kapitel 7.2.1
	4.1.1	Bekannte Lösungen intern suchen	Recherche
	4.1.2	Bekannte Lösungen extern suchen	
	4.1.3	Überblick über das prinzipielle Angebot verschaffen	Konstruktionskatalog
	4.2	Neue Lösungsideen generieren	Kapitel 7.2.2
	4.2.1	Lösungsideen in der Gruppe mittels Kreativität generieren	Brainstorming; Reizwortanalyse; Checkliste nach Osborn; Methode 635; Moderation mit Karten
	4.2.2	Lösungsideen durch Bildung von Assoziationen und Analogien generieren	Synektik; Bionik
	4.2.3	Lösungsideen unter Zuhilfenahme externer Informationsquellen generieren	Effektsammlung; Konstruktionskatalog
	4.3	Widersprüche auflösen	Kapitel 7.2.3
	4.3.1	Lösungen für Widersprüche in der Problemstellung finden	Prinzipien zur Überwindung technischer Widersprüche
	4.4	Vorhandene Lösungsideen ordnen und das Ideenfeld noch erweitern	Kapitel 7.2.4
	4.4.1	Lösungsideen ordnen	Morphologischer Kasten
	4.4.2	Zusätzliche Alternativen erzeugen	Systematische Variation
	4.4.3	Lösungsideen anhand ihrer Merkmale systematisieren	Ordnungsschema
	4.5	Lösungsideen verschiedener Teilprobleme zu Gesamtkonzeptideen kombinieren	Kapitel 7.2.5
	4.5.1	Lösungsvielfalt visualisieren	Morphologischer Kasten
	4.5.2	Alternativenflut reduzieren	
5	Eigenschaften ermitteln		Kapitel 8
	5.1	Zu analysierende Merkmale ermitteln	Kapitel 8.2.1
	5.1.1	Relevante Merkmale ermitteln	
	5.1.2	Relevante Eigenschaften überwachen und verfolgen	Eigenschaftsliste
	5.1.3	Ergebnishypothese aufstellen	Ähnlichkeitsanalyse
	5.2	Eigenschaftsanalysen vorbereiten	Kapitel 8.2.2
	5.2.1	Einflussgrößen auf den Analyseprozess ermitteln	
	5.2.2	Analyseumfang festlegen	Analyseplanung
	5.2.3	Zahl der Eingangsgrößen verringern	Vorauswahl
	5.3	Eigenschaftsanalysen durchführen	Kapitel 8.2.3
	5.3.1	Eigenschaften schnell beurteilen bzw. einschätzen	Schätzen; Vergleich
	5.3.2	Eigenschaften analytisch ermitteln	Berechnung
	5.3.3	Eigenschaften numerisch ermitteln	Numerische Simulation
	5.3.4	Eigenschaften experimentell ermitteln	Versuch; Orientierender Versuch
	5.3.5	Eigenschaften in einer Mischung aus Simulation und Versuch ermitteln	Hardware-in-the-Loop (HIL)
	5.4	Analyseergebnisse auswerten	Kapitel 8.2.4
	5.4.1	Ursachen für nicht verwertbare Analyseergebnisse identifizieren	
	5.4.2	Plausibilität der Analyseergebnisse überprüfen	Plausibilitätsanalyse
	5.4.3	Analyseergebnisse in geeigneter Form darstellen	

Prozessschritte auf 3 Ebenen			Zugeordnete Methoden
6	Entscheidungen herbeiführen		Kapitel 9
	6.1	Geeignete Lösungsideen vorauswählen	Kapitel 9.2.1
	6.1.1	Vielzahl an Lösungsideen auf Basis unscharfer Informationen drastisch reduzieren	Vorauswahl
	6.1.2	Einschätzungen skeptisch hinterfragen	
	6.2	Bewertung vorbereiten	Kapitel 9.2.2
	6.2.1	Zu beteiligende Personen festlegen	
	6.2.2	Für die Entscheidung relevante Kriterien bestimmen	Anforderungsliste; Problemformulierung
	6.2.3	Abhängigkeiten zwischen Kriterien ermitteln bzw. konsistentes Wertesystem erzeugen	Punktbewertung; Einflussmatrix
	6.2.4	Bewertungskriterien gewichten	Gewichtung; Gewichtete Punktbewertung; Zielpräferenzmatrix
	6.2.5	Bewertungskriterien hierarchisch strukturieren und gewichten	Nutzwertanalyse
	6.2.6	Ausprägungen von Produkteigenschaften und Wertigkeit einer Alternative verknüpfen	Wertfunktion
	6.2.7	Bewertungsmethode auswählen	
	6.3	Alternativen bewerten	Kapitel 9.2.3
	6.3.1	Qualitative (grobe, einfache) Bewertung von Alternativen durchführen	Vergleich; Vorteil-Nachteil-Vergleich; Paarweiser Vergleich; Zielpräferenzmatrix
	6.3.2	Quantitative (differenzierende) Bewertung durchführen	Punktbewertung; Gewichtete Punktbewertung; Nutzwertanalyse
	6.3.3	Aktionen in Abhängigkeit gegebener Randbedingungen auswählen	Entscheidungstabelle
	6.4	Bewertungsergebnisse interpretieren	Kapitel 9.2.4
	6.4.1	Bewertungsergebnisse (grafisch) darstellen	
	6.4.2	Plausibilität der Bewertungsergebnisse überprüfen	Plausibilitätsanalyse
	6.4.3	Zustandekommen des Bewertungsergebnisses analysieren	Sensibilitätsanalyse
	6.5	Entscheidungsprozesse dokumentieren	Kapitel 9.2.5
	6.5.1	Bewertungsergebnisse transparent und nachvollziehbar aufbereiten	
	6.5.2	Bewertungs- und Entscheidungsprozess detailliert und nachvollziehbar dokumentieren	
7	Zielerreichung absichern		Kapitel 10
	7.1	Mögliche Zielabweichungen und deren Ursachen identifizieren	Kapitel 10.2.1
	7.1.1	Produkt- und prozessbezogene Fehlerquellen identifizieren	Gefährdungsanalyse; Recherche; Checkliste; Negation
	7.1.2	Projektziele über den gesamten Prozessverlauf überwachen und abstimmen	Target Costing

Prozessschritte auf 3 Ebenen			Zugeordnete Methoden
	7.2	Ursachen, Fehler und Wirkungen in einen Zusammenhang bringen	Kapitel 10.2.2
	7.2.1	Ursachen und Wirkungen von Fehlern analysieren	Ursache-Wirkungsanalyse; Fehlerbaumanalyse; Verknüpfungsmatrix; Einflussmatrix
	7.2.2	Erkenntnisse in Bezug auf Zielabweichungen für nachfolgende Projekte nutzbar machen	Storytelling
	7.3	Risiko bewerten	Kapitel 10.2.3
	7.3.1	Einzelne Fehlercharakteristika analysieren und bewerten	Punktbewertung; Wertfunktion; Checkliste
	7.3.2	Risiko ganzheitlich beurteilen	Failure Mode and Effects Analysis (FMEA); Balanced Scorecard
	7.4	Risiko reduzieren	Kapitel 10.2.4
	7.4.1	Ursachen von Fehlern abstellen	
	7.4.2	Entdeckungswahrscheinlichkeit von Mängeln erhöhen	
	7.4.3	Auswirkungen von möglichen Zielabweichungen reduzieren	
	7.4.4	Auswirkungen der Maßnahmen zur Risikoreduzierung prognostizieren und überwachen	

Beschreibung der Prozessbausteine dieser Arbeit

Für den Prozessbaukasten dieser Arbeit wurden insgesamt 18 Prozessbausteine definiert, die im Folgenden beschrieben werden.

Nr	Prozessbaustein	Kurzbeschreibung
1	Anforderungen ermitteln	Sammeln von Anforderungen an das zu entwickelnde Produkt, die aus den unterschiedlichsten Bereichen stammen können, sowohl unternehmensextern als auch -intern; Sammlung nach dem Top Down-Prinzip: zunächst Definition der übergeordneten Bereiche, aus denen Anforderungen stammen können (beispielsweise Kunden, Gesetze, Unternehmensstrategie, Produktion etc.), dann Bestimmung der einzelnen Anforderungen
2	Anforderungen mit Lösungsmerkmalen verknüpfen	Verknüpfung der kunden- bzw. absatzmarktorientierten Sicht mit der technikorientierten Sicht; Verknüpfung von Kundenanforderungen mit Merkmalen des technischen Systems bzw. Produktparametern; Ermöglichung einer Ableitung von Entwicklungsschwerpunkten; Verringerung des Entwicklungsrisikos durch Berücksichtigung der Bedürfnisse und Anforderungen der Kunden
3	Anforderungen verdichten und strukturieren	Weiterverarbeitung einer Vielzahl an ermittelten Anforderungen; Schaffung von Transparenz bezüglich der gegenseitigen Abhängigkeiten und Wechselwirkungen zwischen Anforderungen; Bereinigung von Redundanzen bzw. Mehrfachnennungen; Aufzeigen von Zielkonflikten; Strukturierung der Anforderungen nach geeigneten Kriterien, beispielsweise nach der Wichtigkeit (Anforderungsgewichtung)

Nr	Prozessbaustein	Kurzbeschreibung
4	Bewertung von Ideen und Alternativen vorbereiten	Durchführung vorbereitender Maßnahmen zur Gewährleistung des Erfolgs einer Bewertung von Ideen und Alternativen; Ableitung von relevanten Bewertungskriterien aus den Anforderungen in Abhängigkeit von Anzahl und Konkretisierungsgrad der zu bewertenden Lösungen; Aufstellung eines konsistenten Wertesystems; Schaffung eines möglichst identischen Kenntnisstands der Eigenschaften aller Ideen bzw. Alternativen
5	Entscheidung bezüglich Ideen und Alternativen treffen	Entscheidung bezüglich weiter zu verfolgender Lösungsideen, -alternativen und -konzepte auf Basis der Ergebnisse einer Bewertung; anschauliche Darstellung und kritische Überprüfung der Bewertungsergebnisse; Überprüfung der formalen Richtigkeit und Bedeutung der Bewertungsergebnisse; Aufbereitung der Bewertungsergebnisse derart, dass Entscheidungen mit nachvollziehbarer Begründung getroffen werden können
6	Freiheitsgrade im System erkennen	Ermittlung der Freiheitsgrade im System, d. h. der Merkmale, deren Ausprägungen innerhalb gewisser Grenzen verändert werden können bzw. dürfen; Unterscheidung zwischen veränderbaren und nicht veränderbaren Teilsystemen; Erhöhung des Systemverständnisses; Ermittlung des Handlungsspielraums für die Entwicklung und damit Ermöglichung der Ableitung von Entwicklungsschwerpunkten
7	Funktionen des Systems ermitteln und strukturieren	Ermittlung der Funktionen des Systems, d. h. Beschreibung des Zwecks des Systems bzw. von Systemelementen; möglichst lösungsneutrale Beschreibung relevanter Aspekte des Systems; Darstellung der Wechselbeziehungen zwischen den Funktionen des Systems, Erstellung einer Funktionsstruktur; Erhöhung des Verständnisses für das System und Ermöglichung der Fokussierung auf das eigentliche Problem
8	Gesamtlösungen aus Teillösungen ermitteln	Übergang von Teillösungen zu Gesamtlösungen; Bildung schlüssiger Kombinationen von Teillösungen zu alternativen Gesamtlösungskonzepten; Handhabung einer Vielzahl theoretisch möglicher Kombinationen durch die Visualisierung und Strukturierung der Lösungsvielfalt sowie die Reduzierung der Alternativenflut; Berücksichtigung der Schnittstellen zwischen den Teillösungen
9	Ideen und Alternativen bewerten	Strukturierte, möglichst transparente und nachvollziehbare Bewertung von Lösungsideen und -alternativen anhand einer gewählten Bewertungsmethode und eines definierten Wertesystems; Wahl der Bewertungsmethode in Abhängigkeit der Anzahl und des Konkretisierungsgrads der betrachteten Lösungen; Vorbereitung der Entscheidung in Bezug auf weiter zu verfolgende Lösungsideen, -alternativen und -konzepte
10	Lösungsideen und -alternativen ordnen	Strukturierung und Ordnung der erarbeiteten Lösungsideen bzw. Lösungsalternativen; geordnete Darstellung des Lösungsfelds zur Handhabung der Komplexität bei einer Vielzahl von ersten Lösungsideen („Lösungsflut“); Ermöglichung einer gezielten Bereinigung bzw. Erweiterung des Lösungsfelds; Ermöglichung der Ergänzung der erarbeiteten Lösungsansätze um weitere Lösungsalternativen
11	Neue Lösungsideen generieren	Entwicklung neuer Lösungsideen zur Erfüllung der Anforderungen bzw. Eliminierung von Schwachstellen im System; Überwindung von gedanklichen Barrieren, die der Lösungsfindung im Weg stehen (Kreativitätshemmnisse, Lösungsfixierung, Unkenntnis); Erschließung unterschiedlichster Quellen zur Anregung der Lösungsfindung, sowohl unternehmensintern als auch -extern, fachspezifisch als auch fachübergreifend

