

Lehrstuhl für Produktentwicklung
der Technischen Universität München

Reflexive Dialoge und Denkbausteine für die methodische Produktentwicklung

Philipp Hutterer

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. Klaus Bender

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing., Dr. h.c. Herbert Birkhofer,
Technische Universität Darmstadt

Die Dissertation wurde am 24. Januar 2005 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen
am 23. März 2005 angenommen.

VORWORT DES HERAUSGEBERS

Problemstellung

Zur Lösung technischer Problemstellungen ist es in bestimmten Situationen sinnvoll, das eigene Vorgehen bewusst zu planen, durchzuführen und zu reflektieren. Hierfür stellt die Entwicklungsmethodik Unterstützung in Form von Methoden bereit. Bisherige Forschungsprojekte belegen zwar den Erfolg einer methodischen Vorgehensweise, eine Breitenwirkung in der Industrie ist jedoch nur begrenzt wahrnehmbar. Für diese offensichtlich ausbleibende Methodenanwendung sind verschiedene Ursachen verantwortlich. Während einige dieser Ursachen bereits erforscht wurden und werden, fanden andere bislang wenig Berücksichtigung. Diese Arbeit soll einen Beitrag leisten, diese Lücke zu reduzieren sowie den Weg zur Routine in der Anwendung zu unterstützen.

Zielsetzung

Die Arbeit identifiziert derzeitige Schwierigkeiten bei der Methodenanwendung und zielt darauf ab, den Einstieg in die Methodenanwendung und den routinierten Umgang zu erleichtern. Angesprochen werden damit vor allem Entwickler, die motiviert sind, ihr Vorgehen in der Produktentwicklung zu verbessern, jedoch noch wenig Erfahrung auf dem Gebiet der Entwicklungsmethodik gesammelt haben.

Dazu werden zwei Kernfragen erörtert:

- Wie erkennt der Entwickler den Bedarf nach methodischen Vorgehensweisen?
- Wie erreicht der Entwickler Routine in einer methodischen Vorgehensweise?

Es sollen Lösungsansätze gefunden werden, die Entwickler zu einer Verbesserung ihrer individuellen, methodischen Vorgehensweise in der Produktentwicklung verhelfen.

Ergebnisse

Die Analyse anhand von Fallbeispielen zeigt, dass Entwickler als ersten Schritt hin zu einer methodischen Vorgehensweise deren Bedarf erkennen müssen. Ohne das eigene Denken und Handeln konstruktiv in Frage zu stellen, bleiben Situationen unerkannt, in denen eine Methodenanwendung sinnvoll wäre. Für den bedeutsamen Schritt der Bedarfserkennung stellt die vorliegende Arbeit den Lösungsansatz der „reflexiven Dialoge“ bereit. Geeignete Fragestellungen können beim Entwickler Selbstreflexionsprozesse auslösen. Ebenso bieten sich reflexive Dialoge zum Wahrnehmen und Steuern von Iterationen bei methodischer Vorgehensweise an.

Ferner untersucht die Arbeit Fallbeispiele hinsichtlich einer routinierten Anwendung von Methoden. Dabei zeigte sich, dass in guten Problemlöseprozessen oft nur einzelne Methodenbestandteile genutzt und situativ adaptiert eingesetzt werden. Mit Methoden in dieser Art flexibel umzugehen wird bislang nur durch langfristigen Lernaufwand erreicht. Das Bewusstsein über die vorgestellten „Denkbausteine von Methoden“ stärkt das Verständnis für die Wirkmechanismen von Methoden.

Folgerungen für die industrielle Praxis

Die vorgestellten Lösungsansätze sollen das Vorgehen in einem Unternehmen auf individueller Ebene positiv beeinflussen. Wenngleich viele Situationen in der Praxis bereits von ausgeprägter Selbstreflexion gekennzeichnet sind, bleibt ein besonderes Anliegen dieser Arbeit die Intensivierung der bewussten Wahrnehmung des eigenen Vorgehens als Leitmotiv für Entwickler. Für diese Zielgruppe wird ein tieferes Verständnis über die Wirkzusammenhänge von Methoden geschaffen. Die Arbeit trägt dazu bei, den oftmals langwierigen Lernprozess der Methodenanwendung zu verkürzen, um schneller zu einer realen Zeitersparnis im Entwicklungsprozess zu gelangen.

Folgerungen für Forschung und Wissenschaft

Die Einführung der vorgestellten Lösungsansätze in die wissenschaftlich geprägte Lehre der Ingenieurausbildung stellt einen interessanten Ansatz dar. Reflexive Dialoge könnten verstärkt bei der Betreuung von Studienarbeiten angewendet werden. Eine detaillierte Auswertung bietet einen Ansatz, die Methodenanwendung bezüglich ihrer Wirkungen besser messbar zu machen. Die Denkbausteine von Methoden könnten Gegenstand von Vorlesungen werden und die bestehende Lehre ergänzen. Zusätzlich zu den gelehrteten Methoden eröffnet sich das „Einmaleins“ der Methoden gegenüber einer rezeptartigen Anwendung. Beide Ansätze versprechen einen reizvollen Impuls für die Entwicklungsmethodik.

Nach wie vor ist die Erforschung der Denkvorgänge beim Entwickeln eine große Herausforderung für die Zusammenarbeit wissenschaftlicher Disziplinen. Diese Arbeit ermutigt dazu, die Forschungsarbeiten auf dem Gebiet methodischer Vorgehensweisen in der Produktentwicklung weiterhin intensiv und gemeinsam mit der Arbeits- und Kognitionspsychologie voranzutreiben. Nur ein besseres Verständnis der Denkvorgänge guter Problemlöser ermöglicht eine gezieltere Schulung sowie Trainingsmaßnahmen.

Garching, im Mai 2005

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

DANKSAGUNG

Diese Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Produktentwicklung der TU München vom November 2000 bis Februar 2005.

Mein großer Dank gilt Professor Lindemann für die Betreuung meiner Arbeit und das in mich gesetzte Vertrauen. Die offene und inspirierende Atmosphäre am Lehrstuhl spiegelt sich deutlich in den Gedanken und Inhalten der Arbeit wider.

Herrn Professor Birkhofer danke ich für die Mitberichterstattung und die konstruktiven Besprechungen schon im Vorfeld und während der Anfertigung der Arbeit. Für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes und die Unterstützung bei der Einreichung bedanke ich mich bei Professor Bender.

Vielen Dank an alle wissenschaftlichen und nicht wissenschaftlichen Mitarbeiter des Lehrstuhls. Durch die vielen Anregungen, die außergewöhnlich gute Diskussionskultur und den wertvollen Teamgeist werden meine Lehrstuhljahre immer in guter Erinnerung bleiben.

Bedanken möchte ich mich ebenso bei den zahlreichen Studenten, die mich in meiner Projektarbeit und bei sonstigen Lehrstuhlaufgaben zuverlässig unterstützten. Viele Gedanken und Ergebnisse reiften erst durch die intensiven Diskussionen im Rahmen der Studienarbeiten.

Danke den Forschungskollegen außerhalb des Lehrstuhls, die meinen Weg mit einer großartigen Gedankenaustauschplattform säumten. Besonders die Bamberger Runde unterstrich die Freude am wissenschaftlichen Arbeiten. Vielen Dank an Professor Leifer, Özgür Eris und Ade Mabogunje für die entgegengebrachte Gastfreundschaft am Center for Design Research an der Stanford University und die Unterstützung meiner, durch neue Blickwinkel unheimlich bereicherten Forschungsarbeit.

Den Projektförderern und -partnern aus Wissenschaft und Industrie danke ich für die Ermöglichung und Unterstützung meines Promotionsvorhabens.

Mein herzlicher Dank gilt den Kollegen Hans Stricker, Christoph Jung und Thomas Braun, die sich vor allem in der letzten Phase intensiv mit meiner Arbeit auseinandersetzten. Unvergessen bleiben die kreativen Diskussionen im und nach dem Büro oder die Literaturrecherche am Gardasee.

Die erfolgreiche und zielgerichtete Durchführung meiner Promotion wäre ohne einen stabilen, Energie spendenden Rückhalt und ein harmonisches Privatleben nicht möglich gewesen. Deshalb gilt mein besonderer Dank meinen Eltern und Geschwistern, insbesondere meinem Vater für die gewissenhafte Durchsicht und Korrektur der Arbeit, und meiner wundervollen Frau.

München, im Mai 2005

Philipp Hutterer

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung und Zielsetzung	1
1.1	Verbreitung methodischer Produktentwicklung in der Praxis	1
1.2	Zielsetzung der Arbeit	4
1.3	Aufbau der Arbeit	5
1.3.1	Projektarbeit als Datengrundlage	5
1.3.2	Erforderliches Grundverständnis für diese Arbeit	7
1.3.3	Kapitelstruktur	12
1.4	Fazit dieses Kapitels	14
2	Ursachen ausbleibender Methodenanwendung in der Industrie	15
2.1	Mangelnde Leistungsfähigkeit von Methoden	15
2.1.1	Komplexität und Theorielastigkeit	16
2.1.2	Starrheit und Unflexibilität	16
2.1.3	Hoher Aufwand und später Return of Invest (ROI)	17
2.1.4	Präskriptiver Charakter	17
2.1.5	Fehlangenommene Allgemeingültigkeit	18
2.2	Subjektiv fehlende Verfügbarkeit von Methoden	18
2.2.1	Unwissenheit	19
2.2.2	Unverständlichkeit	19
2.2.3	Subjektive Fehleinschätzung	20
2.3	Mangelnde Möglichkeiten zur Einschätzung der Methodenleistung	20
2.3.1	Schwierigkeit der Einschätzung	20
2.3.2	Fehlende Bewertungsmöglichkeit von Nutzen und Aufwand	21
2.4	Mangelnde Auswahlmöglichkeiten der adäquaten Methode	22
2.4.1	Unterschiedliche Strukturierungsansätze	22
2.4.2	Fehlende Navigationshilfe	23
2.4.3	Verschiedenartigkeit des Methodenumfangs	24
2.5	Mangelnde Adaption der ausgewählten Methode auf das jeweilige Problem	25
2.5.1	Zu allgemeine Lösungen für nicht allgemeine Probleme	25
2.5.2	Intuitiver Anteil von Methoden	25
2.6	Fazit dieses Kapitels	27
3	Die Bedarfserkennung methodischer Vorgehensweise	29
3.1	In welchen Situationen muss der Bedarf erkannt werden?	29
3.2	Fallbeispiel A: Entwicklung einer Siebanlage	31
3.2.1	Welches Vorgehen wählte der Entwickler?	33

3.2.2	Welches methodische Vorgehen wäre sinnvoll gewesen?	34
3.2.3	Warum wurden die methodischen Schritte nicht durchgeführt?	37
3.3	Methodenbeispiel B: Umweltgerechte Produktentwicklung	39
3.3.1	Was sind Methoden umweltgerechter Produktentwicklung?	40
3.3.2	In welcher Situation befindet sich der Entwickler?	43
3.3.3	Warum nutzt der Entwickler nicht das Potenzial der Methoden?	44
3.4	Erkenntnisse und Schlussfolgerungen aus den Beispielen	44
3.4.1	Durchdringung des konstruktiven Problems	45
3.4.2	Mechanismen selbstkritischer Betrachtung	46
3.4.3	Bewusstseinshorizonte eines Entwicklers	47
3.5	Fazit dieses Kapitels	52
4	Der steinige Weg zur Routine in methodischer Vorgehensweise	53
4.1	Routinierte Anwendung von Methoden	53
4.2	Fallbeispiel C: Aufbau eines Produktdatenamangementsystems	54
4.2.1	Wie wurde beim Aufbau vorgegangen?	55
4.2.2	Wodurch war das Vorgehen charakterisiert?	56
4.2.3	Worin bestand die Schwierigkeit der Methodenanwendung?	60
4.3	Fallbeispiel D: Beobachtungen anhand eines Konstruktionsversuchs	61
4.3.1	Wie war der Konstruktionsversuch aufgebaut?	62
4.3.2	Wie wurde das Konstruktionsgeschehen ausgewertet?	65
4.3.3	Welche Ergebnisse lieferte die Auswertung?	68
4.4	Fazit dieses Kapitels	76
5	Lösungsansätze	77
5.1	Bedarfserkennung methodischer Vorgehensweise durch reflexive Dialoge	77
5.1.1	Wie könnte man Selbstreflexion provozieren?	78
5.1.2	Ansatz der Entscheidungsvermittlung	81
5.1.3	Umsetzung des reflexiven Dialogs	82
5.1.4	Kritische Betrachtung des reflexiven Dialogs	85
5.2	Wahrnehmen und Steuern von Iterationen beim methodischen Vorgehen	86
5.2.1	Welche Hilfe bietet die Entwicklungsmethodik?	87
5.2.2	Ansatz mit dem Münchener Vorgehensmodell	90
5.2.3	Umsetzung des Wahrnehmens und Steuerns von Iterationen	92
5.2.4	Kritische Betrachtung des Wahrnehmens und Steuerns von Iterationen	93
5.3	Situative, flexible Methodenanwendung durch Denkbausteine von Methoden	94
5.3.1	Bausteine der Methoden: Gibt es auch Bausteine von Situationen?	98
5.3.2	Ansatz der Bausteine von Methoden	99
5.3.3	Umsetzung der Denkbausteine von Methoden	102
5.3.4	Kritische Betrachtung der Methodenbausteine	108
5.4	Fazit dieses Kapitels	109

6	Anwendung der Lösungsansätze	111
6.1	Fallbeispiel E: Entwicklung eines Fahrradanhängers	111
6.1.1	Ausgangssituation	111
6.1.2	Welches Vorgehen war geplant?	112
6.1.3	Wie wurden reflexive Dialoge angewendet und Iterationen gesteuert?	113
6.1.4	Ergebnis der Entwicklung	117
6.2	Fallbeispiel F: Bewertung von Verpackungskonzepten	118
6.2.1	Ausgangssituation	118
6.2.2	Wie wurden die Denkbausteine von Methoden angewendet?	119
6.2.3	Ergebnis der Anwendung von Methodenbausteinen	124
6.3	Fazit dieses Kapitels	125
7	Zusammenfassung und Ausblick	127
7.1	Zusammenfassung	127
7.2	Ausblick	130
8	Literatur	133
8.1	Verwendete Literatur	133
8.2	Betreute Studienarbeiten	144
9	Dissertationsverzeichnis des Lehrstuhls für Produktentwicklung	147

1 Einleitung und Zielsetzung

Die vorliegende Arbeit beleuchtet die nicht durchgängig verbreitete Anwendung von Entwicklungsmethodik in der Praxis. In diesem Kapitel werden die Zielsetzung und der Aufbau der Arbeit dargestellt. Für Leser mit bislang wenig Kontakt mit Produktentwicklung und Entwicklungsmethodik folgt eine Beantwortung typischer grundsätzlicher Fragen zu diesem Themengebiet. Für sie empfiehlt es sich, zum Grundverständnis für diese Arbeit das Teilkapitel 1.3.2 vorweg zu lesen.