Nr	Prozessbaustein	Kurzbeschreibung
12	Problem erfassen und strukturieren	Ermittlung der für die Entwicklung relevanten Probleme, Schwachstellen und schädlichen Funktionen, die zur Erreichung der Zielsetzung bzw. zur Erfüllung der Produkthanforderungen zu adressieren sind; Ermittlung der Zusammenhänge und Wechselbeziehungen zwischen einzelnen Problemaspekten; Reduktion der Fülle an konkreten Einzelinformationen in der Darstellung eines technischen Systems auf wenige relevante
13	Schwerpunkte für die Lösungssuche ableiten	Herleitung konkreter Ansatzpunkte zur Zielerreichung in Form von Handlungsempfehlungen bzw. Problemformulierungen; Ermittlung von Entwicklungsschwerpunkten und Prioritäten basierend auf der Kenntnis von Anforderungen, Funktionen, Problemen und Freiheitsgraden im System; Ermöglichung einer zielorientierten und fokussierten Suche nach Lösungsideen und damit der optimalen Nutzung von begrenzten Ressourcen
14	Situation erfassen	Sammlung an Merkmalen, durch welche die aktuelle Situation beschrieben werden kann; Erfassung der Situationsmerkmale, welche die Konstruktion beeinflussen; Sammlung nach dem Top Down-Prinzip: zunächst Definition der übergeordneten Bereiche, aus denen Situationsmerkmale stammen können (beispielsweise Kunden, Absatzmarkt, Technologien, Wettbewerb etc.), dann Bestimmung der einzelnen Merkmale in diesen Bereichen
15	Situationsmerkmale verdichten und strukturieren	Weiterverarbeitung einer Vielzahl an Situationsmerkmalen, die im Rahmen einer Situationsanalyse erfasst worden sind; Aufdecken von Zusammenhängen und Wechselbeziehungen zwischen den Merkmalen; Strukturierung der Situationsmerkmale nach geeigneten Kriterien, beispielsweise Ordnung nach Wichtigkeit; Konzentration auf wesentliche Aspekte der Entwicklungssituation, welche die Konstruktion beeinflussen
16	System auf abstrahiertem Niveau beschreiben	Reduktion der Fülle an konkreten Einzelinformationen in der Darstellung eines technischen Systems auf wenige relevante; Ausblenden der für die Zielstellung nicht relevanten Informationen; Zusammenfassung von Detailinformationen zu größeren Sinnzusammenhängen, z. B. dem Systemzweck; Erhöhung des Verständnisses für das System und Ermöglichung der Fokussierung auf das eigentliche Problem
17	Widersprüche und Zielkonflikte auflösen	Ermittlung von Lösungen für Widersprüche und Zielkonflikte, durch die das aktuelle technische System gekennzeichnet ist; gedankliches Lösen vom bestehenden System, um das Auflösen der Widersprüche zu ermöglichen; Finden von Kompromissen zwischen sich widersprechenden Anforderungen oder Änderung des Konzepts zum Umgehen der Zielkonflikte
18	Zukunftsmodelle der Situation erarbeiten	Abschätzung zukünftiger Ausprägungen der Merkmale, die die Situation beeinflussen, insbesondere Abschätzung der zukünftigen Ausprägungen von Schlüsselfaktoren; Bewertung und kritische Hinterfragung der erstellten Projektionen; Entwicklung von schlüssigen Zukunftsmodellen durch die konsistente Kombination von Projektionen einzelner Situationsmerkmale; anschauliche Darstellung und Formulierung der Zukunftsmodelle

Grundtätigkeiten zum Vergleich zwischen Aufgaben und Methoden

Die folgende Liste enthält die Grundtätigkeiten die letztendlich zur Kongruenzprüfung zwischen Aufgaben (Prozessbausteinen) und Methoden herangezogen wurden, sowie weitere Tätigkeiten, die den Grundtätigkeiten zugeordnet wurden.

Nr	Grundtätigkeiten	Zugeordnete Tätigkeiten (Synonyme, ähnliche Begriffe etc.)
1	Abstrahieren	Generalisieren, Obergruppe finden, Verallgemeinern
2	Analysieren	Erforschen, Ergründen, Untersuchen
3	Berechnen	Auslegen, Dimensionieren, Kalkulieren, Nachrechnen, Vorausrechnen
4	Bewerten	Abschätzen, Beurteilen, Einschätzen, Schätzen, Vorhersagen
5	Darstellen	Abbilden, Hervorheben, Modellieren, Skizzieren, Visualisieren, Zeichnen, Zeigen
6	Erkennen	Ableiten, Aufzeigen, Berücksichtigen, Bewußtsein schaffen, Erfassen, Feststellen, Gewinnen, Klären, Identifizieren, In Erwägung ziehen, Verstehen
7	Ermitteln	Beschaffen, Erkunden, Finden, (Für sich) in Erfahrung bringen, Quantifizieren, Sammeln, Sich informieren, Speichern, Suchen, Übernehmen, Vervollständigen
8	Festlegen	Auswählen, Bestimmen, Definieren, Entscheiden, Fokussieren, Konzentrieren, Reduzieren
9	Gewichten	Priorisieren, Reihen
10	Kombinieren	In Beziehung (zueinander) setzen, Verbinden, Verknüpfen, Zusammenfassen
11	Konkretisieren	Ausarbeiten, Detaillieren, Spezifizieren, Veranschaulichen
12	Kreieren	Bilden, Entwickeln, Erarbeiten, Erstellen, Erzeugen, Generieren, Schaffen
13	Strukturieren	Einordnen, Gliedern, Kategorisieren, Klassifizieren, Ordnen, Reihen, Sortieren, Systematisieren
14	Variieren	Ändern, Anpassen, Austauschen, Erweitern, Optimieren, Umkehren, Verändern
15	Vergleichen	Analogie schließen, Gegensatz finden, Gegenüberstellen, Konfrontieren, Logische Ketten aufzeigen, Transfer durchführen, Übertragen, Unterscheiden
16	Zerlegen	Aufteilen, Detaillieren

Weitere Grundtätigkeiten, die zunächst Gegenstand der Betrachtungen waren, aber aus den in Kapitel 5.2.4.2 genannten Gründen aus der Liste ausgeschlossen wurden, sind:

Nr	Grundtätigkeiten	Zugeordnete Tätigkeiten (Synonyme, ähnliche Begriffe etc.)
17	Dokumentieren	Aufbereiten, Aufzeichnen, Beschriften, Niederschreiben, Schreiben, Speichern
18	Durchführen	Ausführen, Machen, Tun, Umsetzen, Verarbeiten, Verbessern, Vergleichbar machen
19	Experimentieren	Messen, Probieren, Testen, Versuchen
20	Kommunizieren	Ausdrücken, Beraten, Beschreiben, Diskutieren, Erklären, Formulieren, (Andere) Informieren, In Kenntnis setzen, Korrespondieren, (Sich) Mitteilen, Nachfragen, Vermitteln
21	Planen	Organisieren
22	Prüfen	Kontrollieren, Überprüfen, Verfolgen, Absichern
23	Simulieren	Probieren, Versuchen
24	Unterstützen	Anregen, Auflösen, Bereitstellen, Dienen, Ermöglichen, Überwinden, Vermeiden

10.8 Methodenbaukasten für die Konzeptentwicklung

Im Folgenden werden die Methoden aus dem Methodenbaukasten dieser Arbeit (siehe Kapitel 5.2.3) beschrieben. Zunächst findet in Matrixform eine Zuordnung zu verschiedenen Beschreibungselementen des Entwicklungsprozesses statt: zu Elementen des Münchener Vorgehensmodells, zu Prozessbausteinen und zu Grundtätigkeiten. Anschließend sind die Methodensteckbriefe und Kontextbedingungen aller 36 Methoden dargestellt.

Methodenübersicht 1: Zuordnung zu Elementen des Münchener Vorgehensmodells

Nr	Methode	Hauptschritte			Münchener Vorgehensmodell						
		Analyse	Synthese	Entscheidung	Ziel planen	Ziel analysieren	Problem strukturieren	Lösungsideen ermitteln	Eigenschaften ermitteln	Entscheidungen herbeiführen	Zielerreichung absichern
1	ABC-Analyse	x			x		x				
2	Alternativenbaum		x		x			x			
3	Anforderungsliste	x				x					
4	Bionik		x					x			
5	Black Box	x					x				
6	Brainstorming		x		x	x		x			
7	Einflussmatrix	x			x					x	x
8	Entscheidungstabelle			x						x	
9	Fehlerbaumanalyse	x					x				x
10	Freiheitsgradanalyse	x					x				
11	Gewichtete Punktbewertung			x						x	
12	Kano-Modell	x				x					
13	Konsistenzmatrix	x			x	x		x			
14	Konstruktionskatalog		x					x			
15	Lösungssuche mit technischen Effekten		x					x			
16	Methode 635		x					x			
17	Mind Mapping	x			x	x		x			
18	Morphologischer Kasten		x					x			
19	Negation		x					x			x
20	Nutzwertanalyse			x						x	
21	Ordnungsschema		x					x			
22	Paarweiser Vergleich			x						x	
23	Plausibilitätsanalyse			x	x				x	x	
24	Problemformulierung	x					x				
25	Punktbewertung			x						x	
26	Relationsorientierte Funktionsmodellierung	x					x				
27	Sensitivitätsanalyse			x					x	x	
28	Synektik		x					x			
29	Systematische Variation		x					x			
30	Umsatzorientierte Funktionsmodellierung	x					x				
31	Ursache-Wirkungs-Analyse	x				x					x
32	Verknüpfungsmatrix	x					x				x
33	Vorauswahl			x						x	
34	Vorteil-Nachteil-Vergleich			x	x				x	x	
35	Widerspruchorientierte Lösungssuche		x					x			
36	Zielpräferenzmatrix			x		x				x	

Methodenübersicht 2: Zuordnung zu den Prozessbausteinen dieser Arbeit

Nr	Methode	Prozessbausteine dieser Arbeit																			
		14	15	18	1	3	16	7	12	2	6	13	11	17	10	8	4	9	5		
		Situation erfassen	Situationsmerkmale verdichten und strukturieren	Zukunftsmodelle der Situation erarbeiten	Anforderungen ermitteln	Anforderungen verdichten und strukturieren	System auf abstrahiertem Niveau beschreiben	Funktionen des Systems ermitteln und strukturieren	Problem erfassen und strukturieren	Anforderungen mit Lösungsmerkmalen verknüpfen	Freiheitsgrade im System erkennen	Schwerpunkte für die Lösungssuche ableiten	Neue Lösungsideen generieren	Widersprüche und Zielkonflikte auflösen	Lösungsideen und -alternativen ordnen	Gesamtlösungen aus Teillösungen ermitteln	Bewertung von Ideen und Alternativen vorbereiten	Ideen und Alternativen bewerten	Entscheidung bezüglich Ideen und Alternativen treffen		
1	ABC-Analyse		x						x			x									
2	Alternativenbaum			x											x	x					
3	Anforderungsliste				x	x												x			
4	Bionik												x	x							
5	Black Box						x	x	x												
6	Brainstorming	x			x				x				x	x							
7	Einflussmatrix		x			x												x			
8	Entscheidungstabelle											x							x		
9	Fehlerbaumanalyse								x			x									
10	Freiheitsgradanalyse									x	x										
11	Gewichtete Punktbewertung																	x	x		
12	Kano-Modell					x				x		x									
13	Konsistenzmatrix		x	x		x															
14	Konstruktionskatalog												x		x	x					
15	Lösungssuche mit technischen Effekten												x	x							
16	Methode 635												x	x							
17	Mind Mapping	x	x		x	x							x		x						
18	Morphologischer Kasten			x											x	x					
19	Negation								x				x	x							
20	Nutzwertanalyse																		x	x	
21	Ordnungsschema			x											x	x					
22	Paarweiser Vergleich																		x	x	
23	Plausibilitätsanalyse			x																x	
24	Problemformulierung								x			x									
25	Punktbewertung																		x	x	
26	Relationsorientierte Funktionsmodellierung						x	x	x												
27	Sensitivitätsanalyse			x																x	
28	Synektik												x	x							
29	Systematische Variation												x	x							
30	Umsatzorientierte Funktionsmodellierung						x	x	x		x										
31	Ursache-Wirkungs-Analyse		x			x		x	x												
32	Verknüpfungsmatrix									x		x									
33	Vorauswahl																			x	x
34	Vorteil-Nachteil-Vergleich								x											x	x
35	Widerspruchorientierte Lösungssuche												x	x							
36	Zielpräferenzmatrix					x													x	x	x