1.1 Verbreitung methodischer Produktentwicklung in der Praxis

Angenommen, zehn Ingenieure bekämen alle dieselbe Aufgabe zur Entwicklung eines Produkts. Alle zehn Entwickler hätten die gleichen Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel die zur Verfügung stehende Zeit. Die Anforderungen an das zu entwickelnde Produkt wären gegeben. Wenn alle zehn Ergebnisse die Anforderungen erfüllten, bekäme man dann zehn identische Produkte?

Sicherlich nicht; denn jeder Entwickler würde andere Erfahrungen in die Bearbeitung der Aufgabe einbringen oder ein unterschiedliches Vorgehen wählen. Während ein Entwickler lange nach einer Lösungsidee sucht, würde ein anderer vielleicht eine spontan gefundene Idee verwirklichen. Es würden zum Teil gute, zum Teil weniger gute Lösungen entstehen. Man könnte sie eventuell qualitativ unterscheiden und in eine Rangfolge bringen. Warum hat der Erste in einer solchen Rangfolge ein besseres Ergebnis erzielt als der Letzte? Was zeichnet sein Vorgehen aus? Was unterscheidet gute von weniger guten Entwicklern?

Dieses Wissen wäre sehr reizvoll, könnte man doch damit jedem Entwickler das Vorgehen des Ersten empfehlen und qualitativ bessere Entwicklungsprozesse erreichen. Der Reiz an dieser Fragestellung rief ein Forschungsgebiet hervor, das Entwicklern Hilfestellung bei der Entwicklung von Produkten geben möchte. Hierfür werden Methoden¹ angeboten, die dem Entwickler in schwierigen Situationen, wenn beispielsweise Probleme sehr komplex und unüberschaubar erscheinen, eine Leitlinie zur Vorgehensweise bieten. Man geht davon aus, dass Entwickler, die methodische Vorgehensweisen beherrschen, gute Entwickler sind. Sie setzen in entscheidenden Situationen Methoden ein und können damit einen erfolgreichen Weg einer Produktentwicklung fortsetzen.

Wie eingangs im Beispiel geschildert, führt nicht jeder Weg zu einem erfolgreichen Produkt. Das in der Rangfolge letzte der zehn Entwicklungsergebnisse könnte sich im Vergleich zum ersten beispielsweise durch eine niedrigere Qualität oder gar fehlerhafte Funktionen auszeichnen. Wird in entscheidenden Situationen kein methodisches Vorgehen gewählt, kann dies zu zeitlichen Verzögerungen oder höheren Kosten führen, die notwendig sind, um wieder

¹ „Methode“ ist ein zentraler Begriff dieser Arbeit und wird in Kapitel 1.3.2 eingehender erklärt.

zu einem erfolgreichen Weg zurückzukehren. In manchen Fällen nimmt die Entwicklung an diesen Stellen eine abweichende Richtung ein und erzielt nicht die erreichbare Qualität. Für die vorliegende Arbeit ist die generelle Wirkung von Entwicklungsmethodik in Bild 1-1 dargestellt.

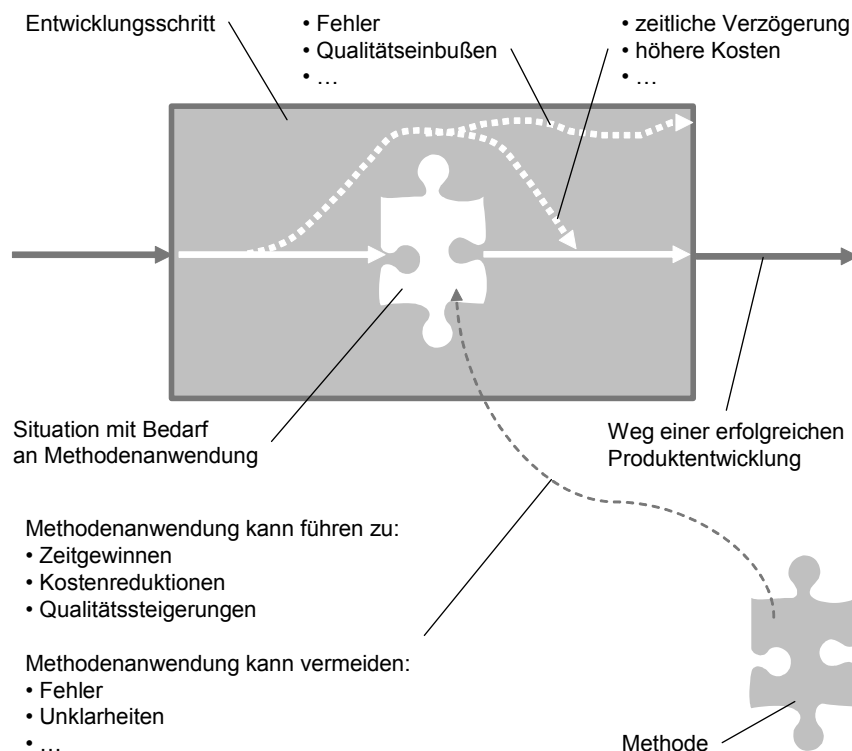


Bild 1-1: Wirkung von Entwicklungsmethodik

Die Anwendung von Methoden ist allerdings nicht immer eine triviale Angelegenheit. In Situationen mit Bedarf an Methodenanwendung schnell das „Rezept aus dem Regal“ zu holen, funktioniert in den seltensten Fällen. Zu unterschiedlich gestaltet sich jede individuelle Situation, die durch verschiedene Faktoren beeinflusst wird. Vor der Komplexität dieser Thematik mag der eine oder andere Entwickler zurückschrecken und lieber „die Finger von der Entwicklungsmethodik lassen“.

Viele Autoren brachten die zurückhaltende Anwendung von Methoden bereits zum Ausdruck (GOUVINHAS & CORBETT 1999, HEIDEMANN 2001, S. 44ff, STETTER 2000, S. 16ff, VIERTLBÖCK 2000, S. 2f). HEIDEMANN (2001, S. 1) beginnt seine Arbeit mit der „ernüchternden und erschreckenden“ Feststellung, dass vorhandene Entwicklungsmethoden trotz jahrzehntelanger Forschungstätigkeit kaum verwendet würden. Der Frage der Verbreitung von Entwicklungsmethodik gingen GRABOWSKI & GEIGER (1997, S. 38ff) in Form einer umfangreichen Industriebefragung nach. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass nur wenige Methoden ständig oder nur gelegentlich eingesetzt würden und bei der Methodenanwendung einige Problembereiche auftreten. Ähnliche Resultate erhielten auch GAUSEMEIER ET AL. (2000, S. 110ff) bei der Befragung von 65 Unternehmen hinsichtlich einer Methodennutzung. Vor allem Methoden, die auf die Steigerung des langfristigen Unternehmenserfolgs abzielen, würden selten eingesetzt.

Aussagen, wie „Den Erfolgen der Konstruktionsmethodik in der Lehre steht eine unterschiedlich intensive, teilweise reservierte oder punktuelle Umsetzung in der Konstruktionspraxis gegenüber“ (BIRKHOFER 1991), sind nach wie vor gültig. Bis heute ist es nicht gelungen, weit verbreitet Methoden in Entwicklungsabteilungen zu verankern (LINDEMANN 2004A).

Aufgrund der auftretenden Schwierigkeiten bei der Anwendung von Entwicklungsmethoden erfolgte im Forschungsgebiet ein Umbruch. Es wurden unbeleuchtete Aspekte, wie beispielsweise die Betrachtung psychologischer Abläufe beim Entwickeln von Produkten, mit in die Forschung aufgenommen (RUTZ 1985, DYLLA 1991, FRICKE 1993). Diese Bestrebungen sind Vorstöße in der Entwicklungsmethodik, die zu bedeutenden Erkenntnissen führten. Zusätzlich sind weitere Forschungen notwendig, um die nach wie vor existierenden Problembereiche bei der Methodenanwendung verstehen und lösen zu können, zumal sich die vielschichtigen Ursachen ausbleibender Methodenanwendung offensichtlich mit bisherigen Erkenntnissen nur hinreichend beschreiben lassen. Mit dieser Arbeit soll ein detaillierter Einblick in die Problematik der Methodenanwendung verschafft werden.

Gibt es generelle Ansätze für diese Problematik?

Bei Ansätzen zur Überwindung der Schwierigkeiten bei der Methodenanwendung wurden unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt. GOUVINHAS & CORBETT (1999) betonen die Notwendigkeit einfacher Methoden und begleitender Schulungsmaßnahmen. VIERTLBÖCK (2000) zielt auf ein Gesamtmodell für die Organisation eines Einführungsprozesses von Methoden in Unternehmen ab. Ähnlich verfährt STETTER (2000) und schlägt das Prozessschema „Five-Layer Model“ zur Implementierung von Methoden vor. LINDEMANN (2003) adressiert die flexible Gestaltung der Methodenanwendung. BRAUN unterstützt speziell die Auswahl und Adaption einer adäquaten Methode (LINDEMANN & BRAUN 2003, LINDEMANN & BRAUN 2004).

SCHNEIDER optimiert einige bestehende Methoden und stellt einen „Grundstock“ erfolgreicher und dringend zu empfehlender Methoden zusammen. Es wird empfohlen, Kooperationsprojekte zum Transfer der Methoden in die Praxis anzustreben, um Überzeugungsarbeit zu leisten (SCHNEIDER 2001, S. 140). Vier Voraussetzungen seien ausreichend, damit der Erfolg des Einsatzes der Entwicklungsmethodik Entwickler aus Industrieunternehmen überzeugt (2001, S. 81):

- Die Produktentwicklung mit Methoden führt zum Erfolg.
- Positive Einstellung der Entwickler und Entwicklungsleiter den Methoden gegenüber.
- Freiraum zur Methodenanwendung.
- Organisatorische Verankerung der Methoden in Unternehmen.

Tatsächlich sind diese Faktoren bei der Methodenanwendung in der Praxis entscheidend. Darüber hinaus können weitere Gesichtspunkte gefunden werden, die als Voraussetzungen gelten, um Entwicklern mit wenig Erfahrung mit Methoden den versierteren Umgang damit

zu ermöglichen. Dass hierbei wichtige Zusammenhänge bisher unerkannt blieben, wird diese Arbeit aufzeigen.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Trotz intensiver Arbeiten zu Methoden und deren Anwendungen hat die Entwicklungsmethodik erstaunlich wenig Einfluss auf die industrielle Praxis. Motivation für die vorliegende Arbeit sind die Analyse der Schwachstellen und die Optimierung der Entwicklungsmethodik, um Entwicklern mit keiner oder wenig Erfahrung mit Methoden den Zugang und den Umgang zu erleichtern. Wenngleich Methodenunterstützung bei der Kooperation mehrerer an der Entwicklung Beteiligter zum Tragen kommen kann, steht im Fokus der Arbeit das individuelle Vorgehen des Entwicklers. Es bildet das Fundament einer methodischen Produktentwicklung und ist auch dann notwendig, wenn auf Abteilungs- oder Unternehmensebene eine übergreifende Methodik eingeführt werden soll. Ohne methodisches Verständnis des Einzelnen wird die „von oben“ eingeführte Methodik zu einem gewagten Unterfangen.

Je nach Funktionsbereich des Entwicklers kann das Aufgabenspektrum sehr vielseitig sein. Sowohl detaillierte technische Fragestellungen als auch organisatorische oder kommunikative Aufgaben fallen in die Verantwortungsbereiche. Das breite Tätigkeitsfeld und die Individualität von Entwicklern stellen ebenso eine Herausforderung an die Entwicklungsmethodik dar, wie auch geringe Ressourcen und wenig ausgeprägte Methodenvorkenntnisse.

In der vorliegenden Arbeit werden im Wesentlichen zwei Fragen erörtert (s. Bild 1-2):

- Wie erkennt der Entwickler seinen Bedarf an methodischer Vorgehensweise?
- Wie erreicht der Entwickler Routine in methodischer Vorgehensweise?

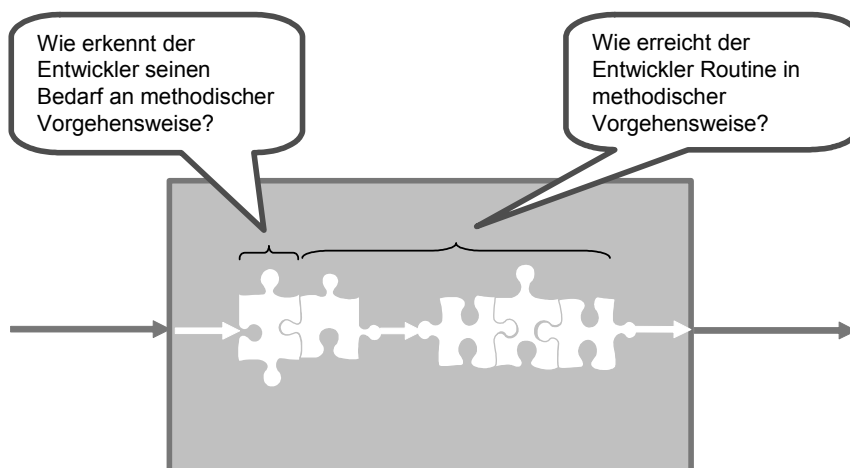


Bild 1-2: Schwerpunkte der Arbeit

Beim methodisch unterstützten Lösen technischer Probleme kann man auch allgemein vom „Problemlösen“ sprechen: „Nimm einen gegebenen Ausgangszustand, lege den gewünschten Zielzustand fest und finde die Operatoren, die den Ausgangs- in den Zielzustand überführen.“ (FUNKE 2003, S. 14). Je nach Situation kann dies zu einer großen Herausforderung für den Entwickler werden (zum Beispiel, wenn das Ziel nicht bekannt oder der Weg unklar ist).

Durch die in dieser Arbeit vorgeschlagenen Lösungsansätze soll ein Beitrag dazu geleistet werden, Entwickler zu einer zunehmend methodischen Problemlösefähigkeit zu verhelfen.

1.3 Aufbau der Arbeit

Vorweg soll ein Einblick in die wissenschaftliche Datengrundlage der Arbeit gegeben werden. Sodann erfolgt eine Übersicht über die Grundlagen der Arbeit. Anschließend wird ein Ausblick auf die Kapitelstruktur der Arbeit vorgenommen. Sie wurde im Umfeld des produzierenden Maschinenbaus erstellt und stellt demzufolge Lösungsansätze für dieses Gebiet dar. Ein Transfer auf andere Gebiete ist denkbar, wurde aber nicht gesondert untersucht.

1.3.1 Projektarbeit als Datengrundlage

Verschiedene wissenschaftliche Vorgehensweisen werden in der Forschung auf dem Gebiet der Entwicklungsmethodik sowohl angewendet als auch kontrovers diskutiert. Einen Überblick über verschiedene Vorgehensweisen geben beispielsweise BLESSING ET AL. (1998), PULM (2004, S. 53ff), SCHNEIDER (2001, S. 16ff; eine Tabelle über bestehende empirische Untersuchungen findet sich auf S. 24f) oder WULF (2002, S. 33ff). Einen guten Überblick über Vor- und Nachteile verschiedener Untersuchungsmethoden von Arbeitsprozessen geben BADKE-SCHAUB & FRANKENBERGER (2004, S. 46ff) oder GIAPOULIS (1998, S. 10ff).

Das Vorgehen zur Erarbeitung der vorliegenden Ergebnisse basiert auf der Projektarbeit mit Industriepartnern und Studenten. Die dabei gesammelten Erfahrungen haben zur Analyse, Synthese und Evaluation der Arbeit beigetragen. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse können allerdings nur auszugsweise in Form eines Methoden- und mehrerer Fallbeispiele dargestellt werden. Diese Erkenntnisse ergaben sich aus der Mitwirkung in Projektsituationen, insbesondere aus den Beobachtungen, Reflexionen, Diskussionen und dem Abgleich mit Erkenntnissen anderer Forschungen. Zusätzlich wurden einige empirische Beobachtungen von Entwicklungssituationen angestellt, beispielsweise als Beobachter von Studentengruppen bei deren Entwicklungen von Produkten.

Die Beeinflussung des Geschehens durch den Beobachter unterliegt innerhalb der Auseinandersetzung mit der Vorgehensweise zur Erforschung der Entwicklungsmethodik häufig der negativen Kritik (WULF 2002, S. 34ff). Sowohl als „stiller“ Beobachter als auch als mitwirkender Entwickler im Prozess könne eine Veränderung der Randbedingungen – und damit des Verlaufs der Entwicklung – nicht ausgeschlossen werden.

Reale Problemlöseprozesse unterliegen nach GRAMANN (2004, S. 5ff) einer unüberschaubaren Vielzahl an Faktoren. Deren Rolle und gegenseitige Beeinflussung ist immer noch aktueller Forschungsgegenstand der Psychologie. Die Auswertung in Anlehnung an die Frage „Was wäre gewesen wenn...?“ sei zwar spekulativ aber zugleich notwendig, um Beobachtungen bewerten und Thesen bilden zu können.

GRAMANN fasst zusammen, dass die Anerkennung dieser Forschungsmethode gegeben sei, wengleich dem Leser nicht erspart bleibe, Aussagen kritisch zu hinterfragen und mit eigenen

Erfahrungen zu vergleichen. WULF (2002, S. 35) spricht in diesem Zusammenhang von „Arbeitshypothesen“, da eine exakte Validierung und Verallgemeinerung nicht möglich sei.²

Die vom Autor bearbeiteten Projekte mit der Industrie sind in Bild 1-3 dargestellt, weitere Projektarbeiten am Lehrstuhl sind Bild 1-4 zu entnehmen.

Branche	Projektgegenstand	Erkenntnis	Bsp.
Zulieferer für Automobile	Entwicklung eines Verdecksystems für Cabriofahrzeuge	Eigene Anwendung von Methoden und Gegenüberstellung mit Vorgehen von langjährig erfahrenen Entwicklern	
Anlagenbau der Abwassertechnik	Entwicklung verschiedener Konzepte zur Feststoffentwässerung	Aufbau von Methodenkenntnis bei Entwicklern und Analyse von Schwierigkeiten bei der Methodenanwendung	A, B
Zulieferer für Schienenfahrzeuge	Konzeptüberarbeitung einer Bremssteuerung	Aufbau von Methodenkenntnis bei Entwicklern und Leistungsnachweis durch Methodik	B
Zulieferer für Schienenfahrzeuge	Neukonzipierung von Türsystemen	Methodisches Vorgehen in instabilen Gruppenprozessen	
Zulieferer in der Kommunikationstechnik	Prozessoptimierung des Verpackungswesens	Entwicklung einer individuellen Methode für das Unternehmen	F
Zulieferer für Automobile	Implementierung eines PDM-Systems	Methodenkombination zur Unterstützung des Wissenstransfers	C
Hersteller von Baumaschinen	Prozessunterstützung zum Wissensaustausch	Methodenkombination zur Unterstützung des Wissenstransfers	

Bild 1-3: Projektarbeit mit der Industrie als Datengrundlage

Projekt	Projektgegenstand	Erkenntnis	Bsp.
Konzipierung eines Entwicklerportals	Strukturerstellung des Portals	Strukturierung von Methoden und Methodeninhalten sowie Vermittlungskonzept für Methoden	
Aufbau einer „Digital Library“	Wissensplattform für die Produktentwicklung unter Einbindung neuer Medientechnologien	Beobachtung des Vorgehens von Entwicklern	D
konstruktive Studienarbeiten	Betreuung mehrerer Studienarbeiten zur Entwicklung von Produkten	Beobachtung und Anleitung zur Methodenanwendung	E
theoretische Studienarbeiten	Betreuung mehrerer Studienarbeiten zur Reflexion von Entwicklungsprozessen	Beobachtung des Vorgehens von Entwicklern	

Bild 1-4: Projektarbeit am Lehrstuhl als Datengrundlage

² Umfangreiche Erfahrungen mit der Beobachtung von Entwicklungsprozessen wurden am Center for Design Research (CDR) der Stanford University aufgebaut (BAYA 1996, ERIS 2002, TANG 1989)

In dieser Arbeit werden exemplarisch Erfahrungen aus den Projekten zur anschaulichen Darstellung der Inhalte herangezogen. Diese in Form eines Methoden- und mehrerer Fallbeispiele beschriebenen Entwicklungssituationen stellen nur einen Teil der Beobachtungen des Autors dar. Als Grundlage dienten darüber hinaus alle gesammelten Beobachtungen, insbesondere auch jene aus der Diskussion auf wissenschaftlicher Ebene mit Projektbeteiligten anderer Institute, Kollegen des Lehrstuhls und Studenten.

1.3.2 Erforderliches Grundverständnis für diese Arbeit

Was versteht man unter Produktentwicklung?

Im Zuge einer Produkterstellung erfolgt vor der Fertigung die Entwicklung des Produkts. In der Produktentwicklung werden die Produkteigenschaften, ausgehend von der Aufgabenstellung, festgelegt. Verschiedene Informationsträger werden erstellt, zum Beispiel Zeichnungen, Stücklisten oder Beschreibungen. Das Produkt wird dann aufgrund dieser Dokumentation in der Produktion materiell hergestellt (EHRENSPIEL 2003, S. 225).

Die Produktentwicklung wiederum lässt sich in einzelne Etappen einteilen, in denen die Produkteigenschaften nach und nach konkreter gestaltet werden. Eine dazu mögliche Einteilung ist „Planen“, „Konzipieren“, „Entwerfen“ und „Ausarbeiten“ (VDI 1997).

Unter vielen verschiedenen Tätigkeiten in der Produktentwicklung, wie zum Beispiel dem Zeichnen oder Berechnen, ist das Lösen technischer Probleme ein zentraler Aspekt. Zur Unterstützung wurden Methoden und Vorgehensmodelle entwickelt. Einige Vorgehensmodelle werden von LINDEMANN (2005, S. 31ff) vorgestellt. Aus den Methoden wurden sogar Schritte des Problemlösens abgeleitet und auf „elementare Tätigkeiten“ herunter gebrochen, wie zum Beispiel bei HUBKA & EDER (1992, S. 120), AMBROSY (1997) oder ZANKER (1999). Sie werden beispielsweise als „Sammeln“, „Strukturieren“ oder „Darstellen“ formuliert.

Das Lösen technischer Probleme kann mitunter sehr komplex werden, wenn sehr viele Faktoren die Situation beeinflussen können. Eine Voraussage von Veränderungen, hervorgerufen durch getroffene Maßnahmen, fällt aufgrund der vielen Faktoren nicht leicht. Durch Entwicklungsmethodik wird versucht, den Entwickler in derartigen Situationen zu unterstützen, damit die Situation für ihn beherrschbar wird und richtige Entscheidungen herbeigeführt werden können.

Was ist Entwicklungsmethodik?

Die Methodik, die für die Produktentwicklung bereitgestellt wird, kommt evolutionär gesehen aus den Bestrebungen, die Arbeit von Konstrukteuren erfassbar und optimierbar zu gestalten.³ Die Konstruktionsmethodik beschreibt konkrete Handlungsanweisungen zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme (PAHL ET AL. 2003, S. 10). Obwohl sich der Begriff der

³ Zur geschichtlichen Entwicklung der (internationalen) Entwicklungsmethodik finden sich Abrisse in HUBKA & EDER (1992, S. 37ff), PAHL ET AL. (2003, S. 12ff), PULM (2004, S. 73ff), ULLMAN (1997, S. 6ff) oder WULF (2002, S. 8ff).

„Konstruktionsmethodik“ zunächst etablierte, ist es inzwischen sinnvoller, von „Entwicklungsmethodik“ zu sprechen. Schließlich unterstützen die in dieser Wissenschaft behandelten Methodiken nicht nur die Phase der Konstruktion, sondern auch weitere Schritte bei der Entwicklung eines Produkts, etwa die Planung, Konzeptfindung oder Organisation. ANDREASEN & HEIN (1987) kreieren deshalb auch den Begriff „Integrated Product Development“. EHRENSPIEL (2003, S. 1) greift diesen Gedanken auf und spricht von der „integrierten Produkterstellungsmethodik“. HUBKA & EDER (1992, S. 15) beschreiben hierzu, dass man diesen Begriff (des Konstruierens stellvertretend für Handlungsabläufe in der Entwicklung von Produkten) besonders schwer in einem Unternehmen akzeptieren könne, in welchem die Abteilung „Konstruktion“ nur die letzte Phase des Konstruierens durchführt und an die Arbeit der Abteilung „Entwicklung“ anknüpft. Im Folgenden soll also der Begriff „Entwicklungsmethodik“ gelten. Bestehende Arbeiten unter dem Stichwort „Konstruktionsmethodik“ finden sich darin wieder.⁴

Was sind Methoden der Produktentwicklung?

Der Begriff „Methode“ taucht in den unterschiedlichsten Umfeldern auf. Selbst innerhalb des Ingenieurwesens gibt es verschiedene Verwendungen des Begriffs „Methode“, zum Beispiel als Bezeichnung von bestimmten Berechnungsverfahren oder statistischen Ermittlungen. Für die vorliegende Arbeit wird unter „Methode“ die Beschreibung eines regelbasierten und planmäßigen Vorgehens verstanden, nach dessen Vorgabe bestimmte Tätigkeiten auszuführen sind (LINDEMANN 2005, S. 48). Methoden bieten also dem Entwickler Unterstützung in seiner täglichen Arbeit. Da das Tätigkeitsspektrum eines Entwicklers sehr vielseitig ist, wurden folglich auch sehr viele und sehr unterschiedliche Methoden entwickelt. Sie unterscheiden sich darüber hinaus auch in ihrem Umfang, etwa in der Anzahl der regelbasierten Schritte. Bei umfangreicheren Methoden, vor allem wenn es sich bei einer Methode um die Kombination diverser Einzelmethode handelt, spricht man häufig von Methodik (LINDEMANN 2005, S. 49). Innerhalb der Entwicklungsmethodik gibt es folglich übergeordnete Methodiken und einzelne Methoden.