Methodenübersicht 3: Zuordnung zu Grundtätigkeiten dieser Arbeit

Nr	Methode	Grundtätigkeiten dieser Arbeit															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		Abstrahieren	Analysieren	Berechnen	Bewerten	Darstellen	Erkennen	Ermitteln	Festlegen	Gewichten	Kombinieren	Konkretisieren	Kreieren	Strukturieren	Variieren	Vergleichen	Zerlegen
1	ABC-Analyse		x				x							x			
2	Alternativenbaum					x		x			x			x			
3	Anforderungsliste		x		x				x	x				x			
4	Bionik	x						x				x	x				
5	Black Box	x	x					x									
6	Brainstorming							x					x		x		
7	Einflussmatrix		x	x			x							x			
8	Entscheidungstabelle				x		x		x								
9	Fehlerbaumanalyse		x											x			x
10	Freiheitsgradanalyse	x	x				x										
11	Gewichtete Punktbewertung			x	x				x	x						x	
12	Kano-Modell		x		x					x				x			
13	Konsistenzmatrix		x					x						x			
14	Konstruktionskatalog							x				x	x	x			
15	Lösungssuche mit technischen Effekten	x						x				x	x		x		
16	Methode 635							x					x		x		
17	Mind Mapping		x			x								x			
18	Morphologischer Kasten					x		x			x			x			
19	Negation							x					x		x		
20	Nutzwertanalyse			x	x				x	x						x	
21	Ordnungsschema					x		x			x			x			
22	Paarweiser Vergleich				x				x							x	
23	Plausibilitätsanalyse		x														
24	Problemformulierung	x	x				x		x								
25	Punktbewertung				x					x							x
26	Relationsorientierte Funktionsmodellierung	x	x											x			x
27	Sensitivitätsanalyse		x														
28	Synektik	x						x				x	x				
29	Systematische Variation							x				x	x		x		
30	Umsatzorientierte Funktionsmodellierung	x	x											x			x
31	Ursache-Wirkungs-Analyse		x				x							x			
32	Verknüpfungsmatrix		x	x	x					x				x			
33	Vorauswahl		x		x				x								
34	Vorteil-Nachteil-Vergleich					x			x								x
35	Widerspruchorientierte Lösungssuche	x						x				x	x				
36	Zielpräferenzmatrix				x				x								x

Methodensteckbriefe

Der Methodensteckbrief dient der Identifikation von für den Nutzer interessanter Methoden innerhalb eines Methodenpools, der Erlangung einer schnellen Übersicht über die wesentlichen Aspekte einer Methode und somit auch dem Vergleich und der Auswahl von Methoden. Die Beschreibungskriterien des Methodensteckbriefs (Name, Kurzbeschreibung, Abbildung, Zweck, Voraussetzungen und Wirkung) werden in Kapitel 5.1.3 erläutert.

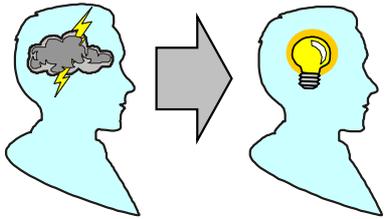
ABC-Analyse																																									
<p>Kurzbeschreibung: Bei der ABC-Analyse werden Teilmengen einer Gesamtmenge (z. B. Baugruppen eines Produkts) bzgl. einer Eigenschaft (z. B. Kosten, Gewicht, Umsatz) so geordnet, dass drei Klassen entstehen. Klasse A hat die größten Anteile an der Eigenschaft, Klasse B mittlere, Klasse C nur noch geringe. Die Unterteilung erfolgt nach freiem Ermessen. Zweck der ABC-Analyse ist es, Schwerpunkte für ein Vorhaben zu finden, d. h. Wesentliches von Unwesentlichem zu trennen. Vereinfacht kann die 80/20-Regel angewendet werden (80 % der Kosten werden von 20 % der Teile verursacht).</p>		<table border="1"> <caption>ABC Analysis Data</caption> <thead> <tr> <th>Objekt</th> <th>Klasse</th> <th>Wert (geschätzt)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>A</td><td>14</td></tr> <tr><td>2</td><td>A</td><td>12</td></tr> <tr><td>3</td><td>A</td><td>10</td></tr> <tr><td>4</td><td>B</td><td>8</td></tr> <tr><td>5</td><td>B</td><td>6</td></tr> <tr><td>6</td><td>B</td><td>5</td></tr> <tr><td>7</td><td>B</td><td>4</td></tr> <tr><td>8</td><td>C</td><td>3</td></tr> <tr><td>9</td><td>C</td><td>2</td></tr> <tr><td>10</td><td>C</td><td>2</td></tr> <tr><td>11</td><td>C</td><td>1</td></tr> <tr><td>12</td><td>C</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Objekt	Klasse	Wert (geschätzt)	1	A	14	2	A	12	3	A	10	4	B	8	5	B	6	6	B	5	7	B	4	8	C	3	9	C	2	10	C	2	11	C	1	12	C	1
Objekt	Klasse	Wert (geschätzt)																																							
1	A	14																																							
2	A	12																																							
3	A	10																																							
4	B	8																																							
5	B	6																																							
6	B	5																																							
7	B	4																																							
8	C	3																																							
9	C	2																																							
10	C	2																																							
11	C	1																																							
12	C	1																																							
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menge an Objekten aus einer Gesamtmenge ordnen • Wichtige Objekte innerhalb einer Gesamtmenge identifizieren • Schwerpunkte für die weitere Betrachtung ermitteln 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relevante Menge an Objekten • Ausprägungen ausgewählter Merkmale (Kosten, Gewicht etc.) für betrachtete Objekte bekannt 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einfache Klassifikation einer Menge an Objekten • Gliederung einer Menge an Objekten in Gruppen • Identifikation wesentlicher Systemelemente 																																							

Alternativenbaum		
<p>Kurzbeschreibung: Ein Alternativenbaum ist die visuelle Darstellung von Gesamtlösungsalternativen innerhalb eines Lösungsspektrums in Form einer Baumstruktur. Die Gesamtlösungen entstehen durch Verkettung der möglichen Alternativen für die Teillösungen auf jeder Ebene. Die Darstellung im Alternativenbaum ist wegen ihrer Baumstruktur übersichtlich und zeigt auch anschaulich die jeweiligen Generierungspfade von Lösungsalternativen. Die Methode eignet sich besonders für die Darstellung kleinerer Lösungsspektren, d. h. bei weniger als 50 Alternativen.</p>		
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lösungsalternativen übersichtlich darstellen • Überblick über Gesamtlösungen schaffen 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relevante Eigenschaften von Lösungen mit alternativen Ausprägungen • Lösungsspektrum mit wenigen alternativen Gesamtlösungen 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Übersicht über das gesamte Lösungsfeld • Übersicht über die vorhandenen Lösungsalternativen • Generierungspfade von Gesamtlösungen

Anforderungsliste																														
<p>Kurzbeschreibung: Eine Anforderungsliste dient der strukturierten Dokumentation von Anforderungen an das zu entwickelnde Produkt. Sie wirkt steuernd auf alle nachfolgenden Schritte, indem sie Soll-Eigenschaften definiert, die in allen Entscheidungsphasen mit den Ist-Eigenschaften der Lösungsalternativen verglichen werden. In der Praxis sind die Begriffe Lasten- und Pflichtenheft gebräuchlich. Ein Lastenheft umfasst die Gesamtheit der Anforderungen des Auftraggebers an die Leistungen eines Auftragnehmers. Im Pflichtenheft werden zusätzliche interne Anforderungen des Herstellers aufgenommen.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nr.</th> <th>Beschreibung</th> <th>Bez.</th> <th>Zahlenwert</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4">Technische Anforderungen</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Volumen</td> <td>V</td> <td>< 6000 cm³</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Gewicht</td> <td>m</td> <td>< 2 kg</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Handhabungskraft</td> <td>F</td> <td>25 - 50 N</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Reinigungsaufwand</td> <td>t</td> <td>< 2 min</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> </tbody> </table>	Nr.	Beschreibung	Bez.	Zahlenwert	Technische Anforderungen				1	Volumen	V	< 6000 cm ³	2	Gewicht	m	< 2 kg	3	Handhabungskraft	F	25 - 50 N	4	Reinigungsaufwand	t	< 2 min	5
Nr.	Beschreibung	Bez.	Zahlenwert																											
Technische Anforderungen																														
1	Volumen	V	< 6000 cm ³																											
2	Gewicht	m	< 2 kg																											
3	Handhabungskraft	F	25 - 50 N																											
4	Reinigungsaufwand	t	< 2 min																											
5																											
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Produkthanforderungen dokumentieren • Produkthanforderungen strukturieren • Produkthanforderungen gewichten 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unbekannte oder unvollständige Anforderungen • Informationen aus verschiedenen marktbezogenen Quellen (z. B. Kundenbefragung, Messebesuch) • Informationen aus internen Quellen (z. B. Vorgängerprodukt, Schwachstellenanalyse) 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Übersichtliche Dokumentation der Anforderungen an das Produkt • Schaffung einer Grundlage für Lösungsentscheidungen • Schaffung einer Basis für ein umfassendes Anforderungsmanagement 																												

Bionik		
<p>Kurzbeschreibung: Die Bionik (Kunstwort aus den Begriffen Biologie und Technik) beschäftigt sich mit der Übertragung biologischer Phänomene in die technische Anwendung, also der Synthese technischer Produkte und Systeme auf der Basis biologischer Vorbilder. Dabei bietet sich das gesamte Spektrum biologischer Systeme als Ideenquelle zur Lösung technischer Problemstellungen an. Die Methode erlaubt meist nur kleinere Entwicklungssprünge, da eine mögliche technische Umsetzung bereits bei der Ideensuche erkennbar sein muss.</p>		
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lösungsfindung anregen • Neuartige Lösungsideen generieren • Vorhandenes Lösungsfeld erweitern 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Scheinbar ausgereifte Produkte • Fixierung auf vorhandene Lösungen • Genügende Durchdringung des Problems 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anregung der Kreativität • Großes Spektrum an denkbaren Analogien zum technischen Problem • Lösungsideen mit Potenzial für innovative Lösungen • Auflösung von Fixierungen auf bekannte Lösungen

Black Box		
<p>Kurzbeschreibung: Mit Hilfe der Black Box-Darstellung wird die grundlegende Funktion bzw. der wesentliche Zweck eines Systems abgebildet. Dabei wird der innere Aufbau vernachlässigt und nur die Interaktion mit der Umwelt betrachtet. Durch diese Form der Abstraktion lässt sich die Komplexität eines Sachverhalts deutlich reduzieren. Die Methode ist schnell durchführbar und lässt sich mit einer Umsatzorientierten Funktionsmodellierung kombinieren.</p>		
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • System in abstrahierter Form darstellen • System auf wesentliche Aspekte reduzieren • Zusammenhänge zwischen einem System und seiner Umgebung darstellen 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Komplexes technisches System • Schwere Durchschaubarkeit der Zusammenhänge eines komplexen Sachverhalts • Fixierung auf vorhandene Lösungen 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verständnis für den Gesamtzweck eines Systems • Neuer Blickwinkel auf einen bekannten Sachverhalt • Auflösung von Fixierungen auf bekannte Lösungen

Brainstorming		
<p>Kurzbeschreibung: Das Brainstorming ist eine Kreativitätsmethode, die auf dem Prinzip der „freien Assoziation“ basiert. Eine Verstärkung der Intuition erfolgt in der Gruppe, indem die Gruppenmitglieder die Ideen anderer aufgreifen und assoziativ weiterentwickeln sollen. Die Teilnehmer werden aufgefordert, Ideen hervorzubringen und Lösungen vorzuschlagen. Eine Vielzahl von Ideen wird produziert und für die spätere Analyse aufgezeichnet. Durch ein Hinausschieben der Bewertungsphase sollen Denkblockaden abgebaut werden.</p>		
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lösungsfindung anregen • Möglichst viele Lösungsideen generieren • Unkonventionelle Lösungsideen generieren • Vorhandenes Lösungsfeld erweitern 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Scheinbar ausgereifte Produkte • Fixierung auf vorhandene Lösungen • Genügende Durchdringung des Problems • Keine zu komplexe Problemstellung 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anregung der Kreativität • Vielzahl an Lösungsideen • Unterstützung der bereichsübergreifenden Kommunikation • Unterstützung der Teamentwicklung