Warum wird Entwicklungsmethodik gebraucht?

Erfahrungen aus der industriellen Praxis zeigen, dass Entwicklungsfehler begangen werden, Zeitverzögerungen oder zusätzliche Kosten entstehen, die hätten vermieden werden können. Ein ursächlicher Grund dafür ist die Komplexität: Das betriebliche Geschehen ist derart komplex geworden, dass die „intuitiven“ Verhaltensweisen des Menschen allein zu dessen effektiver Bewältigung nicht mehr genügen (EHRENSPIEL 2003, S. 284). Bei DÖRNER (1989, S. 59ff) sind Kriterien für Komplexität zu entnehmen: Dynamik und Intransparenz seien typische Kennzeichen komplexer Situationen oder Systeme. GRABOWSKI & GEIGER (1997, S. 111) schreiben gar, dass die Produktentwicklungsmethodik energisch vorangetrieben werden

⁴ CROSS (1994, S. 19ff) fasst einige international praktizierte Ansätze der methodischen Darstellung von Entwicklungsprozessen zusammen.

müsse, um der zunehmenden Integration von Mechanik, Elektronik, Regelungstechnik und Software in technischen Erzeugnissen gerecht werden zu können. Von der Entwicklungsmethodik verspricht man sich also eine Verbesserung der zentralen Kriterien Kosten, Zeit und Qualität. Da der Mensch, beziehungsweise die Entwickler die Fäden einer Produktentwicklung in den Händen halten, gilt es, sie bei ihrer Tätigkeit zu unterstützen. Schließlich ist die Bewusstseinskapazität des Entwicklers begrenzt, weshalb er oft nur eine Teilmenge des zu bearbeitenden Problems gleichzeitig betrachten kann (HACKER 2002, S. 12f). In komplexen Situationen soll dem Entwickler ein systematischer Weg aufgezeigt werden, um beispielsweise von aufwändigem Versuch-Irrtums-Verhalten zu zielgerichtetem Handeln überzugehen.

CROSS (1994, S. 33ff) gibt einen Überblick über Sinn und Einsatzzweck von Methoden. Deren gemeinsamen Nenner sieht CROSS in der Formalisierung von bestimmten Vorgehensschritten (formalize certain procedures of design) und der Auslagerung von Denkvorgängen (externalize design thinking). Durch die Formalisierung würde man einem Übersehen wichtiger Aspekte entgegenwirken, ein eingengter Blick bei der Suche nach Lösungsideen könnte überwunden werden. Das Auslagern von Denkprozessen in Form einer strukturierten, dokumentierten Vorgehensweise ist eine Hilfe bei komplexen Problemen und fördert das Verständnis innerhalb eines Entwicklungsteams.

Dies wirft die Frage auf, wie die Entwicklungsmethodik dieser Aufgabe gerecht werden kann.

Was soll Entwicklungsmethodik leisten?

Damit konfrontierten GRABOWSKI & GEIGER (1997, S. 39) mehrere Unternehmen. Folgende Antworten wurden genannt:

- Verbesserung der Qualität des Forschungs- und Entwicklungsprozesses
- Verringerung der Iterationsschleifen im Prozessablauf
- Aufzeigen bereits vorhandenen Wissens
- Hilfestellung bei der Einhaltung von Termin- und Kostenzielen
- Ersparnis von Zeit und Kosten
- Unterstützung bei Dokumentationen
- Hilfestellung für technische und organisatorische Entscheidungen
- Sicherstellung kunden- und zielorientierter Entscheidungen
- Ermöglichen des Zugriffs auf untereinander verknüpfte Produktinformationen

Die Ziele der Entwicklungsmethodik werden auch von RUTZ (1985, S. 33) beschrieben. Er nimmt eine Strukturierung in vier wesentliche Bereiche vor:

- technische Ziele (zum Beispiel bessere oder neuartige Maschinen)
- organisatorische Ziele (zum Beispiel Prozessrationalisierung, interdisziplinäre Zusammenarbeit oder Steigerung der Kreativität)

- persönliche Ziele (zum Beispiel Hilfestellung in neuartigen Situationen, Nachvollziehbarkeit oder bessere Präsentation gegenüber Kunden)
- didaktische Ziele (zum Beispiel Konstruktion lehrbar machen oder Rationalisierung der Lehre)

Daraus erschließt sich bereits eine relativ umfangreiche Beschreibung der Motivation für Entwicklungsmethodik.

Nachdem in Unternehmen zuerst die Anforderungen an ein zu entwickelndes Produkt gestellt werden, nach denen der Entwickler das Produkt zu gestalten hat, schließt sich die Fragen an:

Ist durch die an das Produkt gestellten Anforderungen der Weg nicht schon vorgegeben? Hat der Entwickler nicht doch „richtig“ entwickelt, wenn die Anforderungen erfüllt wurden?

Diese Fragen sind berechtigt, da durch die an das Produkt gestellten Anforderungen tatsächlich eine Vorgabe und somit eine Erwartungshaltung an das Ergebnis besteht. Mit den vorgegebenen Anforderungen ist aber nicht nur ein Lösungsweg möglich. Ansonsten würde dies in letzter Konsequenz bedeuten, dass der Entwickler nur noch eine Auswertung der in den Anforderungen hinterlegten Informationen vornehmen würde. Er könnte die Anforderungen schrittweise durchgehen und dadurch die Produktgestalt so eingrenzen, bis eine den Anforderungen entsprechende Lösung verbleibt. Der Entwicklungsprozess entspräche einem reinen algorithmischen „Ausrechnen“ des Produkts und weniger einer von Kreativität geprägter Gestaltung des Produkts.

Tatsächlich aber enthalten die Anforderungen nicht „alles“. Durch sie sind zwar die Randbedingungen für die Entwicklung und das zu kreierende Produkt vorgegeben, jedoch müssen die Anforderungen immer noch interpretiert werden. Beispielsweise kann die Anforderung „einfache Bedienbarkeit der Maschine“ vielseitig ausgelegt werden und ist schwer in Zahlen zu fassen. Aufgrund der verschiedenen Interpretationsmöglichkeiten greift der Entwickler auf seine Erfahrungen zurück, die er zum Teil auch konkretisieren könnte: „Merkmal einer einfachen Bedienbarkeit ist zum Beispiel eine übersichtliche Anordnung der zu bedienenden Stellelemente“. Diese Erfahrung kann also anhand des konkreten Produkts interpretiert und damit formuliert werden.⁵

Es verbleibt trotz Vorgabe der Anforderungen ein Handlungsspielraum, der von verschiedenen Entwicklern unterschiedlich gut genutzt wird und gute von weniger guten Entwicklern unterscheidet.⁶ Man stelle sich hierzu das Schachspiel vor: Es gibt Regeln, die den Rahmen des Spiels komplett definieren. Damit spielt aber nicht jeder Spieler gleich. Erfahrungen,

⁵ SCHÖN (1987) (basierend auf SCHÖN (1983)) nennt diese Wissensanwendung „reflection-in-action“. Andererseits gibt es Erfahrungswerte, die nicht in Worte gefasst werden können. Das „Fahrradfahrenkönnen“ würde SCHÖN als „knowing-in-action“ bezeichnen.

⁶ HACKER (2002, S. 16f) schreibt den Leistungsstarken ein besonderes Vorgehen in den Bereichen „Art des Erfassens und Analysierens des Auftrags“, „Art der Suche von prinzipiellen Lösungsalternativen“ und „Art des rückkoppelnden Beurteilens der Lösungsschritte“ zu.

Strategien oder Spielmuster unterscheiden erfolgreiche von weniger erfolgreichen Spielern. Gute Spieler werden mehrere Spielzüge voraus denkend spielen. Entsprechend wird beispielsweise von Entwicklern erwartet, dass sie auch zukünftige Situationen, etwa das Verhalten des Produkts in bestimmten Situationen, abschätzen (BADKE-SCHAUB & FRANKENBERGER 1998).

Die Verschiedenheit der Entwickler hat hohen Einfluss auf die Interpretation der Anforderungen und damit auf den Verlauf des Entwickelns von Produkten. ULLMAN (1997, S. 47ff) nennt Unterscheidungsmerkmale von Entwicklern. Beispielsweise sei relevant, ob der Entwickler eher

- introvertiert oder extrovertiert ist,
- mit Fakten oder Möglichkeiten arbeitet,
- objektive oder subjektive Entscheidungen fällt, oder
- bestimmend oder flexibel ist.

Merkmale dieser Art sind Ursache dafür, dass unterschiedliche Personen trotz objektiv gestellter Anforderungen qualitativ unterschiedliche Ergebnisse erarbeiten. Mit der Entwicklungsmethodik sollen insbesondere Entwickler mit keiner oder geringer Methodenerfahrung animiert werden, ihr eigenes Arbeiten in der Entwicklung zu verbessern.

Ist belegt, dass Entwicklungsmethodik wirklich zum Erfolg führt?

Auf den Nutzen von Methodik verweist die Literatur. Hierzu einige Beispiele:

Angesichts der großen Bedeutung einer rechtzeitigen Entwicklung marktfähiger Produkte halten PAHL ET AL. (2003, S. 9f) ein Vorgehen zur Entwicklung guter Lösungen für nötig, das planbar, flexibel, optimierbar und nachprüfbar ist. Dieses Vorgehen kann laut der Autoren nur realisiert werden, wenn Konstrukteure über das notwendige Fachwissen hinaus methodisch-systematisch arbeiten können, wie es die Entwicklungsmethodik unterstützt.

GRABOWSKI & GEIGER (1997, S. 36) schlussfolgern auf Basis einer umfangreichen Industriebefragung, dass die Entwicklungsmethodik als überaus bedeutsam angesehen wird. Noch prägnanter auf den Punkt gebracht wird der Zusammenhang zwischen Methoden-anwendung und Erfolg unter Berufung auf EHRENSPIEL: „Die Bedeutung von Methoden als zielgerichtetes, planmäßiges Vorgehen ergibt sich aus der Beobachtung, dass erfolgreiches Handeln in praktisch allen Fällen methodengeleitet ist.“

GÜNTHER (1998, S. 33) argumentiert, dass aus methodischer Sicht der Konstrukteur zunächst mehrere prinzipielle Lösungsvarianten erarbeiten soll (Suchraumerweiterung), aus denen er in einem gesonderten Arbeitsgang die beste auswählen kann (Suchraumeinengung). So sei die Wahrscheinlichkeit größer, eine möglichst gut geeignete Lösung zu finden, als sich mit der erstbesten Lösung zufrieden zu geben. DYLLA (1991, S. 95) nennt diese Vorgehensweise "generierende Variation". Im Gegensatz dazu stehe die in der Praxis meist vorherrschende Arbeitsweise: Viele Konstrukteure arbeiten so lange an ihrer ersten gefundenen Lösung, bis sie auf Änderungsbedarf oder gar mangelnde Eignung der gewählten Lösung stoßen. Dann

korrigieren sie ihre Lösung oder suchen nach einer neuen. Diese Vorgehensweise bezeichnet DYLLA als "korrigierende Variation".

SCHNEIDER (2001, S. 5ff) zeigt eine Zusammenstellung sowohl positiver Aussagen als auch kritischer Stimmen über den Einfluss der Produktentwicklungsmethodik auf die Produktentwicklung. Die Diskrepanz der Aussagen sowie die mangelnde Darstellung der zugrunde liegenden Untersuchungen motivieren SCHNEIDER zu einer umfangreicheren Analyse des Methodeneinsatzes in der Praxis und damit zu einer wissenschaftlichen Absicherung.

BIRKHOFER (2004) geht explizit der Frage nach, ob Entwicklungsmethodik tatsächlich zum Erfolg führt. Er zeigt anhand anschaulicher Auswertungen von Produktentwicklungsbeispielen auf, welches Potenzial in der Entwicklungsmethodik steckt.

Ein überraschendes Ergebnis liefern JAHN ET AL. (2002): Eine Gruppe mit Kenntnissen aus der Vorlesung „Konstruktionsmethodik“ arbeitete parallel zu einer Gruppe ohne Vorlesungsbesuch. Bestimmte Maßnahmen, zum Beispiel eine Vorbefragung zur Erfassung der Kompetenzunterschiede in den Gruppen, erhöhte die Vergleichbarkeit. Anhand der erreichten Lösungsgüte stellte man fest, dass die methodisch arbeitende Gruppe ein schlechteres Ergebnis erzielte. Als Ursache hierfür erkannte man unter anderem die Doppelbelastung (Berücksichtigung der Befolgung der methodischen Anleitung und eigentlich zu lösende Aufgabe). JAHN ET AL. schlussfolgern, dass diese Erkenntnis eine Überprüfung des Vermittlungskonzepts erfordere.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass Entwicklungsmethodik zu erfolgreicher Produktentwicklung führen kann, aber nicht unbedingt führen muss; denn neben erfolgreicher Methoden-anwendung sind auch Misserfolge zu beobachten. Viele Ursachen für Fehlschläge liegen meist in den Schwierigkeiten, die sich bei der Anwendung ergeben.

Vielleicht sieht der Entwickler nach erstmalig erfolgter Methoden-anwendung auch deshalb keinen Nutzen, da er sein Vorgehen ohne diese ähnlich gewählt hätte. Ihm war bislang bei seiner erfolgreichen Arbeit nicht bewusst, dass er bereits im Sinne der Methodik voringing. Somit erscheint ihm die Methoden-anwendung im Rückblick als überflüssig.

1.3.3 Kapitelstruktur

Im Anschluss an dieses Kapitel soll ein Überblick über bekannte Probleme bei der Methoden-anwendung in Kapitel 2 gegeben werden. Basierend auf bestehenden Erkenntnissen aus der Literatur wurden die Ursachen ausbleibender Methoden-anwendung zusammengetragen und mit den Beobachtungen aus der Projektarbeit des Autors ergänzt und strukturiert.

Neuerkenntnisse werden im Analyseteil der Arbeit (Kapitel 3 und 4) anhand eines Methoden- und dreier Fallbeispiele aus der Projektarbeit des Autors dargestellt. Wie erkennt der Entwickler seinen Bedarf an methodischer Vorgehensweise? Als Analyse zu dieser Frage werden die Bedeutung und die Schwierigkeit bei der Bedarfserkennung methodischer Vorgehensweise in Kapitel 3 dargelegt.

Wie erreicht der Entwickler Routine in methodischer Vorgehensweise? Dazu wird in Kapitel 4 der Weg zu routinierter Anwendung von Methoden beschrieben. Die Routine kann durch das Verständnis für Bestandteile von Methoden aufgebaut werden.

Anschließend werden in Kapitel 5 die Lösungsansätze des Autors für die analysierten Problemstellungen im Syntheseteil dargestellt. Sie beinhalten reflexive Dialoge zur Steigerung der Bedarfserkennung methodischer Vorgehensweise – unnötige Iterationen⁷ im Vorgehen können dadurch vermieden werden – sowie das Arbeiten mit Denkbausteinen zum flexiblen Umgang mit Methoden.

Sowohl zur Beschreibung der generellen Problemstellung als auch für einzelne Schritte der Analyse und Synthese des Autors findet ein Abgleich mit dem Stand der Forschung statt. Demnach ist der Stand der Forschung nicht in einem Kapitel zusammengefasst. Vielmehr sind die Ausführungen dazu an der jeweiligen Stelle in der Arbeit platziert.

Schließlich werden in Kapitel 6 die Lösungsansätze einer Überprüfung anhand zweier weiterer Fallbeispiele unterzogen. Am Ende werden in Kapitel 7 die Ergebnisse der Arbeit zusammengetragen und ein Ausblick beschrieben. Bild 1-5 stellt die Kapitelstruktur schematisch dar.

Kapitel 1	Einleitung und Zielsetzung	Zielsetzung	Stand der Forschung
Kapitel 2	Ursachen ausbleibender Methodenanwendung in der Industrie	Bekannte Probleme	
Kapitel 3	Die Bedarfserkennung methodischer Vorgehensweise (Fallbsp. A und Methodenbsp. B) Der steinige Weg zur Routine in methodischer Vorgehensweise (Fallbeispiele C und D)	Analyse	
Kapitel 4			
Kapitel 5	Lösungsansätze	Synthese	
Kapitel 6	Anwendung der Lösungsansätze (Fallbeispiele E und F)	Evaluation	
Kapitel 7	Zusammenfassung und Ausblick	Zusammenfassung / Ausblick	

Bild 1-5: Kapitelstruktur der vorliegenden Arbeit

⁷ Unter Iterationen werden in diesem Zusammenhang Wiederholungen von Entwicklungsschritten verstanden. Iterationen wird in dieser Arbeit noch eingehende Aufmerksamkeit geschenkt.

1.4 Fazit dieses Kapitels

- Methodik kann Produktentwicklung verbessern, hat aber bislang wenig verbreitete Verankerung in der industriellen Praxis gefunden.
- Wesentliche Fragestellungen dieser Arbeit sind:
Wie erkennt der Entwickler seinen Bedarf an methodischer Vorgehensweise?
Wie erreicht der Entwickler Routine in methodischer Vorgehensweise?
- Anhand eines Methoden- und dreier Fallbeispiele werden die Analysen der Projektarbeit des Autors beschrieben. Die eigenen Lösungsansätze werden vorgestellt und in zwei weiteren Fallbeispielen überprüft.

2 Ursachen ausbleibender Methodenanwendung in der Industrie

Mögliche Ursachen ausbleibender Methodenanwendung wurden schon mehrmals in der Literatur beschrieben (EHRENSPIEL 1995, S. 6ff, GRABOWSKI & GEIGER 1997, ZANKER 1999, S. 48ff, GAUSEMEIER ET AL. 2000, S. 110ff, STETTER 2000, S. 44f, VIERTLBÖCK 2000, S. 22ff). Dennoch sollen an dieser Stelle diese und eigene Erfahrungen des Autors reflektiert, abstrahiert und zusammengefasst werden. Da nach wie vor Schwierigkeiten bei der Methodenanwendung bestehen und vorhandene Lösungsansätze offensichtlich noch unzureichende Unterstützung bieten, ist die Motivation für diese Betrachtung gegeben. Dabei können neue Zusammenhänge aufgedeckt und ein systematischer Überblick gegeben werden. Die Betrachtung erfolgt speziell aus der Sicht des einzelnen Entwicklers, weniger aus genereller Sicht der Methodenimplementierung auf Unternehmensebene.

2.1 Mangelnde Leistungsfähigkeit von Methoden

Einer der Hauptpunkte der Kritik an Entwicklungsmethodik ist die Kritik an den Methoden selbst: Die Leistung der Methodenanwendung bleibe hinter den Erwartungen des Anwenders zurück. Der Entwickler ginge in diesem Fall gerne methodisch vor, findet allerdings keine passende Methode für seine Situation. BIRKHOFER (2004) fügt dieser Diskussion bei, dass von Seite der Industrie auch unrealistische Vorstellungen existieren, welche die Entwicklungsmethodik nicht zu erfüllen in der Lage sei, zum Beispiel die Forderung nach Methoden ohne Zeitaufwand.

Verschiedene Ursachen können für die eingeschränkte Leistungsfähigkeit verantwortlich sein: Die Komplexität und Theorielastigkeit, die Starrheit und Unflexibilität, der hohe Aufwand und späte Return of Invest (ROI), der präskriptive Charakter und die fehlangenommene Allgemeingültigkeit. Bild 2-1 zeigt schematisch, dass eine bestimmte Methode nicht zwangsläufig zu einer vorliegenden Situation passt.

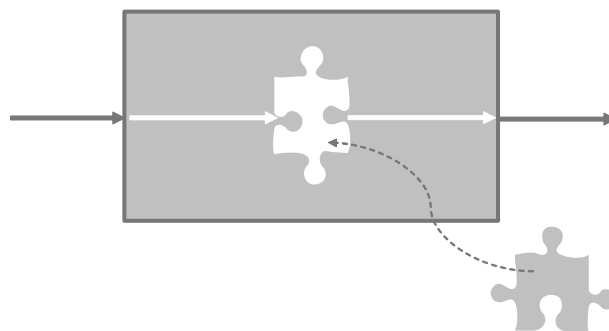


Bild 2-1: Mangelnde Leistungsfähigkeit von Methoden

2.1.1 Komplexität und Theorielastigkeit

Entwicklungsmethoden werden von potenziellen Anwendern in der Praxis teilweise als zu komplex empfunden. Die Komplexität rührt womöglich daher, dass der Entwickler seine eigene Situation auf ein abstraktes Niveau transferieren muss. So kann zum Beispiel eine Funktionsmodellierung⁸ erst dann gelingen, wenn der Entwickler sein Produkt als eine Kombination von Funktionen und Teilfunktionen sieht. ZANKER (1999, S. 51) beschreibt, dass Methoden von „Methodengegnern“ als zum Teil „nicht praxisnah“, „kompliziert“ und „theorielastig“ beschrieben werden, da die abstrakte Formulierung die Anwendung erschwere. Diese Aussage untermauern zum Beispiel GRABOWSKI & GEIGER (1997, S. 47). Dabei spielen neben der Beschreibung die Darstellung und Visualisierung, vordefinierte Funktionen und durchgängige Beschreibungs- und Darstellungsformen (einheitliche Begriffe) eine wichtige Rolle (ZANKER 1999, S. 54).

Viele Entwicklungsmethoden und unterstützende Werkzeuge (zum Beispiel Rechnerprogramme) entstanden und entstehen durch Forschungen an Hochschulen. Dies beeinflusst prinzipiell das Ergebnis der Methodenentwicklung (VIERTLBÖCK 2000, S. 22). Während Handlungen in Entwicklungsabteilungen in der Industrie primär durch das Lösen eines technischen Problems unter Zeit- und Kostendruck geprägt sind, können in der Forschung unterschiedliche Ursachen als Handlungsmotivation gelten. Kenntnisse über neu entdeckte, noch ungenutzte technische Effekte etwa werfen die Frage auf: „Wie kann dieser Effekt eingesetzt werden?“ In diesem Fall wird aus einer Idee die Frage nach dem Bedarf abgeleitet, während in der Industrie vorwiegend aus einem Bedarf die Frage nach einer Lösungsidee resultiert.

2.1.2 Starrheit und Unflexibilität

Methoden sind in vielen Fällen zu starr, um sie erfolgreich in einer aktuellen Situation anwenden zu können. Die konkrete Aufgabenstellung wird nicht wirksam unterstützt (ZANKER 1999, S. 3 und S. 51f). Zur Starrheit trägt der didaktische Aufbau der Beschreibung der Anwendung bei. Um vor allem Entwicklern mit wenig Erfahrung mit Methoden eine verständliche Unterstützung zu bieten, ist die Anwendung der Methode in Vorgehensschritte oder Regeln gefasst. Diese machen Methodenanwendung zwar einerseits einfacher, andererseits jedoch ist das vorgegebene Vorgehen nicht immer passend, weshalb es dann notwendig werden kann, das Vorgehen wieder aufzubrechen und an die Situation zu adaptieren. Die Starrheit der Methode kann so zur Unflexibilität führen. GRAMANN (2003, S. 52ff) beschreibt am Beispiel des Brainstormings⁹, dass Methoden den unerfahrenen Entwicklern helfen, erfahrenen Entwicklern möglicherweise wenig Zusatznutzen brächten.

⁸ Funktionsmodelle bilden Eigenschaften und Relationen von Produkten/Systemen auf abstrakter Ebene ab. Sie dienen der Strukturierung komplexer Gesamtfunktionen in einfachere, leichter zu bearbeitende Teilfunktionen (LINDEMANN 2005, S. 238).

⁹ Brainstorming ist eine Kreativitätsmethode, mit deren Hilfe in kurzer Zeit möglichst viele, auch unkonventionelle Lösungsideen produziert werden sollen (LINDEMANN 2005, S. 226).

Die Entwicklungsmethodik befindet sich sozusagen in einem Zielkonflikt: Zum einen soll der Entwickler möglichst spezifisch unterstützt werden, zum anderen muss eine Vorgehensanweisung bewahrt bleiben, will man den mit Methoden unerfahrenen Entwickler hilfreich zur Seite stehen.¹⁰ Beispielsweise wird bei BRAUN (2004) im Rahmen der strategischen Produkt- und Prozessplanung – auf Kosten einer individuellen Methodenunterstützung – bewusst der Schwerpunkt auf die rezeptartige Bereitstellung von Methoden gelegt, um Anwendern die schnelle Verwendung der Methoden zu erleichtern.

2.1.3 Hoher Aufwand und später Return of Invest (ROI)

Das erstmalige Anwenden von Methoden bedarf einer Einarbeitung. Da neue Vorgehensweisen angeeignet werden sollen oder gar Prozesse verändert werden, kann die Einarbeitung sehr umfangreich ausfallen. Praxisstimmen kritisieren den zu hohen Aufwand der Methodenanwendung (ZANKER 1999, S. 54, GRABOWSKI & GEIGER 1997, S. 47).

Interessanterweise ist das Ziel vieler Methoden aber die Einsparung von Entwicklungszeit, beispielsweise durch Vermeidung von Fehlern und damit aufwändigen Änderungen des Produkts in späteren Phasen des Entwicklungsprozesses. Die Kritik an den Methoden bezieht sich hier eigentlich auf den langfristigen Return of Invest (ROI), also den zeitlich zu weit entfernten Nutzen. Es wird dem Entwickler ein Aufwand an Denkprozessen abverlangt, deren Nutzen für ihn nicht unmittelbar erkennbar ist. Der zu weit entfernt liegende, mögliche Nutzen seiner gedanklichen Investitionen lässt ihn auf den Griff zur Methodik verzichten.

Hinzu kommt, dass der Nutzen von Methoden generell sehr undurchsichtig ist, da er sich meist nur schwer quantifizieren lässt. Es ist schwierig zu beschreiben, welcher zeitliche und finanzielle Aufwand gespart wurde, wenn zum Beispiel die nicht weiterverfolgten Lösungsideen eines Entwicklungsprojekts zur möglichen Verwendung in späteren Projekten dokumentiert wurden. Die geringe Transparenz des Nutzens von Methoden lässt Entwickler skeptisch werden und sie von der Anwendung womöglich Abstand nehmen (GAUSEMEIER ET AL. 2000, S. 111).

2.1.4 Präskriptiver Charakter

An dieser Stelle bedeutet „präskriptiver Charakter“, dass Methodenbeschreibungen, vor allem deren Regelschritte zur Anwendung, auf Vorschriften beruhen. Auch GÜNTHER (1998, S. 21) und ZANKER (1999, S. 51) verwenden den Begriff des „präskriptiven Charakters“ und formulieren, dass sich Methoden nicht an der Art und Weise orientieren, wie der Mensch tatsächlich arbeitet, sondern vorgeben, wie er arbeiten soll. Der Mensch denke über Ketten von assoziierten Bildern, Begriffen oder Erinnerungen. Daher könne eine logisch aufgebaute Methode niemals dem wirklichen Gedankenablauf entsprechen. Der individuelle Arbeitsstil des Entwicklers werde in Methoden nicht berücksichtigt (GÜNTHER 1998, S. 21). WULF

¹⁰ Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die Geschichte der Entwicklungsmethodik: Ursache für starre Vorgaben könnten in der ursprünglichen Absicht, Konstruktion zu „standardisieren“, liegen (WULF 2002, S. 10).