Einflussmatrix																																																								
<p>Kurzbeschreibung: Elemente eines Systems (z. B. Situationsmerkmale, Funktionen, Bauteile, Personen im Unternehmen) beeinflussen sich gegenseitig auf unterschiedliche Weise. Mittels der Einflussmatrix (auch Design Structure Matrix) lässt sich in strukturierter Form die gegenseitige Beeinflussung der Systemelemente ermitteln. Als Ergebnis erhält man Aussagen über die Intensität der jeweiligen Wechselwirkung (sehr stark bis sehr schwach) und die Bedeutung der Elemente im Gesamtsystem (aktiv, neutral oder passiv). Die Analyse dient beispielsweise der Identifikation von Schlüsselfaktoren.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Wirkung von</th> <th>auf</th> <th>Lebensstandard</th> <th>Konsumgewohnheiten</th> <th>Funktionalität des Produkts</th> <th>Image des Produkts</th> <th>Aktivsumme</th> <th>Aktivität (Quotient)</th> <th>Kritikalität (Produkt)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lebensstandard</td> <td></td> <td></td> <td>4</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>6</td> <td>3,0</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Konsumgewohnheiten</td> <td>0</td> <td></td> <td>3</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>8</td> <td>0,4</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Funktionalität des Produkts</td> <td>2</td> <td>3</td> <td></td> <td>2</td> <td>7</td> <td>12</td> <td>1,2</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td>Image des Produkts</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>1</td> <td></td> <td>4</td> <td>8</td> <td>1,3</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Passivsumme</td> <td>2</td> <td>10</td> <td>6</td> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Wirkung von	auf	Lebensstandard	Konsumgewohnheiten	Funktionalität des Produkts	Image des Produkts	Aktivsumme	Aktivität (Quotient)	Kritikalität (Produkt)	Lebensstandard			4	2	0	6	3,0	12	Konsumgewohnheiten	0		3	1	4	8	0,4	40	Funktionalität des Produkts	2	3		2	7	12	1,2	42	Image des Produkts	0	3	1		4	8	1,3	12	Passivsumme	2	10	6	3				
Wirkung von	auf	Lebensstandard	Konsumgewohnheiten	Funktionalität des Produkts	Image des Produkts	Aktivsumme	Aktivität (Quotient)	Kritikalität (Produkt)																																																
Lebensstandard			4	2	0	6	3,0	12																																																
Konsumgewohnheiten	0		3	1	4	8	0,4	40																																																
Funktionalität des Produkts	2	3		2	7	12	1,2	42																																																
Image des Produkts	0	3	1		4	8	1,3	12																																																
Passivsumme	2	10	6	3																																																				
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Art der gegenseitigen Beeinflussung von Systemelementen ermitteln • Intensität der gegenseitigen Beeinflussung von Systemelementen ermitteln • Bedeutung der Elemente für das Gesamtsystem ermitteln 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Komplexes System mit vielen Parametern • Unklarheiten hinsichtlich der wichtigen Systemelemente 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aussagen über Art und Intensität der Wechselwirkungen zwischen Systemelementen • Identifikation wesentlicher Systemelemente • Grundlage für die Festlegung geeigneter Entwicklungsschwerpunkte 																																																						

Entscheidungstabelle																																																																																			
<p>Kurzbeschreibung: Mit Hilfe von Entscheidungstabellen lassen sich vorzunehmende Aktionen, die von der Erfüllung oder Nichterfüllung gewisser Bedingungen abhängen, kompakt beschreiben. Ist die Bedingungskonstellation in der aktuellen Entscheidungssituation bekannt, so kann die zutreffende Entscheidungsregel ausgewählt werden. Ergänzend wird das Regelwerk oft durch einen übersichtlicheren Entscheidungsbaum grafisch dargestellt. Die Entscheidungstabelle ist jedoch systematischer und kann leichter als der Baum auf Widerspruchsfreiheit und Vollständigkeit überprüft werden.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Regel Nr.</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bedingungen</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Bedingung 1</td> <td>j</td> <td>j</td> <td>j</td> <td>j</td> <td>n</td> <td>n</td> <td>n</td> <td>n</td> </tr> <tr> <td>Bedingung 2</td> <td>j</td> <td>j</td> <td>n</td> <td>n</td> <td>j</td> <td>j</td> <td>n</td> <td>n</td> </tr> <tr> <td>Bedingung 3</td> <td>j</td> <td>n</td> <td>j</td> <td>n</td> <td>j</td> <td>n</td> <td>j</td> <td>n</td> </tr> <tr> <td>Aktionen</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aktion 1</td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aktion 2</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aktion 3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> </tr> </tbody> </table>	Regel Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	Bedingungen									Bedingung 1	j	j	j	j	n	n	n	n	Bedingung 2	j	j	n	n	j	j	n	n	Bedingung 3	j	n	j	n	j	n	j	n	Aktionen									Aktion 1	x		x						Aktion 2		x		x					Aktion 3					x	x	x	x
Regel Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8																																																																											
Bedingungen																																																																																			
Bedingung 1	j	j	j	j	n	n	n	n																																																																											
Bedingung 2	j	j	n	n	j	j	n	n																																																																											
Bedingung 3	j	n	j	n	j	n	j	n																																																																											
Aktionen																																																																																			
Aktion 1	x		x																																																																																
Aktion 2		x		x																																																																															
Aktion 3					x	x	x	x																																																																											
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entscheidungsfindung unterstützen • Entscheidungsregeln übersichtlich darstellen 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Existenz von situationsabhängigen Entscheidungsregeln • Komplexe Entscheidungssituation mit vielen Einflüssen 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Übersichtliche, eindeutige und knappe Aufbereitung von Entscheidungssituationen • Dokumentation der Entscheidungsfindung 																																																																																	

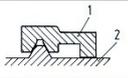
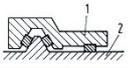
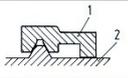
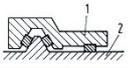
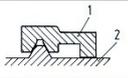
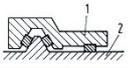
Fehlerbaumanalyse		
<p>Kurzbeschreibung: Die Fehlerbaumanalyse dient zum systematischen Erstellen von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen für potenzielle oder tatsächlich aufgetretene Fehler. Ausgehend von einem unerwünschten Ereignis (Ausfall des Produkts, Fehler bzw. Nichtkonformität zu den Anforderungen) werden über Und- bzw. Oder-Verknüpfungen von internen Ausfällen und/oder externen Einflüssen mögliche Ausfallursachen durch die Komponenten- und Teile-Ebene des Systems verfolgt. Die logischen Abhängigkeiten werden in Form einer Baumstruktur dargestellt.</p>		
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge zwischen Fehlern und deren Ursachen analysieren • Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten von Fehlern ermitteln 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Produkt auf ausreichend konkretem Entwicklungsstand • Unerwünschtes Ereignis (Fehler, Ausfall etc.) • Komplexe Systemzusammenhänge, die in Kombination zu unerwünschten Ereignissen führen können 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Übersichtliche Darstellung von Ursache-Wirkungs-Ketten im Zusammenhang mit Fehlern • Grundlage für die Maßnahmindefinition zur Verringerung des Auftretens von Fehlern • Grundlage für die Produktverbesserung hinsichtlich Sicherheit und Zuverlässigkeit

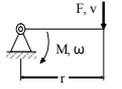
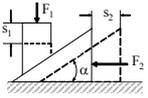
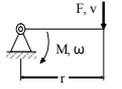
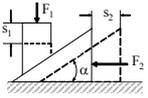
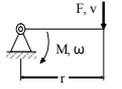
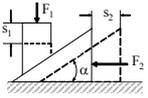
Freiheitsgradanalyse		
<p>Kurzbeschreibung: Die Freiheitsgradanalyse dient der Bestimmung von Handlungs- und Gestaltungsspielräumen für die Entwicklung. Hierzu sind die Systemgrenze zu definieren und die veränderbaren bzw. nicht veränderbaren Elemente oder Merkmale des Systems festzulegen. Als Grundlage für diese Festlegung dienen die Anforderungen und situativen Rahmenbedingungen. Eine abstrahierte Darstellung des Systems (Baustuktur, Funktionsstruktur) ist dabei zur Ermittlung der Systemgrenze geeignet. Die Freiheitsgradanalyse dient der Vorbereitung einer gezielten Lösungssuche.</p>		
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Betrachtungsraum gezielt erweitern bzw. eingrenzen • Handlungs- und Gestaltungsspielräume einer Entwicklung festlegen • Schwerpunkt der Betrachtung auf bestimmte Teilsysteme konzentrieren 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anforderungen und Rahmenbedingungen bekannt • Abstrahierte Darstellung des Systems (Baustuktur, Funktionsstruktur) • Nicht genügend bzw. keine passenden Lösungen zu einer Problemstellung 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Festlegung von Handlungs- und Gestaltungsspielräumen • Eröffnung neuer Lösungsmöglichkeiten (Erweiterung des Betrachtungsraums) • Konzentration auf das Wesentliche (Eingrenzung des Betrachtungsraums) • Erhöhte Zielorientierung

Gewichtete Punktbewertung																																																													
<p>Kurzbeschreibung: Die Gewichtete Punktbewertung ist ein differenzierendes Bewertungsverfahren, das einen detaillierten Vergleich von Lösungsalternativen ermöglicht. Zunächst werden die Bewertungskriterien festgelegt und zueinander gewichtet. Die Lösungsalternativen werden mit Punkten bewertet, und die Punkte mit den Kriteriengewichten multipliziert. Für jede Alternative wird mittels Addition ein Gesamtpunktwert gebildet, welche der Ermittlung einer Rangfolge der Alternativen dient. Das Bewertungsergebnis ist auf alle Fälle kritisch zu reflektieren (Gefahr der Zahlengläubigkeit).</p>						<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Bewertungs-kriterien</th> <th>Bauraum</th> <th>Herstellkosten</th> <th>Entwickl.aufwand</th> <th>Entwicklungsrisiko</th> <th>Leistungspotenzial</th> <th>Montage</th> <th>Summe</th> <th>Rang</th> </tr> <tr> <th>Gewichtung</th> <td>1</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>9</td> <td>3</td> <td></td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alternative 1</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>66</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Alternative 2</td> <td>6</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>5</td> <td>90</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Alternative 3</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>40</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Alternative 4</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>6</td> <td>2</td> <td>68</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>			Bewertungs-kriterien	Bauraum	Herstellkosten	Entwickl.aufwand	Entwicklungsrisiko	Leistungspotenzial	Montage	Summe	Rang	Gewichtung	1	3	3	3	9	3		Alternative 1	3	6	5	5	0	5	66	3	Alternative 2	6	4	5	5	3	5	90	1	Alternative 3	1	0	2	2	3	0	40	4	Alternative 4	2	2	0	0	6	2	68	2
Bewertungs-kriterien	Bauraum	Herstellkosten	Entwickl.aufwand	Entwicklungsrisiko	Leistungspotenzial	Montage	Summe	Rang																																																					
	Gewichtung	1	3	3	3	9	3																																																						
Alternative 1	3	6	5	5	0	5	66	3																																																					
Alternative 2	6	4	5	5	3	5	90	1																																																					
Alternative 3	1	0	2	2	3	0	40	4																																																					
Alternative 4	2	2	0	0	6	2	68	2																																																					
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lösungen differenziert bewerten • Rangfolge von Lösungsalternativen ermitteln 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Große Zahl relevanter Bewertungskriterien • Bewertungskriterien von unterschiedlicher Wichtigkeit • Ausreichender Kenntnisstand bezüglich der Ausprägungen relevanter Lösungsmerkmale 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rangfolge von Lösungsalternativen • Erhöhte Entscheidungssicherheit • Intensive Auseinandersetzung mit den Lösungsalternativen • Objektivierung des Bewertungsprozesses 																																																											

Kano-Modell		
<p>Kurzbeschreibung: Mit dem Kano-Modell lässt sich der Einfluss von Kundenanforderungen auf die Kundenzufriedenheit bestimmen. Dadurch können Kundenanforderungen nachvollziehbar strukturiert werden. Zunächst wird die Bedeutung ausgewählter, vom Kunden wahrnehmbarer Produktmerkmale z. B. durch eine Kundenbefragung ermittelt. Anschließend werden die Merkmale klassifiziert (Kategorien: Grund-, Leistungs-, Begeisterungsmerkmale). Das Kano-Modell eignet sich besonders bei komplexen Produkten mit einer großen Zahl unterschiedlicher Kundenanforderungen.</p>		
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhang zwischen Kundenanforderungen und Kundenzufriedenheit analysieren • Kundenanforderungen nachvollziehbar strukturieren • Bedeutung von Produkteigenschaften ermitteln 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Komplexes Produkt • Große Anzahl unterschiedlicher Kundenanforderungen • Notwendigkeit einer differenzierten Betrachtung von Produkteigenschaften 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Besseres Verständnis der Kundenanforderungen • Grundlage für die Ableitung von Bewertungskriterien • Grundlage für die Priorisierung von Produktmerkmalen mit Kundenbezug

Konsistenzmatrix																																																																																			
<p>Kurzbeschreibung: Die Konsistenzmatrix dient der Analyse von Kombinationen zwischen Betrachtungsobjekten (Situationsmerkmalen, Anforderungen, Lösungen etc.). Hierbei wird die Kombination einzelner Objekte auf ihre Sinnigkeit hin untersucht. Durch identifizierte Inkonsistenzen kann eine gewisse Menge an theoretisch möglichen Kombinationen ausgeschlossen werden. Da nur ungerichtete Bezüge bewertet werden, ist nur eine der Halbmatrizen der symmetrischen Matrix zu betrachten. Die Ergebnisse werden mit der Überprüfung auf Plausibilität abgesichert.</p>		<table border="1"> <tr> <td>1 = Inkonsistenz 2 = neutral 3 = Begünstigung</td> <td></td> <td colspan="2">Merkmal A</td> <td colspan="2">Merkmal B</td> <td colspan="3">Merkmal C</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>A1</td> <td>A2</td> <td>B1</td> <td>B2</td> <td>C1</td> <td>C2</td> <td>C3</td> </tr> <tr> <td>Merkmal A</td> <td>A1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>A2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Merkmal B</td> <td>B1</td> <td>1</td> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>B2</td> <td>3</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Merkmal C</td> <td>C1</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>C2</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>C3</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	1 = Inkonsistenz 2 = neutral 3 = Begünstigung		Merkmal A		Merkmal B		Merkmal C					A1	A2	B1	B2	C1	C2	C3	Merkmal A	A1									A2								Merkmal B	B1	1	3							B2	3	1						Merkmal C	C1	2	1	2	3					C2	2	3	1	2					C3	1	3	2	1			
1 = Inkonsistenz 2 = neutral 3 = Begünstigung		Merkmal A		Merkmal B		Merkmal C																																																																													
		A1	A2	B1	B2	C1	C2	C3																																																																											
Merkmal A	A1																																																																																		
	A2																																																																																		
Merkmal B	B1	1	3																																																																																
	B2	3	1																																																																																
Merkmal C	C1	2	1	2	3																																																																														
	C2	2	3	1	2																																																																														
	C3	1	3	2	1																																																																														
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verträglichkeit von Elementen untereinander untersuchen • Konsistente Kombinationen von Elementen ermitteln • Widersprüche und Zielkonflikte zwischen Elementen ermitteln 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Objekte (z. B. Situationsmerkmale, Anforderungen, Lösungen), deren Zusammenspiel von Interesse ist • Notwendigkeit einer kombinierten Betrachtung von Einzelementen 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ermittlung von Verträglichkeiten und Unverträglichkeiten im Gesamtsystem • Ermittlung widerspruchssarmer Elementkombinationen • Förderung einer strukturierten Diskussion eines vernetzten Sachverhalts 																																																																																	

Konstruktionskatalog																							
<p>Kurzbeschreibung: Konstruktionskataloge sind Sammlungen bekannter und bewährter Lösungen auf Prinzip- oder Gestaltebene. Sie zeichnen sich vor allem durch eine systematische Ordnung der beinhalteten Einträge aus. Ein Gliederungsteil klassifiziert die Einträge. Der Hauptteil enthält die Beschreibung der Lösungen, meist mit Hilfe von Skizzen. Der Zugriffsteil enthält Informationen bezüglich relevanter Auswahlmerkmale. Konstruktionskataloge dienen der Anregung der Lösungssuche sowie der Verminderung des Aufwands für die Informationsbeschaffung.</p>			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Art der Paarung</th> <th>Kraftübertragung durch</th> <th>Beispiel</th> <th>Nr.</th> <th>Reibung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>3</td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Gleit-Paarung</td> <td>Direkte Berührung</td> <td></td> <td>1</td> <td>groß</td> </tr> <tr> <td>Feste Zwischenkörper</td> <td></td> <td>2</td> <td>mittel</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right; font-size: small;">Quelle: Roth 1994</p>		Art der Paarung	Kraftübertragung durch	Beispiel	Nr.	Reibung	2	3	1		1	Gleit-Paarung	Direkte Berührung		1	groß	Feste Zwischenkörper		2	mittel
Art der Paarung	Kraftübertragung durch	Beispiel	Nr.	Reibung																			
2	3	1		1																			
Gleit-Paarung	Direkte Berührung		1	groß																			
	Feste Zwischenkörper		2	mittel																			
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verfügbare Lösungen für technische Problemstellungen auf Prinzip- und Gestaltebene finden • Vorhandenes Lösungsfeld erweitern 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gut definierte Aufgabenstellung • Keine innovativen Ideen gefragt • Betrachtung zusätzlicher Alternativen erwünscht 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Übersicht über technisch bewährte Lösungen für das vorliegende Problem • Verminderung des Aufwands für die Informationsbeschaffung • Gefahr der Fixierung auf bestehende Lösungen 																					

Lösungssuche mit technischen Effekten											
<p>Kurzbeschreibung: Bei vielen konstruktiven Aufgaben kann die Lösungssuche mit Hilfe von technischen (physikalischen, chemischen etc.) Effekten neue Sichtweisen eröffnen und Denkblockaden auflösen. Papierbasierte oder digitale Effektsammlungen unterstützen die systematische Suche nach technischen Effekten zur Realisierung der Systemfunktion. Sie enthalten in strukturierter Form Informationen zu den jeweiligen Effekten, z. B. Skizzen, Formeln und Anwendungsbeispiele. Als Grundlage für die Lösungssuche mit technischen Effekten kann ein Umsatzorientiertes Funktionsmodell dienen.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Skizze</th> <th>Formel</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hebel</td> <td></td> <td>$M = F \cdot r$ $v = \omega \cdot r$</td> </tr> <tr> <td>Keil</td> <td></td> <td>$F_2 = F_1 \cdot \frac{s_1}{s_2}$ $F_2 = \tan \alpha \cdot F_1$</td> </tr> </tbody> </table>	Name	Skizze	Formel	Hebel		$M = F \cdot r$ $v = \omega \cdot r$	Keil		$F_2 = F_1 \cdot \frac{s_1}{s_2}$ $F_2 = \tan \alpha \cdot F_1$
Name	Skizze	Formel									
Hebel		$M = F \cdot r$ $v = \omega \cdot r$									
Keil		$F_2 = F_1 \cdot \frac{s_1}{s_2}$ $F_2 = \tan \alpha \cdot F_1$									
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verfügbare Lösungsprinzipien finden • Neuartige Lösungsideen generieren • Vorhandenes Lösungsfeld erweitern 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Physikalisch orientierte Entwicklungsprobleme • Technische Widersprüche zwischen zu realisierenden Einzelfunktionen oder Systemparametern 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anregung der Kreativität • Besseres Verständnis für die dem System zugrunde liegenden physikalischen Zusammenhänge • Fülle an technischen Effekten als prinzipielle Lösungsmöglichkeiten für das Problem • Auflösung von Fixierungen auf bekannte Lösungen 									

Methode 635														
<p>Kurzbeschreibung: Die Kreativitätsmethode 635 ist eine Form des Brainwritings und stellt eine Variante des klassischen Brainstormings dar. Man geht davon aus, dass die Kreativität einer Gruppe steigt, wenn die Ideen eines Teilnehmers aufgegriffen und weiter verarbeitet werden. Die Lösungsideen werden auf Formularen eingetragen und an das nächste Gruppenmitglied weitergegeben. Auf diese Weise kann sich jeder Teilnehmer an den schon notierten Ideen seiner Vorgänger orientieren und diese in einer neuen Zeile ändern oder ergänzen bzw. auch ganz neue Lösungsideen generieren.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Lsg 1</th> <th>Lsg 2</th> <th>Lsg 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Runde 1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Runde 2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Lsg 1	Lsg 2	Lsg 3	Runde 1				Runde 2			
	Lsg 1	Lsg 2	Lsg 3											
Runde 1														
Runde 2														
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lösungsfindung anregen • Möglichst viele Lösungsideen generieren • Unkonventionelle Lösungsideen generieren • Vorhandenes Lösungsfeld erweitern 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Scheinbar ausgereifte Produkte • Fixierung auf vorhandene Lösungen • Genügende Durchdringung des Problems • Keine zu komplexe Problemstellung 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anregung der Kreativität • Vielzahl an Lösungsideen, die aufeinander aufbauen • Unterstützung der bereichsübergreifenden Kommunikation • Unterstützung der Teamentwicklung 												

Mind Mapping		
<p>Kurzbeschreibung: Das Mind Mapping dient zur Visualisierung und Strukturierung eines Sachverhalts und kann auf verschiedene Betrachtungsobjekte angewandt werden (Situationsmerkmale, Anforderungen, Lösungen etc.). Das Kernelement wird in die Mitte gestellt und weitere Themen werden mit Linien angeknüpft. Schritt für Schritt entsteht so eine vernetzte Themenlandschaft. Damit wird das Verständnis für den Sachverhalt erhöht und mittels Assoziation die Generierung neuer Themen angeregt. Kreative Ideenprozesse können damit durch das Mind Mapping gefördert werden.</p>		
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhängende Begriffe strukturiert darstellen • Objekte und ihre Zusammenhänge visualisieren • Gedanken extern dokumentieren 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bedarf einer externen Gedankenstütze • Bedarf der Strukturierung eines Sachverhalts • Keine zu komplexe, vernetzte Problemstellung 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grafischer Überblick über Objekte und ihre Zusammenhänge • Hierarchische Strukturierung eines Sachverhalts • Unterstützung der Bildung von Assoziationen

Morphologischer Kasten																															
<p>Kurzbeschreibung: Der Morphologische Kasten ist ein eindimensionales Ordnungsschema, in welchem einzelnen Teilproblemen (Teilfunktionen, Teilaufgaben) jeweils Teillösungen zugeordnet werden. Ergebnis ist eine strukturierte Übersicht über das Lösungsfeld. Durch zeilenweise Kombination von Teillösungen für jede Teilfunktion lassen sich Gesamtlösungen erstellen. Die Kombinatorik ermöglicht rein rechnerisch eine große Vielzahl an Gesamtlösungen. Um diese „Lösungsexplosion“ zu reduzieren, werden Auswahlstrategien angewandt.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Teilfunktionen</th> <th colspan="4">Teillösungen</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Teilfunktion A</td> <td>A1</td> <td>A2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Teilfunktion B</td> <td>B1</td> <td>B2</td> <td>B3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Teilfunktion C</td> <td>C1</td> <td>C2</td> <td>C3</td> <td>C4</td> </tr> <tr> <td>Teilfunktion D</td> <td>D1</td> <td>D2</td> <td>D3</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; border: 1px solid red; padding: 2px; color: red;">Mögliche Gesamtlösung</p>	Teilfunktionen	Teillösungen				1	2	3	4	Teilfunktion A	A1	A2			Teilfunktion B	B1	B2	B3		Teilfunktion C	C1	C2	C3	C4	Teilfunktion D	D1	D2	D3	
Teilfunktionen	Teillösungen																														
	1	2	3	4																											
Teilfunktion A	A1	A2																													
Teilfunktion B	B1	B2	B3																												
Teilfunktion C	C1	C2	C3	C4																											
Teilfunktion D	D1	D2	D3																												
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lösungsideen strukturiert darstellen • Bestehendes Lösungsfeld ordnen • Bestehendes Lösungsfeld erweitern • Teillösungen zu Gesamtlösungen kombinieren 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gesamtproblem, das in Teilprobleme zerlegbar ist • Unüberschaubares Spektrum an einzelnen Teillösungen 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zuordnung von Lösungsideen zu Teilfunktionen • Strukturierte Übersicht über das Lösungsfeld • Grundlage für die Bildung von Gesamtlösungskonzepten 																													

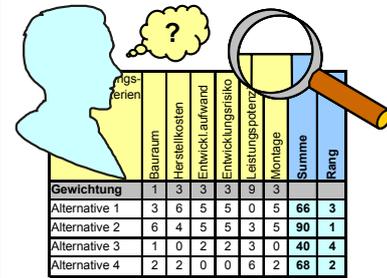
Negation		
<p>Kurzbeschreibung: Eine wirksame Methode, um Fehlerquellen zu identifizieren und neue Lösungsideen zu generieren, ist die Negation. Mittels dieser können Kreativitätsbarrieren und Fixierungen überwunden werden. Dazu wird eine zu erfüllende Funktion, zum Beispiel auf Basis eines hierarchischen Funktionsmodells, mittels Verneinung ins Gegenteil umgekehrt. Auf Basis dieser Negation wird dann nach möglichen Fehlern und Ursachen der negierten Funktion gesucht. Die Negation lässt sich beispielsweise sinnvoll im Rahmen einer Fehlerbaumanalyse einsetzen.</p>		<pre> graph TD A[Zu erfüllende Funktion] --> B[Negierte Funktion] B --> C[Fehler / Ursache / Wirkung] </pre>
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge zwischen Fehlern und deren Ursachen analysieren • Neue Lösungsideen generieren 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bestehende Lösungen nicht geeignet • Scheinbar unüberwindbares Problem • Komplexe Systemzusammenhänge, die in Kombination zu unerwünschten Ereignissen führen können 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhtes Verständnis für Fehler und deren Ursachen • Auflösung von Fixierungen und Denkblockaden • Grundlage für neue Lösungsideen

Nutzwertanalyse		
<p>Kurzbeschreibung: Die Nutzwertanalyse ist ein Bewertungsverfahren, das auf einer hierarchischen Strukturierung und Gewichtung der Zielkriterien basiert. Die Kriterienhierarchie ist der wesentliche Unterschied zur Gewichteten Punktbewertung. Die schrittweise Gewichtung auf den jeweiligen Hierarchiestufen ist besonders bei einer großen Zahl von zu betrachtenden Merkmalen sinnvoll. Vorteile ergeben sich durch eine differenzierte Bewertung der Alternativen vor allem bei komplexen Produkten, allerdings sind die Ergebnisse kritisch zu reflektieren (Gefahr der Zahlengläubigkeit).</p>		<pre> graph TD G[Gesamtziel 1,0] --> T[Techn. Funktion 0,2] G --> E[Ergonomie 0,2] G --> W[Wirtschaftlichkeit 0,6] T --> H[Hauptfunktion 0,6] T --> Z[Zusatzfunktionen 0,4] W --> A[Anschaffung 0,6] W --> N[Nutzung, Wartung 0,4] H --> H_Abs[0,12] Z --> Z_Abs[0,08] E --> E_Abs[0,20] A --> A_Abs[0,36] N --> N_Abs[0,24] subgraph AbsolutGewichte H_Abs Z_Abs E_Abs A_Abs N_Abs end </pre>
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lösungen differenziert bewerten • Rangfolge von Lösungsalternativen ermitteln 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sehr große Zahl relevanter Bewertungskriterien, die vielfältige gegenseitige Einflüsse aufweisen • Ausreichender Kenntnisstand bezüglich der Ausprägungen relevanter Lösungsmerkmale • Komplexes Produkt 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hierarchische Struktur der Bewertungskriterien • Rangfolge von Lösungsalternativen • Erhöhte Entscheidungssicherheit • Intensive Auseinandersetzung mit den Lösungsalternativen • Objektivierung des Bewertungsprozesses