(2002, S. 98) spricht vom formalen Vorgehen laut Methodik, das noch nicht im Einklang mit der Subjektivität der Entwickler stehe.

Durch den streng regelbasierten Aufbau von Methoden entsteht der Eindruck, dass dem Vorgehen zwanghaft gefolgt werden muss. Dem kreativen Schaffen eines Entwicklers wird ein auf Regeln basierendes Abarbeiten einzelner Schritte entgegengesetzt. Der Entwickler muss sich womöglich „verbiegen“, um die Methode einsetzen zu können. Wenngleich bestimmte Methoden eine Korrektur des Vorgehens hin zur Systematik beabsichtigen und damit zur Bearbeitung von Vorgehensschritten zwingen, wird damit unter Umständen ein Ablehnungsgrund riskiert.

2.1.5 Fehlangenommene Allgemeingültigkeit

Ergebnisse von Forschungsarbeiten erheben oft den Anspruch, „die“ Lösung für das betrachtete Problem zu sein (BIRKHOFER 2004). Die vielfältigen Einflussfaktoren bei der Methodenanwendung führen jedoch dazu, dass Methoden im einen Fall hervorragende Ergebnisse liefern, im anderen Fall nur unzureichenden Nutzen bringen. Den vielfältigen Einflussfaktoren, die in ihrer Gesamtheit eine Situation ergeben (etwa die Vorkenntnisse des Anwenders, die Eigenschaften des zu entwickelnden Produkts oder die Randbedingungen des Unternehmens), wurde unzureichende Aufmerksamkeit geschenkt, oder sie konnten nicht alle bei der Methodenentwicklung berücksichtigt werden. Die in Unternehmen auftauchenden Probleme, die durch Methoden bearbeitet werden sollen, sind extrem unterschiedlich.

Es gibt kritische Stimmen, die den Methoden zu geringe Berücksichtigung der speziellen Bedürfnisse der Praxis anlasten (ZANKER 1999, S. 51, AMBROSY 1997, S. 4). Aus den übergeordneten Methoden müsse die spezielle, angepasste Methode für die jeweilige Situation abgeleitet werden (EHRENSPIEL 2003, S. 8f). Dies gestalte sich für unerfahrene Methodenanwender äußerst schwierig (GÜNTHER 1998, S. 22).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass „Standardprobleme“ in der Praxis nur selten existieren. Entsprechend entstehen die Schwierigkeiten, „Standardlösungen“, also allgemein gültige Methoden, anbieten zu können.

2.2 Subjektiv fehlende Verfügbarkeit von Methoden

Eine weitere Ursache für ausbleibende Methodenanwendung ist, dass aus der subjektiven Sicht des Entwicklers keine Methoden verfügbar sind. Obwohl adäquate Methoden für die vorliegende Situation des Anwenders objektiv existieren, erfolgt in diesem Fall kein Zugriff auf die Methoden. Der Entwickler weiß zwar, dass er methodischer vorgehen könnte, sieht aber keine verfügbare Methode zur Unterstützung seiner Situation (s. Bild 2-2). Ausschlaggebend hierfür können die Unwissenheit, die Unverständlichkeit oder die Fehleinschätzung des Entwicklers bezüglich Methoden sein.

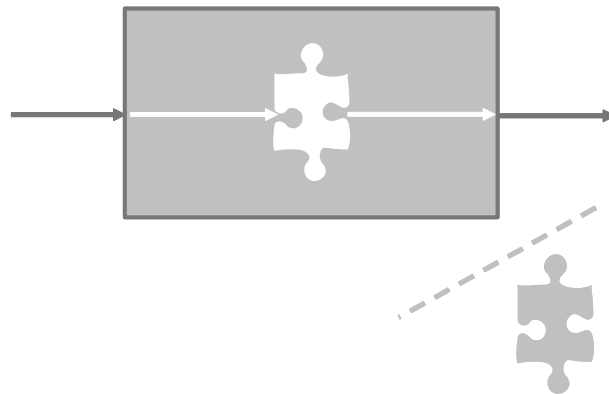


Bild 2-2: Subjektiv fehlende Verfügbarkeit von Methoden

2.2.1 Unwissenheit

Sowohl die Zusammenarbeit mit Industriepartnern als auch konkrete Befragungen mit deren Mitarbeitern zeigten, dass an vielen Stellen das Wissen über Methoden wenig verbreitet ist. Diese geringe Kenntnis lässt darauf schließen, dass weder in der Ausbildung methodische Entwicklung gelernt wurde, noch im Beruf eine bewusste Konfrontation mit Methoden stattfand. Entwickler haben demzufolge Schwierigkeiten, nach Methoden zu suchen. Schließlich ist ein Grundverständnis für Entwicklungsmethodik vonnöten, um zum Beispiel gezielt passende Literatur für eine Situation finden zu können. Darüber hinaus fehlt oft die Kenntnis über weitere Zugriffsmöglichkeiten auf Methoden. Die Information, wer im Unternehmen welche Methoden schon einmal durchführte, ist dem Entwickler oftmals unbekannt. Diese Form der Verfügbarkeit wird generell als Informationsquelle vielfach unterschätzt. Gerade die persönliche Weitergabe der Erfahrungen mit der Methode jedoch brächte wertvolles Wissen für den Suchenden. Ebenso herrscht noch Unkenntnis über die Möglichkeiten, in Literatur und Internetseiten fündig zu werden. Eventuell auch deshalb, weil man im umfangreichen Informationsangebot die „Stecknadel im Heuhaufen“ suchen muss.

2.2.2 Unverständlichkeit

Liegen die Informationsquellen zu Methoden zwar vor, so kann dennoch ein subjektives Defizitempfinden vorliegen. Dies ist dann der Fall, wenn die Beschreibung der Methode für den Entwickler nicht verständlich ist. Für ihn differiert die Sprache der Entwicklungsmethodik zu stark von seinem eigenen Sprachgebrauch. Begriffe können anders belegt sein: Der Autor stellte in Zusammenarbeiten mit der Industrie fest, dass allein der Begriff „Methode“ völlig unterschiedlich gehandhabt wird. Ein Entwickler assoziiert mit „Methode“ beispielsweise eine Fertigungsmethode, etwa das Laserschneiden in der Blechverarbeitung. Diese Sprachbarrieren führen schnell zu Unverständnis und lassen die Methode als weit entfernt vom eigenen Problem erscheinen, das heißt für den Entwickler sind sie nicht verfügbar. Die Unverständlichkeit kann mitunter der Methodenbeschreibung selbst angelastet werden, da bei der Formulierung zu wenig Rücksicht auf Entwickler mit wenig Erfahrung mit Methoden genommen wurde. ZANKER (1999, S. 3) sieht darin eine Ursache für „falsche“ Methoden-anwendung.

2.2.3 Subjektive Fehleinschätzung

Der Entwickler kann nach Betrachtung der Methodenbeschreibung zu dem Schluss kommen, die Methoden passen nicht zu seiner Situation, obwohl oder gerade weil er den Eindruck hat, genügend und verständlichen Inhalt durch die Methodenbeschreibungen erfahren zu haben. Die Methode wäre zwar objektiv betrachtet die adäquate Unterstützung für seine Situation, subjektiv jedoch sind für den Entwickler keine verfügbaren Methoden vorhanden. Gerade dieser Effekt ist in der Praxis häufig anzutreffen, wie auch relativ komplizierte Methoden von Entwicklern vorschnell als unpassend abgestempelt werden.

2.3 Mangelnde Möglichkeiten zur Einschätzung der Methodenleistung

Sind Methoden für den Entwickler verfügbar, die seine Situation unterstützen könnten, so kann es dennoch passieren, dass er nicht die adäquate Methode identifiziert. Trotz der Beschreibung kann der Entwickler zur Auswahl einer Methode deren Leistung für seine Situation nicht einschätzen oder die Bewertung von Nutzen und Aufwand nicht vornehmen (s. Bild 2-3).

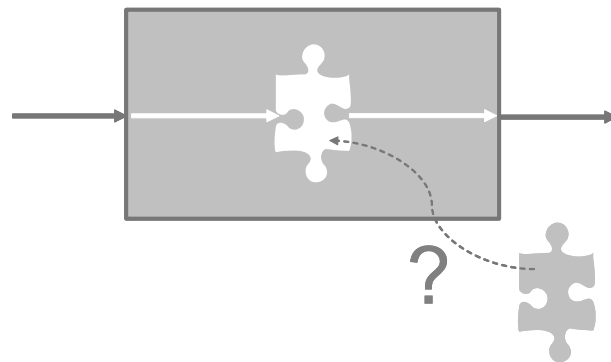


Bild 2-3: Mangelnde Möglichkeiten zur Einschätzung der Methodenleistung

2.3.1 Schwierigkeit der Einschätzung

Das Ergebnis einer Methodenanwendung ist nur selten klar zu beurteilen. Wie wirkungsvoll ist diese Methode gewesen? Diese Fragestellung kann am Ende einer Methodenanwendung kaum beantwortet werden (EHRENSPIEL 2003, S. 8). Neben dem direkten Ergebnis einer Methodenanwendung, zum Beispiel der Anzahl generierter Lösungsideen, zählen auch Nebenwirkungen zu den Erfolgen (LINDEMANN 2005, S. 49). Beispielsweise kann eine in der Gruppe angewandte Methode den Zusammenhalt der Gruppe in künftigen Aufgaben fördern. Eine gefundene Lösungsidee wird zwar nicht unmittelbar genutzt, in einem späteren Projekt erinnert man sich jedoch an sie und kann sie dort als geeigneten Baustein auf dem Weg zu einer innovativen Lösung verwenden.

Zahlreiche Einflussfaktoren bestimmen den Verlauf der Methodenanwendung. VIERTLBÖCK (2000, S. 98) gibt einen Überblick über deren Vielfalt, wie zum Beispiel die Eignung für das Produkt, die Eigenschaften des Anwenders oder die Unternehmenskultur. LINDEMANN (2002)

beschreibt generell den Bedarf der Einschätzung der Methodenleistung, da beispielsweise neue Methoden im Vorfeld beurteilt werden sollen, um dem Anwender Qualitätsmerkmale vermitteln zu können.

Von vornherein festzulegen, was eine Methode prinzipiell zu leisten vermag, ist schwer möglich. Erst der Kontext, in dem die Methodenanwendung steht, ergibt ein klareres Bild über die zu erwartenden Wirkungen. Verständlicherweise wird die Information über die Leistung einer Methode von Entwicklern gewünscht; denn daran kann man sich bei der Auswahl der Methode orientieren. Methoden jedoch prinzipielle Leistungen zuzuschreiben, gelingt nur in begrenztem Maße.

2.3.2 Fehlende Bewertungsmöglichkeit von Nutzen und Aufwand

Ist der Aufwand für den Einsatz dieser Methode gerechtfertigt? Vor dieser Frage stehen nicht nur Entwicklungsabteilungen, etwa bei der Entscheidung über die Einführung der Methode FMEA¹¹. Ebenso wird jeder einzelne Entwickler bei Methoden, die nicht zu seinen routinierten Abläufen zählen, überdenken, ob er den Aufwand, wie beispielsweise die Einarbeitungszeit oder die „Abarbeitung“ der Methode, investieren möchte. Bei derartigen Überlegungen wird der Nutzen der Methode dem Aufwand gegenübergestellt.

Bis zur Entscheidung über die Einführung einer obligatorischen FMEA in generell jedem Entwicklungsprojekt wird die Entscheidungsfindung sicher sehr aufwändig ausfallen. Beim individuellen Arbeiten dagegen kann die Entscheidung in kurzen Momenten, sogar unterbewusst, getroffen werden. In jedem Fall aber ist die Bewertungsmöglichkeit von Nutzen und Aufwand Voraussetzung, um eine rationale Entscheidung treffen zu können. So würde eine Funktionsmodellierung der Bauteilbeziehungen bei einem komplexen Produkt (zum Beispiel einem Flugzeug) im Gegensatz zu einem simplen Produkt (zum Beispiel einem Wasserkocher) sehr umfangreich ausfallen. Daran ist erkennbar, dass der Aufwand für die Methode „Funktionsmodellierung“¹² nur schwer zu bestimmen und zuzuweisen ist.

Hinzu kommen weitere Abhängigkeiten, wie zum Beispiel die Vorkenntnisse des Anwenders oder das verfolgte Ziel der Anwendung. Auch die Funktionsmodellierung des Flugzeugs könnte einfach ausfallen, wenn man zum Beispiel nur die wesentlichen Ruderwerke abbildet. Da eine objektive Bewertung von Nutzen und Aufwand im Voraus nur schwer möglich ist, sieht auch ZANKER (1999, S. 50) darin eine Ursache der zum Teil zurückhaltend praktizierten Methodenanwendung.

¹¹ Ziel der Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) ist die frühzeitige Vermeidung eines Produkt- sowie Prozessversagens (LINDEMANN 2005, S. 234f).

¹² Das Erstellen von Funktionsmodellen fördert das Verständnis für das zu entwickelnde System und die gewünschte Struktur. Das Verhalten des Systems wird in geeigneter Form abgebildet (LINDEMANN 2005, S. 238f).

2.4 Mangelnde Auswahlmöglichkeiten der adäquaten Methode

Obwohl dem Anwender der Einsatzzweck von Methoden klar ist, ist er unter Umständen nicht in der Lage, eine adäquate Methode für seine Situation auszusuchen. Die Entscheidung, welche Methode er unter verschiedenen, potenziell geeigneten Methoden anwenden soll, fällt ihm schwer (s. Bild 2-4). Die Gründe hierfür sind die unterschiedlichen Strukturierungsansätze von Methoden, die fehlende Navigationshilfe und die Verschiedenartigkeit der Methoden.