Ordnungsschema																									
<p>Kurzbeschreibung: Ein Ordnungsschema dient der Strukturierung eines großen Lösungsfelds auf Basis geeigneter Ordnungsmerkmale. Die Dimension richtet sich nach der Anzahl der Gestaltmerkmale, die für eine Einordnung der Lösungen herangezogen werden. Bei zwei- und mehrdimensionalen Ordnungsschemata werden die Merkmale in einer Matrix gegenübergestellt und die vorhandenen Lösungen in die Felder der Matrix eingetragen. Bleiben Felder leer („weiße Felder“), kann es sich um nicht realisierbare Lösungen oder aber um Ansatzpunkte für neuartige Lösungsideen handeln.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Form</th> <th colspan="2">Kugeln</th> <th colspan="2">Zylinder</th> </tr> <tr> <th>Zahl</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Belastung</td> <td>radial</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>axial</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kombi</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Form	Kugeln		Zylinder		Zahl	1	2	1	2	Belastung	radial				axial				Kombi			
Form	Kugeln		Zylinder																						
Zahl	1	2	1	2																					
Belastung	radial																								
	axial																								
	Kombi																								
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bestehende Lösungen strukturieren und ordnen • Bestehendes Lösungsfeld erweitern • Lücken im Lösungsfeld erkennen 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unüberschaubares Lösungsspektrum • Geringe Anzahl wichtiger Gestaltmerkmale 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Strukturierte Darstellung des Lösungsfelds • Systematisierung von Lösungen • Erkennen von Lücken im Lösungsfeld • Grundlage zur Variation von Lösungsideen 																							

Paarweiser Vergleich																																												
<p>Kurzbeschreibung: Der Paarweise Vergleich ermöglicht einen direkten Vergleich von jeweils zwei Alternativen bezüglich eines einzigen Kriteriums. Er ist insbesondere dann sinnvoll, wenn die Eigenschaften mehr qualitativ als quantitativ bekannt sind (z. B. Design, Sportlichkeit). Dieser Vergleich kann ebenso für eine Rangfolge von Bewertungskriterien nach Wichtigkeit eingesetzt werden. Die Klarheit und der relativ geringe Aufwand dieses Vergleichs hat allerdings auch eine geringere Aussagekraft zur Folge. Man erhält nur eine Reihenfolge, aber keine gewichteten quantitativen Wertungen.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="4">besser (2), gleich gut (1) oder schlechter (0) als</th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <th>Bezüglich des Merkmals xy ist</th> <th>Alternative 1</th> <th>Alternative 2</th> <th>Alternative 3</th> <th>Alternative 4</th> <th>Summe</th> <th>Rang</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alternative 1</td> <td></td> <td>2</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Alternative 2</td> <td>0</td> <td></td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Alternative 3</td> <td>0</td> <td>1</td> <td></td> <td>0</td> <td>1</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Alternative 4</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>2</td> <td></td> <td>5</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>		besser (2), gleich gut (1) oder schlechter (0) als						Bezüglich des Merkmals xy ist	Alternative 1	Alternative 2	Alternative 3	Alternative 4	Summe	Rang	Alternative 1		2	2	0	4	2	Alternative 2	0		1	1	2	3	Alternative 3	0	1		0	1	4	Alternative 4	2	1	2		5	1
	besser (2), gleich gut (1) oder schlechter (0) als																																											
Bezüglich des Merkmals xy ist	Alternative 1	Alternative 2	Alternative 3	Alternative 4	Summe	Rang																																						
Alternative 1		2	2	0	4	2																																						
Alternative 2	0		1	1	2	3																																						
Alternative 3	0	1		0	1	4																																						
Alternative 4	2	1	2		5	1																																						
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lösungen einfach bewerten • Rangfolge von Lösungsalternativen ermitteln • Rangfolge von Bewertungskriterien ermitteln 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften der Lösungsalternativen mehr qualitativ als quantitativ bestimmbar • Eigenschaften der Lösungsalternativen mit deutlich subjektivem Charakter 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Qualitative Bewertungsergebnisse mit begrenzter Aussagekraft • Rangfolge von Lösungsalternativen ohne quantitative Unterschiede • Rangfolge von Bewertungsalternativen ohne quantitative Unterschiede 																																										

Plausibilitätsanalyse							
<p>Kurzbeschreibung: Die Plausibilitätsanalyse dient der kritischen Hinterfragung von Ergebnissen, die im Rahmen von Eigenschaftsanalysen oder Lösungsbewertungen erarbeitet worden sind und führt zu einer erhöhten Entscheidungssicherheit. Zum einen findet eine Überprüfung auf formale Fehler im Prozess statt. Außerdem wird ermittelt, ob alle wesentlichen Einflussgrößen berücksichtigt worden sind (z. B. Störgrößen, die Versuchsergebnisse verfälschen). Auch die dem Prozess zugrunde gelegten Modelle und Hypothesen werden hinterfragt. Schließlich ist die Interpretation der Ergebnisse zu überprüfen.</p>							
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ergebnisse von Eigenschaftsanalysen überprüfen • Ergebnisse von Lösungsbewertungen überprüfen 					<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unsicherheiten hinsichtlich der Güte von Ergebnissen einer Eigenschaftsanalyse • Unsicherheiten hinsichtlich der Güte von Ergebnissen einer Lösungsbewertung 		<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kritische Auseinandersetzung mit dem Ergebnis einer Eigenschaftsanalyse oder Lösungsbewertung • Überprüfung und möglicherweise Korrektur intuitiver Vorstellungen • Vermeidung von „Zahlengläubigkeit“ • Erhöhte Entscheidungssicherheit



Problemformulierung		
<p>Kurzbeschreibung: Problemformulierungen sind Sätze, die die Lösungssuche für das betrachtete technische Problem mithilfe weiterer Methoden initiieren. Die Befehlsform unterstreicht dabei Aufforderung zum Handeln. Problemformulierungen können aus einem Relationsorientierten Funktionsmodell abgeleitet werden, indem charakteristische Konstellationen zwischen Funktionen des Modells nach formalen Regeln in Handlungsanweisungen umgesetzt werden. Problemformulierungen lassen sich auch auf Basis der Ergebnisse einer Freiheitsgrad- oder Schwachstellenanalyse aufstellen.</p>		<p>„Finde eine alternative Möglichkeit (...), die (...) ermöglicht und nicht [...] verursacht!“</p>
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kern der Problemstellung ausdrücken • Entwicklungsschwerpunkte formulieren • Handlungen auf wesentliche Anforderungen konzentrieren 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unüberschaubar große Anzahl von Anforderungen und deren Beziehungen • Notwendigkeit zur Fokussierung der Entwicklungsaktivitäten 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhte Zielorientierung der Aktivitäten im Entwicklungsprozess • Gezielte Stimulation der Kreativität • Konkrete Handlungsaufforderungen • Reduziertes Risiko einer Handlungsunfähigkeit

Punktbewertung																																															
<p>Kurzbeschreibung: Die Punktbewertung ist eine quantifizierende Bewertungsmethode. Den zu beurteilenden Lösungsalternativen werden hinsichtlich einzelner Bewertungskriterien Punktwerte zugeordnet und pro Lösungsalternative summiert. Eine Gewichtung der Kriterien erfolgt dabei nicht. Die Punktesumme der einzelnen Alternativen dient als Entscheidungshilfe bei der Auswahl einer Lösung, reine Zahlengläubigkeit ist aber zu vermeiden. Nach Anwendung der Punktbewertung können fast gleichwertige Lösungen mit einer differenzierenden Bewertung genauer untersucht werden.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Bewertungs-kriterien</th> <th>Bauraum</th> <th>Herstellkosten</th> <th>Entwickl.aufwand</th> <th>Entwicklungsrisiko</th> <th>Leistungspotenzial</th> <th>Montage</th> <th>Summe</th> <th>Rang</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alternative 1</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>24</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Alternative 2</td> <td>6</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>5</td> <td>28</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Alternative 3</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>8</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Alternative 4</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>6</td> <td>2</td> <td>12</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	Bewertungs-kriterien	Bauraum	Herstellkosten	Entwickl.aufwand	Entwicklungsrisiko	Leistungspotenzial	Montage	Summe	Rang	Alternative 1	3	6	5	5	0	5	24	2	Alternative 2	6	4	5	5	3	5	28	1	Alternative 3	1	0	2	2	3	0	8	4	Alternative 4	2	2	0	0	6	2	12	3
Bewertungs-kriterien	Bauraum	Herstellkosten	Entwickl.aufwand	Entwicklungsrisiko	Leistungspotenzial	Montage	Summe	Rang																																							
Alternative 1	3	6	5	5	0	5	24	2																																							
Alternative 2	6	4	5	5	3	5	28	1																																							
Alternative 3	1	0	2	2	3	0	8	4																																							
Alternative 4	2	2	0	0	6	2	12	3																																							
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lösungen bewerten • Rangfolge von Lösungsalternativen ermitteln 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bewertungskriterien mit in etwa gleicher Bedeutung • Bewertungskriterien mit zumindest näherungsweise quantitativ erfassbaren Ausprägungen • Ausreichender Kenntnisstand bezüglich der Ausprägungen relevanter Lösungsmerkmale 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rangfolge von Lösungsalternativen • Quantitative Aussagen über die Lösungsalternativen • Erhöhte Entscheidungssicherheit • Objektivierung des Bewertungsprozesses 																																													

Relationsorientierte Funktionsmodellierung		
<p>Kurzbeschreibung: Im Relationsorientierten Funktionsmodell werden nützliche und schädliche Funktionen unterschieden, die jeweils formal durch Substantiv und Verb beschrieben werden. Das Funktionsmodell wird durch die sinnvolle Verknüpfung unterschiedlicher technischer Funktionen mittels definierter Relationen gebildet. Der Aufbau des Funktionsmodells erfolgt dabei durch systematisches „Befragen“ des betrachteten technischen Systems. Das Funktionsmodell dient der Durchdringung der Problemstellung und der Ableitung von Problemformulierungen.</p>		
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Problemstellungen analysieren und darstellen • Stärken und Schwächen eines Systems ermitteln • System auf abstrahiertem Niveau modellieren • Wichtige Problemschwerpunkte erkennen 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Existierendes technisches System mit Schwachstellen • Vorfixierung auf bekannte Lösungen 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Übersicht über Stärken und Schwächen eines technischen Systems • Erhöhtes System- und Problemverständnis • Grundlage für die Ableitung von Problemformulierungen • Grundlage für die Generierung neuer Lösungsideen

Sensitivitätsanalyse		
<p>Kurzbeschreibung: Die Sensitivitätsanalyse dient der kritischen Hinterfragung von Ergebnissen, die im Rahmen von Eigenschaftsanalysen oder Lösungsbewertungen erarbeitet worden sind und führt zu einer erhöhten Entscheidungssicherheit. Es wird dabei untersucht, wie das Endergebnis auf die gezielte Variation von Eingangsparametern reagiert (z. B. die Gewichtungsfaktoren bei einer Gewichteten Punktbewertung), um damit letztendlich Parameter mit einem wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis zu ermitteln. Auf dieser Basis können verschiedene Ergebnisszenarios erzeugt werden.</p>		
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auswirkungen einer Parametervariation prüfen • Parameter mit wesentlichem Einfluss auf das Ergebnis ermitteln • Verschiedene Ergebnisszenarios generieren 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aussagen mit großer Unsicherheit • Unterschiedliches Meinungsbild nach einer Eigenschaftsanalyse oder Lösungsbewertung 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kritische Auseinandersetzung mit dem Ergebnis einer Eigenschaftsanalyse oder Lösungsbewertung • Aussagen über Reaktion des Endergebnisses auf Parameterveränderungen • Aussagen über Risiken einer Entscheidung • Erhöhte Entscheidungssicherheit

Synektik		
<p>Kurzbeschreibung: Die Synektik unterstützt die Ideenfindung durch eine bewusste, intensive Verfremdung der Problemstellung. Dies wird durch stufenweise, streng systematische Analogiebildungen erreicht. Die Begriffe der letzten Analogiestufe werden auf markante Merkmale hin untersucht. Diese Merkmale werden dann durch eine erzwungene Rückführung auf das ursprüngliche Problem übertragen mit dem Ziel, spontane Lösungsideen zu generieren. Die Methode ist sehr anspruchsvoll, was eine gute Moderation und ein geübtes Team erforderlich macht.</p>		
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lösungsfindung anregen • Unkonventionelle Lösungsideen generieren • Vorhandenes Lösungsfeld erweitern 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Scheinbar ausgereifte Produkten • Fixierung auf vorhandene Lösungen • Genügende Durchdringung des Problems 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anregung der Kreativität • Großes Spektrum an denkbaren Analogien zum technischen Problem • Vielzahl an neuen Lösungsideen • Unterstützung der bereichsübergreifenden Kommunikation