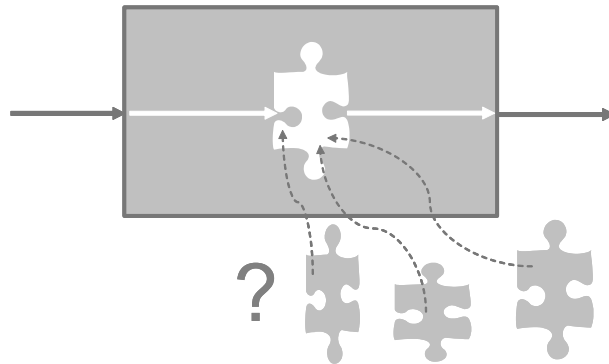


Bild 2-4: Mangelnde Auswahlmöglichkeiten der adäquaten Methode

2.4.1 Unterschiedliche Strukturierungsansätze

In der Entwicklungsmethodik wurden schon zahlreiche Versuche unternommen, die vorhandenen Methoden zu strukturieren. EHRENSPIEL (2003, S. 319) orientiert sich an dem von ihm vorgestellten „Vorgehenszyklus“ (Aufgabe klären – Lösungen suchen und darstellen – Lösung auswählen) und Produktlebensphasen (von Produktverfolgung bis Entsorgung). Durch diese beiden Strukturierungen wird eine Matrix „aufgespannt“, deren Felder sich Methoden zuordnen lassen. Zusätzlich definiert EHRENSPIEL (2003, S. 688ff) eine grobe Gliederung in „allgemein anwendbare Methoden“, „organisatorische Methoden“ und „sachgebundene Methoden“. PAHL ET AL. (2003, S. 740ff) stellen eine ähnliche Matrix dar, womit Methoden bestimmten Arbeitsschritten zugeordnet werden.

LINDEMANN (2005, S. 39ff) entwickelte den Vorgehenszyklus zum Münchener Vorgehensmodell (MVM) und berücksichtigt damit eine flexible Anwendung. Durch zugeordnete, typische Fragestellungen „landet“ der Entwickler an der entsprechenden Stelle des MVM und bekommt adäquate Methoden zugewiesen.

An der TH Karlsruhe wurde das MAP-Tool entwickelt (PARAL 2004), womit Methoden durch die Phasen des Produktinnovationsprozesses strukturiert werden. GRAMANN (2003, S. 45) schlägt vor, Methoden in operative und didaktische Methoden zu unterteilen. Bei PULM (2004, S. 115) findet sich ein weiterer Vorschlag, Methoden hinsichtlich des Ziels der Anwendung zu klassifizieren.

In vielen weiteren Ansätzen wurden Methoden nach unterschiedlichen Gesichtspunkten sortiert. ZANKER (1999, S. 46) fasst einige hier vorgestellte und weitere Strukturierungsansätze zusammen.

Nach wie vor haben vor allem mit Methoden unerfahrene Entwickler Probleme, die für ihre Situation adäquate Methode zu identifizieren. Zum einen sind die Strukturierungsansätze aus unterschiedlichen Sichtweisen entstanden und decken damit nicht das ganze Methodenspektrum ab. Zum anderen verbleibt selbst durch Strukturierungsansätze immer noch innerhalb jeder Struktur ein „bunter Strauß“ an Methoden. Werden beispielsweise Methoden zur Auswahl von Lösungsalternativen gesucht, so können zwar spezielle Bewertungsmethoden identifiziert werden, die Auswahl der passenden Bewertungsmethode ist aber nach wie vor stark von der Methodenkenntnis des Anwenders abhängig. In vielen Fällen bleibt keine Zeit, sich in das Spektrum der Methoden einzuarbeiten, um dann eine Methode auszuwählen. Strukturierungsansätze bieten zudem nur eine Struktur in den Methoden, aber noch keine Hinführung zur adäquaten Methode.

2.4.2 Fehlende Navigationshilfe

An die bekannte Redensart „den Wald vor lauter Bäumen nicht sehen“ mag sich der eine oder andere Entwickler bei der Auseinandersetzung mit Entwicklungsmethodik erinnern. Sehr viele und sehr unterschiedliche Ansätze wurden unter dem Begriff „Methode“ gesammelt. Zusätzlich zum Angebot der Strukturierung muss der mit Methoden unerfahrene Entwickler auch zur adäquaten Methode navigiert werden. ZANKER (1999, S. 53) beschäftigte sich mit der Einordnung von Methoden und kommt zu dem Schluss, dass diese nach den einschlägigen Methodensammlungen (zum Beispiel nach Entwicklungsphasen oder Problemlöseschritten) für eine sinnvolle Auswahl zu grob und zu wenig situationsbezogen ist.

Wie kann zur Unterstützung der Auswahl eine Vergleichbarkeit von Methoden hergestellt werden? BIRKHOFFER ET AL. (2001) stellen ein Beschreibungsmodell für Methoden vor. In Zusammenarbeit des Lehrstuhls für Produktentwicklung an der TU München mit Lehrstühlen an den Universitäten in Darmstadt, Zürich und Karlsruhe wurde der Versuch unternommen, Entwicklungsmethodik strukturiert in einem webbasierten System abzulegen. BERGER (2004, S. 174ff) geht detailliert auf das Beschreibungsmodell ein. Methoden sind darin nach bestimmten Kriterien charakterisiert. Das Beschreibungsmodell liefert eine erste Vergleichbarkeit von Methoden, da zum Beispiel der Zweck, das erreichbare Ergebnis und die Anwendervoraussetzungen der Methode hinterlegt sind. Eingebunden in die am Lehrstuhl für Produktentwicklung entwickelte Internetplattform CiDaD[®] (Competence in Design and Development[®]) werden dadurch Methodeninhalte in strukturierter Form angeboten (LINDEMANN ET AL. 2004). Ansätze, wie man in der Plattform CiDaD[®] den Anwender zur Methode leitet, werden noch erforscht. Die Lösung beschränkt sich bislang auf eine Anlehnung an die Struktur des Münchener Vorgehensmodells und eine alphabetische Liste von Methoden.

Die Möglichkeit, Entwicklern ein Set an Methoden anzubieten, das sie mit einfachen Mitteln durchschauen können, wurde in einem Forschungsprojekt mit und für KMU gesucht. Unter Mitwirkung des Autors der vorliegenden Arbeit entstanden so genannte „Methodenblätter“ (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN 2003). Darin wurde versucht, den Umfang von Methodenbeschreibungen auf eine Seite zu reduzieren und durch ein Bewertungsschema eine Navigationshilfe herzustellen.

BRAUN & LINDEMANN (2003) stellen als Ergänzung zum Münchener Vorgehensmodell das Münchener Methodenmodell (MMM) vor. Es fasst die Schritte zur Klärung des Einsatzes, zur Auswahl, zur Adaption und zur Anwendung von Methoden sowie ihre grundsätzlichen Eigenschaften zusammen (LINDEMANN 2005, S. 50). BRAUN konkretisiert diesen Ansatz für die ersten Phasen einer Produktentwicklung, der „Strategischen Produktplanung“ (BRAUN ET AL. 2004).

Die Entwicklung einer Navigationshilfe durch den „Methodendschunel“ ist nach wie vor ein nicht leicht zu erforschendes Gebiet. Eine Schwierigkeit liegt sicher in der Abhängigkeit vieler bestimmender Faktoren der Methodenanwendung, wie beispielsweise die vorliegende Situation, die Randbedingungen, die vorhandenen Hilfsmittel, die Qualifikation und Vorlieben des Anwenders oder das Image der Methode.

2.4.3 Verschiedenartigkeit des Methodenumfangs

Eine weitere Schwierigkeit bei der Auswahl der adäquaten Methode ist die Verschiedenartigkeit des Umfangs der Methoden. Das Methodenspektrum beginnt bei Methoden zur Anregung des Denkprozesses, wie etwa die Abstraktion¹³. Dem Individuum stehen außerdem überschaubare, schnell anwendbare Methoden zur Durchführung einer Handlung zur Verfügung, wie etwa ein paarweiser Vergleich¹⁴. Methoden können aber auch ein ganzes Team über Wochen und Monate beschäftigen, denkt man zum Beispiel an die Szenariotechnik oder ein Benchmarking.¹⁵

Einblicke des Autors in die Praxis bestätigen, dass der mit Methoden unerfahrene Entwickler sich dieser Bandbreite nicht bewusst ist. Selbst wenn ihm die Verschiedenartigkeit klar wäre, so könnte er ohne Methodenkenntnis den unterschiedlichen Aufwand der Methodenanwendung nicht auf Anhieb erkennen. Dies kann zum Scheitern der Anwendung führen: Wird zum Beispiel der Aufwand einer Funktionsmodellierung hoffnungslos unterschätzt, wäre es unbefriedigend, eine unvollständige Anwendung nach Investition eines hohen Aufwandes abgebrochen zu haben.

Den Umfang von Methoden zu beschreiben, ist ein kritisches Unterfangen. Das prinzipielle Konzept einer Methode lässt vielleicht errahnen, wie viele Schritte notwendig sind, um diese Methode durchzuführen. In der situativen Anwendung jedoch kann der Umfang noch wesentlich unterschiedlicher ausfallen.

¹³ Abstraktion beinhaltet die Konzentration auf die wesentlichen Aspekte und die Reduzierung der Detailinformationen (LINDEMANN 2005, S. 218f).

¹⁴ Beim paarweisen Vergleich werden Objekte hinsichtlich eines bestimmten, bei allen Objekten ausgeprägten Kriteriums in einer Rangfolge aufgestellt (LINDEMANN 2005, S. 256).

¹⁵ Mithilfe der Szenariotechnik werden auf Basis der gegenwärtigen Situation alternative Zukunftsmodelle erarbeitet (LINDEMANN 2005, S. 274f). Beim Benchmarking wird identifiziert, welches Unternehmen in welcher Hinsicht das branchenbeste ist, um aus diesem Wissen zu profitieren und daraus Anregungen für Verbesserungen im eigenen Unternehmen zu gewinnen (LINDEMANN 2005, S. 221f).

2.5 Mangelnde Adaption der ausgewählten Methode auf das jeweilige Problem

Die Unterschiedlichkeit der Situationen in Entwicklungsprozessen erfordert eine Adaption der Methode auf das jeweilige Problem. Nicht immer können Methoden so abgearbeitet werden, wie es in der Beschreibung vorgesehen ist (s. Bild 2-5). Der Entwickler kann Schwierigkeiten damit haben, die Methode auf sein spezielles Problem zu adaptieren beziehungsweise Methoden zu kombinieren (JÄNSCH & BIRKHOFFER 2004). Gründe hierfür sind, dass Methoden zu allgemeine Lösungen für nicht allgemeine Probleme sind und Methoden einen intuitiven Anteil beinhalten.

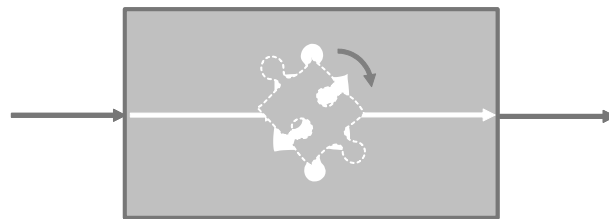


Bild 2-5: Mangelnde Adaption der ausgewählten Methode auf das jeweilige Problem

2.5.1 Zu allgemeine Lösungen für nicht allgemeine Probleme

Bei der Adaption der Methode auf spezielle Probleme der Situation tritt ein Effekt aus der Herkunft der Methoden zu Tage: Methoden wurden als allgemeine Vorgehensweisen entwickelt, um zum Beispiel Prozesse zu formalisieren oder Abläufe zu strukturieren. Sie sollen in vielen Situationen anwendbar sein und damit eine mehr oder weniger ausgeprägte Allgemeingültigkeit haben. Ansonsten gäbe es ja im Idealfall für jeden Vorgang eine eigene Methode, abhängig von den Randbedingungen der jeweiligen Produktentwicklung, den Eigenschaften des Unternehmensumfeldes oder den Personeneigenschaften des Entwicklers. Allgemeine Lösungen für individuelle Entwicklungssituationen stehen sozusagen im Zielkonflikt; denn Probleme sind alles andere als allgemein.

Auf abstraktem Niveau hingegen kann man durchaus von „Problemkategorien“ sprechen und damit Methoden für eine Problemkategorie anbieten. Allerdings, wie auch von ZANKER (1999, S. 3) oder AMBROSY (1997, S. 4) beschrieben, ist die Anpassung der Methoden einer Kategorie an spezielle Bedingungen nur in unzureichendem Maße vorhanden. Die bereits mehrfach angesprochenen Einflussfaktoren einer Situation von vornherein in das Methodenkonzept zu integrieren, fällt schwer.

2.5.2 Intuitiver Anteil von Methoden

Methoden haben einen hohen intuitiven Anteil, der es für mit Methoden unerfahrene Entwickler enorm erschwert, sie anzuwenden. Sie können Methoden zunächst nur so anwenden, wie sie beschrieben sind und sie nicht den Bedürfnissen der vorliegenden Situation anpassen. HUBKA & EDER (1992, S. 27f) sprechen vom „Konstruktionsgefühl“, das es Konstrukteuren ermöglicht, intuitiv gute Lösungen zu entwickeln. Ähnlich verhält es sich in

der Entwicklungsmethodik: Das Gefühl, ob es sich beim jeweiligen Methodenschritt um einen sinnvollen handelt, oder ob der Schritt adaptiert werden muss, unterliegt oft einer Intuition. Diese ergibt sich allerdings erst durch einen Erfahrungsaufbau im Umgang mit Methoden. Während der mit Methoden erfahrene Entwickler Adaption erfordernde Situationen erkennt und beheben kann, läuft der mit Methoden unerfahrene Entwickler Gefahr, die Methode „stur“ abzuarbeiten und dadurch einen nur mäßigen Erfolg zu erzielen. Selbst wenn er erkennt, dass die Situation eine Adaption erfordert, kann diese Adaption mangels Erfahrung und Intuition Probleme bereiten.