Systematische Variation		
<p>Kurzbeschreibung: Die Systematische Variation ist eine diskursive Methode zum Generieren von Alternativen. Hierzu sind zunächst die Ausgangsobjekte zu bestimmen. Da die Variation zu einer Verbesserung führen sollte, ist ein Variationsziel zu spezifizieren (z. B. Kostensenkung etc.). Als Variationsmerkmale können Parameter der Produktgestalt (Form, Lage, Zahl, Größe etc.) herangezogen werden, auf die der Entwickler direkten Einfluss nehmen kann. Durch Zuordnung neuer Ausprägungen (Werte) werden neue Alternativen erzeugt. Durch mehrere Variationsschritte entsteht schnell ein großes Lösungsfeld.</p>		
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bestehendes Lösungsfeld gezielt erweitern • Lösung hinsichtlich bestimmter Kriterien optimieren • Weitere Lösungsalternativen zu einer Problemstellung generieren 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nicht zufriedenstellende Lösungen zu einer Problemstellung • Fixierung auf vorhandene Lösungen • Genügende Durchdringung des Problems 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hinsichtlich fokussierter Zielkriterien verbesserte Lösung • Erweiterung des Lösungsfelds • Überblick über die Freiheitsgrade einer Lösung

Umsatzorientierte Funktionsmodellierung		
<p>Kurzbeschreibung: Die Methode dient der funktionalen Beschreibung der Eigenschaftsänderungen von Umsatzprodukten in technischen Systemen. Die Methode ist gut geeignet, um technische Systeme mit Stoff-, Energie- und Signalflüssen darzustellen. Die Eigenschaften der Umsatzprodukte werden als Zustände (z. B. Drehmoment an Motorwelle) beschrieben, Eigenschaftsänderungen als Operationen (Drehmoment in Zugkraft wandeln). Die Darstellung ermöglicht ein verbessertes Systemverständnis. Durch die lösungsneutrale Darstellung werden Vorfixierungen vermieden.</p>		
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • System in abstrahierter Form darstellen • Teilfunktionen und Umsätze eines technischen Systems darstellen • Struktur und Verhalten eines technischen Systems abbilden 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fixierung auf bekannte Lösungen • Komplexes technisches System • System mit erkennbaren Stoff-, Energie- oder Signalumsätzen 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhtes Systemverständnis • Reduzierung der Komplexität der Aufgabenstellung • Vermeidung von Lösungsfixierung durch lösungsneutrale Darstellung • Eröffnung des Zugangs zu Lösungen aus anderen Bereichen/Disziplinen

Ursache-Wirkungs-Analyse		
<p>Kurzbeschreibung: Eine Ursache-Wirkungs-Analyse dient der Ermittlung von kausalen Zusammenhängen zwischen Fehlern bzw. unerwünschten Ereignissen, ihren Ursachen und ihren Wirkungen. Da eine Ursache mehrere Auswirkungen und eine Auswirkung mehrere Ursachen haben kann, entsteht dabei ein komplexes Netzwerk an Kausalzusammenhängen. Zur Darstellung kann beispielsweise eine Baumstruktur gewählt werden (Fehlerbaumanalyse). In Matrizen können, ergänzend zur grafischen Visualisierung der Struktur, vernetzte Zusammenhänge systematisch abgebildet werden.</p>		
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kausalzusammenhänge zwischen Ursachen und Wirkungen von Fehlern ermitteln • Ursachen von wichtigen Ereignissen oder Zuständen analysieren • Wirkungen von wichtigen Ereignissen oder Zuständen analysieren 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Produkt auf ausreichend konkretem Entwicklungsstand • Unerwünschtes Ereignis (Fehler, Ausfall etc.) • Komplexe Systemzusammenhänge, die in Kombination zu unerwünschten Ereignissen führen können 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhte Transparenz zwischen Ursachen und Wirkungen von Fehlern und anderen Ereignissen • Vernetzung von verschiedenen Wirkungsketten untereinander • Grundlage für Produkt- und Prozessoptimierung

Verknüpfungsmatrix																																											
<p>Kurzbeschreibung: Mit einer Verknüpfungsmatrix (auch Domain Mapping Matrix) lassen sich Zusammenhänge zwischen Betrachtungsobjekten aus unterschiedlichen Kategorien herstellen. Beispielsweise lassen sich damit Kundenanforderungen (markt- bzw. kundenorientierte Sicht) den technischen Merkmalen des Produkts (technische bzw. Ingenieursicht) gegenüberstellen. Eine Gewichtung der Verknüpfungen ist möglich. Dadurch lassen sich Elemente im System mit hohem Einfluss auf die Kundenanforderungen ermitteln. Die Verknüpfungsmatrix ist zentraler Bestandteil des House of Quality (QFD).</p>																																											
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge zwischen Objekten aus unterschiedlichen Kategorien ermitteln • Kundenanforderungen mit technischen Merkmalen des Produkts verknüpfen • Betrachtungsschwerpunkte ermitteln 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kenntnis der Marktsicht (Kundenanforderungen) erforderlich • Kenntnis der technischen Sicht (Systemstruktur, wesentliche Systemmerkmale) erforderlich 																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #cccccc;">Merkmale des Produkts</th> <th style="background-color: #cccccc;">Anzahl der Zylinder</th> <th style="background-color: #cccccc;">Elektron. Regelung</th> <th style="background-color: #cccccc;">Motorenwerkstoff</th> <th style="background-color: #cccccc;">Gestaltung Motorblock</th> <th style="background-color: #cccccc;">Gestaltung Abgasanlage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #ffffcc;">Kunden-erwartungen</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #ffffcc;">Hohe Motorleistung</td> <td>9</td> <td>9</td> <td>1</td> <td>9</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #ffffcc;">Niedriger Kraftstoffverbrauch</td> <td>9</td> <td>9</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #ffffcc;">Ruhiger Motorlauf</td> <td>9</td> <td>9</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #ffffcc;">Gute Beschleunigung</td> <td>9</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #add8e6;">Summe</td> <td style="background-color: #add8e6;">36</td> <td style="background-color: #add8e6;">30</td> <td style="background-color: #add8e6;">7</td> <td style="background-color: #add8e6;">15</td> <td style="background-color: #add8e6;">4</td> </tr> </tbody> </table>		Merkmale des Produkts	Anzahl der Zylinder	Elektron. Regelung	Motorenwerkstoff	Gestaltung Motorblock	Gestaltung Abgasanlage	Kunden-erwartungen						Hohe Motorleistung	9	9	1	9	1	Niedriger Kraftstoffverbrauch	9	9	3	3	3	Ruhiger Motorlauf	9	9	0	3	0	Gute Beschleunigung	9	3	3	0	0	Summe	36	30	7	15	4
Merkmale des Produkts	Anzahl der Zylinder	Elektron. Regelung	Motorenwerkstoff	Gestaltung Motorblock	Gestaltung Abgasanlage																																						
Kunden-erwartungen																																											
Hohe Motorleistung	9	9	1	9	1																																						
Niedriger Kraftstoffverbrauch	9	9	3	3	3																																						
Ruhiger Motorlauf	9	9	0	3	0																																						
Gute Beschleunigung	9	3	3	0	0																																						
Summe	36	30	7	15	4																																						
<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transparenz hinsichtlich der Abhängigkeiten zwischen Objekten unterschiedlicher Kategorien • Grundlage für die Bildung von Entwicklungsschwerpunkten • Unterstützung der bereichsübergreifenden Kommunikation 																																											

Vorauswahl																																																																																																						
<p>Kurzbeschreibung: Die Vorauswahl dient der Beurteilung von Lösungsideen hinsichtlich wichtiger, eindeutiger und einfach zu beurteilender Kriterien (KO-Kriterien), die produktübergreifend Gültigkeit besitzen, wie z. B. die grundsätzliche Realisierbarkeit oder die Erfüllung von Kernanforderungen der Anforderungsliste. Bei einer hohen Anzahl an prinzipiellen Lösungsideen mit geringem Detaillierungsgrad kann das Lösungsfeld somit in einem schnellen Verfahren auf ein sinnvolles Maß reduziert werden. In einer Vorauswahlliste lassen sich Beurteilung und Entscheidung übersichtlich dokumentieren.</p>				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6" style="text-align: left;">Analyse und Beurteilung</th> <th style="text-align: left;">Entscheidung</th> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="5" style="text-align: center;">Verträglichkeit gegeben</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="5" style="text-align: center;">Anforderungen erfüllt</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="5" style="text-align: center;">grundsätzlich realisierbar</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="5" style="text-align: center;">Aufwand zulässig</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="5" style="text-align: center;">im Zeitrahmen realisierbar</td> <td></td> </tr> <tr> <th>Lsg</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Bemerkungen</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>?</td> <td>-</td> <td></td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>?</td> <td></td> <td>+</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>+</td> <td>!</td> <td>+</td> <td>-</td> <td></td> <td></td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>+</td> <td>!</td> <td>+</td> <td>?</td> <td>+</td> <td></td> <td>?</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>?</td> <td></td> <td>+</td> </tr> </tbody> </table>			Analyse und Beurteilung						Entscheidung		Verträglichkeit gegeben							Anforderungen erfüllt							grundsätzlich realisierbar							Aufwand zulässig							im Zeitrahmen realisierbar						Lsg	A	B	C	D	E	F							Bemerkungen	1	+	+	+	?	-		-	2	+	+	+	+	?		+	3	+	!	+	-			-	4	+	!	+	?	+		?	5	+	+	+	+	?		+
Analyse und Beurteilung						Entscheidung																																																																																																
	Verträglichkeit gegeben																																																																																																					
	Anforderungen erfüllt																																																																																																					
	grundsätzlich realisierbar																																																																																																					
	Aufwand zulässig																																																																																																					
	im Zeitrahmen realisierbar																																																																																																					
Lsg	A	B	C	D	E	F																																																																																																
						Bemerkungen																																																																																																
1	+	+	+	?	-		-																																																																																															
2	+	+	+	+	?		+																																																																																															
3	+	!	+	-			-																																																																																															
4	+	!	+	?	+		?																																																																																															
5	+	+	+	+	?		+																																																																																															
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lösungsideen schnell und einfach bewerten • Zahl der Lösungsideen auf ein überschaubares Maß reduzieren 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geringe Anzahl an weitgehend allgemeingültigen, wichtigen und eindeutigen Kriterien • Sehr große Menge an Lösungsideen • Unschärfe Informationen bezüglich der Lösungsideen 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schnelles Bild über die prinzipielle Eignung von Lösungsideen • Ausschluss ungünstiger Lösungsideen mittels KO-Kriterien • Auswahl weiter zu verfolgender Lösungsalternativen 																																																																																																				

Vorteil-Nachteil-Vergleich																																	
<p>Kurzbeschreibung: Beim Vorteil-Nachteil-Vergleich werden die Vorteile und Nachteile einer Lösungsalternative in Relation zu einer vorhandenen oder einer gedachten Lösung gegenübergestellt. Zweck des Vorteil-Nachteil-Vergleichs ist es Klarheit über die Kriterien und die relativen Eigenschaften der Alternativen zu erhalten. Der Vergleich ist schnell durchführbar und vor allem dann geeignet, wenn sich die Eigenschaften der Alternativen mehr qualitativ als quantitativ bestimmen lassen. Er ist nicht geeignet bei komplexen Produkten mit vielen Kriterien unterschiedlicher Wichtigkeit.</p>				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="3" style="background-color: #d3d3d3;">Kriterien</th> <th colspan="4" style="background-color: #ffff00;">Gegenüber Lösung 1 hat</th> </tr> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #ffff00;">Lösung 2</th> <th colspan="2" style="background-color: #ffff00;">Lösung 3</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #ffff00;">Vorteil</th> <th style="background-color: #ffff00;">Nachteil</th> <th style="background-color: #ffff00;">Vorteil</th> <th style="background-color: #ffff00;">Nachteil</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Platzbedarf</td> <td>---</td> <td>sehr viel größer</td> <td>viel kompakter</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>Kraftaufwand</td> <td>wesentlich geringer</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>deutlich höher</td> </tr> <tr> <td>Design</td> <td>---</td> <td>weniger ästhetisch</td> <td>sehr viel schicker</td> <td>---</td> </tr> </tbody> </table>		Kriterien	Gegenüber Lösung 1 hat				Lösung 2		Lösung 3		Vorteil	Nachteil	Vorteil	Nachteil	Platzbedarf	---	sehr viel größer	viel kompakter	---	Kraftaufwand	wesentlich geringer	---	---	deutlich höher	Design	---	weniger ästhetisch	sehr viel schicker	---
Kriterien	Gegenüber Lösung 1 hat																																
	Lösung 2		Lösung 3																														
	Vorteil	Nachteil	Vorteil	Nachteil																													
Platzbedarf	---	sehr viel größer	viel kompakter	---																													
Kraftaufwand	wesentlich geringer	---	---	deutlich höher																													
Design	---	weniger ästhetisch	sehr viel schicker	---																													
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lösungen einfach bewerten • Lösungsalternativen vergleichen 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften der Lösungsalternativen mehr qualitativ als quantitativ bestimmbar • Eigenschaften der Lösungsalternativen mit deutlich subjektivem Charakter 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aussagen zu Vorteilen und Nachteilen von Lösungsalternativen im Vergleich zueinander • Qualitative Bewertungsergebnisse mit begrenzter Aussagekraft 																															

Widerspruchorientierte Lösungssuche		
<p>Kurzbeschreibung: Die von Altschuller begründete Methode nimmt ihren Ausgangspunkt bei Zielkonflikten, die auf Widersprüchen innerhalb eines technischen Systems basieren. Die Verbesserung eines Parameters (Teilziels) des Systems bewirkt dabei die gleichzeitige Verschlechterung eines anderen Parameters (Teilziels). Durch die Anwendung allgemeiner Lösungsprinzipien ist es hier möglich, die Widersprüche aufzulösen und innovative Lösungsideen zu generieren. Der Zugriff auf geeignete Prinzipien kann über die sog. Widerspruchsmatrix erfolgen. Dieser Ansatz ist ein Bestandteil der TRIZ-Methodik.</p>		
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Neuartige Lösungsideen generieren • Vorhandenes Lösungsfeld erweitern • Technische Widersprüche bzw. Zielkonflikte auflösen 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Scheinbar unlösbare technische Widersprüche • Vorliegen konkreter Problemformulierungen • Zielkonflikte zwischen Systemparametern 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anregungen für die Lösungssuche in Form abstrakt formulierter Prinzipien • Lösungsideen mit Potenzial für innovative Lösungen • Auflösung von Fixierungen auf bekannte Lösungen • Auflösung von Widersprüchen

Zielpräferenzmatrix																																																																																																																
<p>Kurzbeschreibung: Die Zielpräferenzmatrix ist eine Sonderform des Paarweisen Vergleichs und unterstützt die Gewichtung von Kriterien, z. B. in Vorbereitung einer Bewertung von Lösungsalternativen. Die Zielkriterien werden in einer Matrix einander paarweise gegenübergestellt. Der Buchstabe des präferierten Kriteriums wird dann in die entsprechende Zelle der Matrix eingetragen. Nachdem alle Zielkriterienpaare miteinander verglichen worden sind, wird für jedes Kriterium die Gesamtzahl der Präferenzen ermittelt. Im Anschluss wird die Gewichtung des Kriteriums für die spätere Bewertung berechnet.</p>		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="10">Gewichtung der Ziele</th> </tr> <tr> <th colspan="10">Anzahl der Präferenzen in Summe</th> </tr> <tr> <th>Ziele</th> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> <th>d</th> <th>e</th> <th>f</th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kosten</td> <td>a</td> <td></td> <td>b</td> <td>a</td> <td>a</td> <td>f</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>0,20</td> </tr> <tr> <td>Leistung</td> <td>b</td> <td></td> <td>b</td> <td>b</td> <td>e</td> <td>b</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>0,27</td> </tr> <tr> <td>Gewicht</td> <td>c</td> <td></td> <td></td> <td>d</td> <td>c</td> <td>c</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>0,13</td> </tr> <tr> <td>Bauraum</td> <td>d</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>e</td> <td>f</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0,07</td> </tr> <tr> <td>Fertigung</td> <td>e</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>f</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0,13</td> </tr> <tr> <td>Wartung</td> <td>f</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>3</td> <td>0,20</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1,00</td> </tr> </tbody> </table>	Gewichtung der Ziele										Anzahl der Präferenzen in Summe										Ziele	a	b	c	d	e	f				Kosten	a		b	a	a	f	3	3	0,20	Leistung	b		b	b	e	b	3	4	0,27	Gewicht	c			d	c	c	2	2	0,13	Bauraum	d				e	f	0	1	0,07	Fertigung	e					f	0	2	0,13	Wartung	f						0	3	0,20				0	1	0	1	2	3	15										1,00
Gewichtung der Ziele																																																																																																																
Anzahl der Präferenzen in Summe																																																																																																																
Ziele	a	b	c	d	e	f																																																																																																										
Kosten	a		b	a	a	f	3	3	0,20																																																																																																							
Leistung	b		b	b	e	b	3	4	0,27																																																																																																							
Gewicht	c			d	c	c	2	2	0,13																																																																																																							
Bauraum	d				e	f	0	1	0,07																																																																																																							
Fertigung	e					f	0	2	0,13																																																																																																							
Wartung	f						0	3	0,20																																																																																																							
			0	1	0	1	2	3	15																																																																																																							
									1,00																																																																																																							
<p>Zweck:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Präferenzen zwischen Zielkriterien ermitteln • Rangfolge von Bewertungskriterien aufstellen • Bewertungskriterien gewichten 	<p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Existenz mehrerer Bewertungskriterien mit unterschiedlicher Wichtigkeit 	<p>Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nach Wichtigkeit geordnete Bewertungskriterien • Gewichtung der Bewertungskriterien • Erhöhtes Verständnis für das Zielsystem 																																																																																																														

Kontextbedingungen zum Vergleich der Methoden mit der Entwicklungssituation

Die folgende Matrix enthält Aussagen über die 36 Methoden in Bezug auf ihre Eignung hinsichtlich ausgewählter Kontextfaktoren (vgl. Kapitel 5.1.4.3). Für jedes Kriterium sind drei mögliche Ausprägungen vorgegeben. Eine Methode weist hinsichtlich der Ausprägungen der Kontextfaktoren in einer spezifischen Situation eine gewisse Eignung auf, die umso größer ist, je mehr Übereinstimmungen sich im Vergleich ergeben (Anzahl der Plus-Zeichen), und umso geringer ist, je mehr Unterschiede festgestellt werden (Anzahl der Minus-Zeichen).

Kontextbedingungen		1			2			3			4			5		
		niedrig	mittel	hoch	niedrig	mittel	hoch	Laie	Fortgeschrittener	Experte	Einzelperson	Gruppe empfohlen	Gruppe erforderlich	niedrig	mittel	hoch
Nr	Methode															
1	ABC-Analyse	x	x			x	x	x	x	x	x			x	x	
2	Alternativenbaum	x	x	x	x				x	x	x	x		x	x	
3	Anforderungsliste	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	
4	Bionik			x	x	x				x		x	x	x		
5	Black Box		x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
6	Brainstorming	x	x	x	x	x		x	x	x			x	x	x	x
7	Einflussmatrix		x	x		x	x		x	x	x	x		x		
8	Entscheidungstabelle	x				x	x		x	x		x		x	x	
9	Fehlerbaumanalyse		x	x		x	x		x	x	x	x		x	x	
10	Freiheitsgradanalyse		x	x		x	x		x	x	x	x		x	x	
11	Gewichtete Punktbewertung		x	x		x	x		x	x			x	x		
12	Kano-Modell		x	x		x	x			x	x	x		x		
13	Konsistenzmatrix		x	x			x		x	x	x	x		x		
14	Konstruktionskatalog	x			x	x	x	x	x	x	x			x	x	x
15	Lösungssuche mit technischen Effekten		x	x		x	x	x	x	x	x			x	x	
16	Methode 635	x	x	x	x	x			x	x			x	x	x	
17	Mind Mapping	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x	x	x
18	Morphologischer Kasten		x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x	
19	Negation		x	x		x	x		x	x	x	x		x	x	
20	Nutzwertanalyse		x	x			x			x			x	x		
21	Ordnungsschema	x	x	x		x	x		x	x	x	x		x	x	
22	Paarweiser Vergleich	x	x	x	x	x		x	x	x		x		x	x	x
23	Plausibilitätsanalyse		x	x		x	x		x	x		x		x	x	
24	Problemformulierung	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x	x
25	Punktbewertung	x	x	x	x	x		x	x	x		x		x	x	x
26	Relationsorientierte Funktionsmodellierung		x	x		x	x			x	x	x		x	x	
27	Sensitivitätsanalyse		x	x		x	x			x		x		x	x	
28	Synektik			x	x	x				x			x	x		
29	Systematische Variation	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
30	Umsatzorientierte Funktionsmodellierung		x	x		x	x		x	x	x	x		x	x	
31	Ursache-Wirkungs-Analyse	x	x	x		x	x		x	x	x	x		x	x	
32	Verknüpfungsmatrix	x	x			x	x		x	x	x	x		x		
33	Vorauswahl	x	x	x	x	x		x	x	x		x		x	x	x
34	Vorteil-Nachteil-Vergleich	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x
35	Widerspruchorientierte Lösungssuche	x	x	x		x	x			x	x	x		x		
36	Zielpräferenzmatrix		x	x		x	x			x		x		x	x	

Zur Veranschaulichung des Vergleichs zwischen Situation und Methoden sind in Ergänzung zum Beispiel aus Kapitel 5.3.3.2 zwei weitere Beispiele dargestellt. Im ersten Beispiel stehen drei Methoden für die Lösungssuche (Synthese) zur Auswahl. Der Kontext weist bzgl. aller Kriterien mittlere Ausprägungen auf. In diesem Fall erscheint die Methode Brainstorming am besten geeignet zu sein. Konstruktionskataloge sind aufgrund des Kriteriums ‚Neuheitsgrad‘ weniger geeignet, die Methode Synektik scheidet gleich wegen mehreren Kriterien aus.

Kontextfaktoren Entwicklungssituation

Merkmale	Auspr.
Neuheitsgrad	X
Komplexität	X
M-Erfahrung	X
Teamgröße	X
Zeit-Restriktionen	X

Fallunterscheidung für den Vergleich

Fall 1: +	Fall 2: -	Fall 3: 0
<ul style="list-style-type: none"> • Situation spezifiziert • Methode spezifiziert • Übereinstimmung 	<ul style="list-style-type: none"> • Situation spezifiziert • Methode spezifiziert • Unterschied 	<ul style="list-style-type: none"> • Nur Situation, nur Methode oder beide nicht spezifiziert

Kontextbedingungen

Methode Brainstorming

Merkmale	Auspr.	
Neuheitsgrad	X	+
Komplexität	X	+
M-Erfahrung	X	+
Teamgröße	X	-
Zeit-Restriktionen	X	+

Kontextbedingungen

Methode Konstruktionskatalog

Merkmale	Auspr.	
Neuheitsgrad	X	-
Komplexität	X	+
M-Erfahrung	X	+
Teamgröße	X	-
Zeit-Restriktionen	X	+

Kontextbedingungen

Methode Synektik

Merkmale	Auspr.	
Neuheitsgrad	X	-
Komplexität	X	+
M-Erfahrung	X	-
Teamgröße	X	-
Zeit-Restriktionen	X	-

Bewertung von alternativen Methoden hinsichtlich der Kontexteignung (Synthese)

Im zweiten Beispiel stehen drei Methoden für eine Lösungsauswahl (Entscheidung) zur Diskussion. Es ergibt sich ein differenziertes Bild. Die hohe Komplexität der aktuellen Aufgabe spräche für eine Nutzwertanalyse, zeitliche Restriktionen und die geringe Methodenerfahrung sprechen eher für die anderen beiden Methoden. Dieses Beispiel zeigt, dass dieser Vergleich dem Anwender lediglich Indizien für eine sinnvolle Methodenauswahl gibt.

Kontextfaktoren Entwicklungssituation

Merkmale	Auspr.
Neuheitsgrad	X
Komplexität	X
M-Erfahrung	X
Teamgröße	X
Zeit-Restriktionen	X

Fallunterscheidung für den Vergleich

Fall 1: +	Fall 2: -	Fall 3: 0
<ul style="list-style-type: none"> • Situation spezifiziert • Methode spezifiziert • Übereinstimmung 	<ul style="list-style-type: none"> • Situation spezifiziert • Methode spezifiziert • Unterschied 	<ul style="list-style-type: none"> • Nur Situation, nur Methode oder beide nicht spezifiziert

Kontextbedingungen

Methode Vorauswahl

Merkmale	Auspr.	
Neuheitsgrad	X	+
Komplexität	X	-
M-Erfahrung	X	+
Teamgröße	X	+
Zeit-Restriktionen	X	+

Kontextbedingungen

Methode Punktbewertung

Merkmale	Auspr.	
Neuheitsgrad	X	+
Komplexität	X	-
M-Erfahrung	X	+
Teamgröße	X	+
Zeit-Restriktionen	X	+

Kontextbedingungen

Methode Nutzwertanalyse

Merkmale	Auspr.	
Neuheitsgrad	X	+
Komplexität	X	+
M-Erfahrung	X	-
Teamgröße	X	-
Zeit-Restriktionen	X	-

Bewertung von alternativen Methoden hinsichtlich der Kontexteignung (Entscheidung)

11 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 SAUERMANN, 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 TROPSCHUH, 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 KITSTEINER, 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 Teilverwaltung 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 GIAPOLIS, 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 Krafeinleitungsstellenkonstruktion 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, upgradingsgerechte 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: TU, Diss. 2007.