2.6 Fazit dieses Kapitels

- Es gibt verschiedene Ursachen für die ausbleibende Methodenanwendung in der Industrie (s. Bild 2-6).

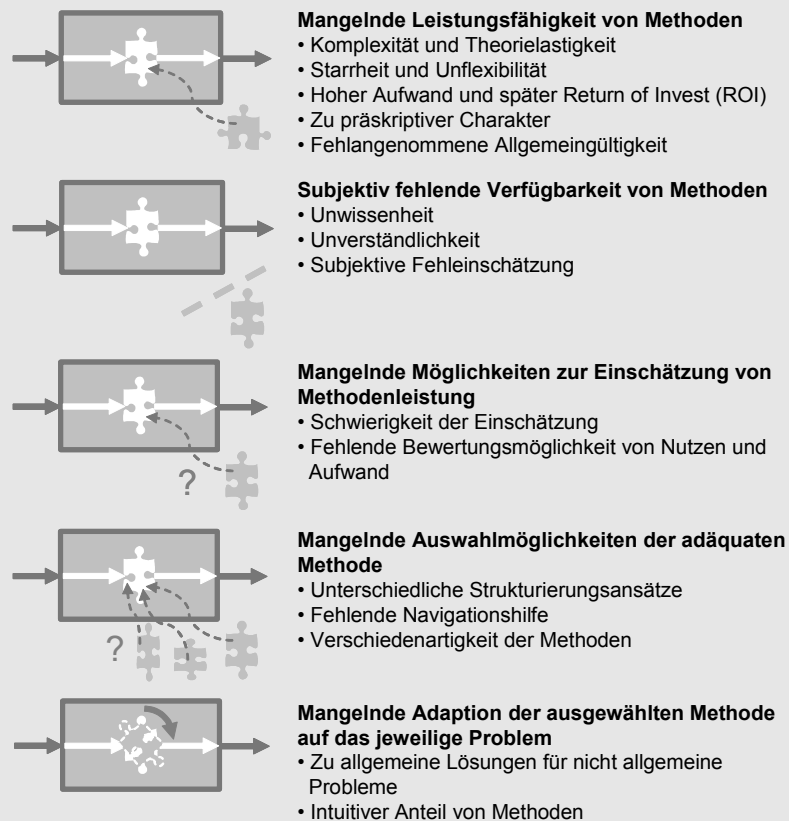


Bild 2-6: Schwierigkeiten bei der Methodenanwendung

- Methoden der Produktentwicklung befinden sich in mehreren Zielkonflikten, was zu Schwierigkeiten bei der Entwicklung von Methoden führen kann (s. Bild 2-7).

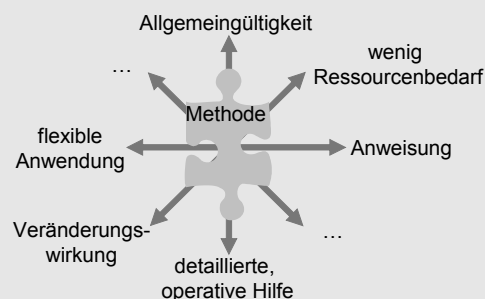


Bild 2-7: Zielkonflikte der Entwicklungsmethodik

- Die Ursachen ausbleibender Methodenanwendung werden dann relevant, wenn der Bedarf einer Methodenanwendung für den Anwender vorab geklärt ist.

3 Die Bedarfserkennung methodischer Vorgehensweise

Bevor Methoden angewendet werden, muss der Bedarf zu deren Anwendung erkannt werden. Bleibt diese Erkenntnis und damit der Versuch der Methodenanwendung aus, sind die in Kapitel 2 vorgestellten Schritte irrelevant. Anhand eines Methoden- und eines Fallbeispiels werden die Schwierigkeiten bei der Erkennung des Bedarfs von Methoden analysiert. Das Fallbeispiel A zeigt die Erkenntnisse anhand der Entwicklung eines konkreten Produkts detailliert auf. Das Methodenbeispiel B dient dazu, die Problematik der Bedarfserkennung an einem Anwendungsgebiet der Entwicklungsmethodik – der umweltgerechten Produktentwicklung – wiederzuspiegeln.

3.1 In welchen Situationen muss der Bedarf erkannt werden?

Trotz intensiver Diskussionen über die Unterstützung der Methodenbereitstellung oder Methodenauswahl muss der Entwickler zu allererst erkennen, dass sich in seiner Situation die Anwendung einer Methode anbietet. Ob sie sich anbietet, ist von zahlreichen Faktoren abhängig. So kann man beispielsweise nicht pauschal behaupten, eine Nutzwertanalyse¹⁶ eigne sich generell zur Bewertung alternativer Konzeptideen. Vielmehr kann die Eignung etwa davon abhängen, wie komplex das zu entwickelnde Produkt ist oder welche Erfahrungen der Entwickler im Umgang mit Konzeptauswahlschritten hat. Die Einmaligkeit jeder Entwicklungssituation und der Umfang der Einflussfaktoren lassen bei der Bedarfserkennung methodischer Vorgehensweise keine Pauschalurteile zu.

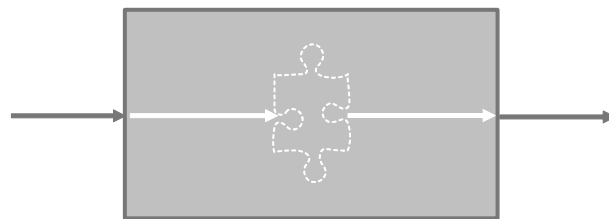


Bild 3-1: Bedarfserkennung methodischer Vorgehensweise

Muss man den Bedarf immer selbst erkennen?

In vielen Fällen muss der Bedarf gar nicht selbst erkannt werden. Methodenanwendung kann auch explizit eingefordert werden. Bei der Methode FMEA, die meist im Qualitätswesen

¹⁶ Zweck einer Nutzwertanalyse ist es, vorliegende Lösungsalternativen anhand einer großen Zahl von Kriterien mit unterschiedlichster Gewichtung im Sinne einer Entscheidungsvorbereitung nach ihrem Gesamtwert zu ordnen (LINDEMANN 2005, S. 253f).

verankert ist, kann deren Anwendung den Abteilungen im Unternehmen vorgegeben werden. Ohne Abwicklung einer FMEA erfolgt dann keine Freigabe von Produkten oder Baugruppen.

Auch ohne direkte Vorgabe im Unternehmen kann sich durch eine bestimmte Situation die Eignung einer Methodenanwendung ergeben, insbesondere wenn der Entwickler in seinem Vorgehen „fest steckt“: Er versucht ein technisches Problem zu lösen, findet aber keine Lösung. Aus Sicht der Entwicklungsmethodik greift er in diesem Moment zu Methodenbeschreibungen und findet eine passende Methode, um sich einen neuen Vorgehensweg zu eröffnen. Dies passiert natürlich nur unter idealen Voraussetzungen: Der Entwickler weiß, dass es zu diesem Problem eine Methode gibt, er hat die Methoden verfügbar, er kann seine Situation mit den Methodenbeschreibungen abgleichen etc. Diese Schritte wurden im Kapitel zuvor ausführlich dargelegt.

Eine „aktive“ Bedarfserkennung ist auch dann nicht zu bemerken, wenn der Entwickler über einen sehr umfangreichen Erfahrungsschatz mit Methoden verfügt. Nicht „aktiv“ deshalb, weil der Entwickler unbewusst auf „Methodenbetrieb“ umschaltet. Er muss die Situation nicht bewusst analysieren, um zu dem Entschluss zur Methodenanwendung zu kommen. Stattdessen signalisiert ihm die Situation unbewusst den Bedarf der Methodenanwendung. Die Methoden müssen dann meist auch nicht mehr nachgeschlagen werden, da sie inzwischen eingespielte Vorgehensweisen sind. Die aktive Bedarfserkennung ist sozusagen nicht notwendig.

Der Schritt zur Methodenanwendung kann auf den beschriebenen Wegen erfolgen. In vielen weiteren Situationen, in denen sich eine Methodenanwendung anbietet, wird aber deren Bedarf nicht erkannt. Ein typisches Beispiel aus dem Alltag dazu ist das Einkaufen: Ohne sich vorher die Dinge aufzuschreiben, die man beim Einkaufen erwerben möchte, läuft man Gefahr, etwas zu vergessen. Zu Hause angekommen, fällt einem plötzlich ein, dass man ausgerechnet die Butter vergessen hat, derentwegen man eigentlich zum Einkaufen gegangen war. Eine Methode, um derartige Fehler zu vermeiden, wäre eine Checkliste, also eine Auflistung an Dingen, die man beabsichtigt, beim Einkaufen zu erledigen. Allerdings erkennt man den Bedarf einer solchen Liste nicht im Voraus, sondern erst aus der nachträglichen Einsicht über deren Notwendigkeit beziehungsweise deren Nutzen.

In der Produktentwicklung können vergleichbare Situationen wesentlich gravierendere Ausmaße annehmen als lediglich eine vergessene Butter. Auf das Problem der Bedarfserkennung soll in diesem Kapitel eingegangen werden.

Was ist, wenn der Entwickler gar nicht methodisch arbeiten will?

Zunächst muss der Entwickler motiviert sein, sein Vorgehen verbessern zu wollen. Durchaus ist bisweilen ein Verhalten anzutreffen, das jegliche Verbesserung des Vorgehens im Keim erstickt: „Das machen wir schon immer so!“ oder „Das haben wir doch schon alles mal probiert!“ Die Motivation ist ein wichtiger, erster Schritt zur Methodenanwendung, wird

dennoch im Rahmen dieser Arbeit als bereits gegeben angenommen. Fehlende Motivation und Ansätze zu deren Steigerung sind vor allem Thematiken der Arbeitspsychologie.¹⁷

Negative Erfahrungen mit Methoden können auch zu Demotivation führen. Eine Methoden-anwendung, die für den Anwender außer Zeitaufwand wenig brachte, prägt sich in die Erinnerungen ein. Ursachen hierfür sind vielfältig: zum Beispiel die Methoden-anwendung wurde erzwungen, unpassende Methoden wurden ausgewählt und erfolglos angewendet oder zu komplexe Methoden für das zu lösende Problem wurden verwendet. Im Extremfall ist Methodenresignation die Folge.

Voraussetzung für die weitere Erörterung der Bedarfserkennung von Methodik ist aber der motivierte Entwickler in einem betrieblichen Umfeld mit „methodenfreundlichen“ Rahmenbedingungen.

Was ist, wenn der Entwickler gar nicht methodisch arbeiten kann?

Es ist durchaus möglich, dass der Entwickler „möchte“ aber nicht „kann“. Wie bereits erwähnt, spielen die betrieblichen Rahmenbedingungen, wie Unternehmenskultur oder Verhalten der Vorgesetzten, eine wichtige Rolle. Sie können ein Faktor sein, den Entwickler trotz vorhandener Motivation am Einsatz von Methoden zu hindern. Das Unternehmensumfeld muss das Interesse an der eigenen Verbesserung der Arbeitsweise unterstützen. Methoden-anwendung ohne die Unterstützung von Vorgesetzenseite ist meist wenig andauernd. BADKE-SCHAUB & FRANKENBERGER (2004, S. 35) schlagen vor, dass Methodik eingefordert wird. Darüber hinaus ist, wie für alle Handlungen, auch für die Methoden-anwendung ein Mindestmaß an Kompetenz notwendig.

Folgende Beispiele sollen die Thematik der Bedarfserkennung im Detail verdeutlichen.

3.2 Fallbeispiel A: Entwicklung einer Siebanlage

Ein Projekt in Zusammenarbeit mit der Industrie soll die Schwierigkeit der Bedarfserkennung methodischer Vorgehensweise detaillierter aufzeigen. Bei dem hier beschriebenen Industriepartner handelte es sich um ein mittelständisches Unternehmen im Anlagenbau zur Abwassertechnik.

Eines der Produkte des Unternehmens war eine Anlage, die mit hoher Leistung Feststoffe aus Suspensionen abscheidet. In der Regel werden derartige Anlagen zur Reinigung von Abwässern verwendet, worauf meist weitere Prozessschritte folgen. Kern des bisherigen Systems war ein rotierender Spaltsiebkorb, dem das zu entwässernde Medium zugeführt wurde. Je nach Anwendungsfall konnten damit durch unterschiedliche Spaltweiten des Siebkorb-schwimm-, Sink- und Schwebstoffe einer Partikelgröße von circa 0,25 mm bis 8 mm aus dem Abwasser entnommen, ausgetragen und mit möglichst geringem Restwasser in

¹⁷ Weiterführende Literatur zur Motivation findet sich im Themenspektrum der Arbeitspsychologie, zum Beispiel bei HACKER 1998.

einen Container ausgeworfen werden. Die Anlage wurde aufgrund ihrer kompakten Bauweise vorzugsweise für den so genannten Inline-Einsatz verwendet, das heißt in ein bestehendes Rohrleitungssystem oder Gerinne eingebaut (BUSL 2003, S. 13ff).¹⁸ Eine schematische Darstellung der Siebanlage zeigt Bild 3-2.

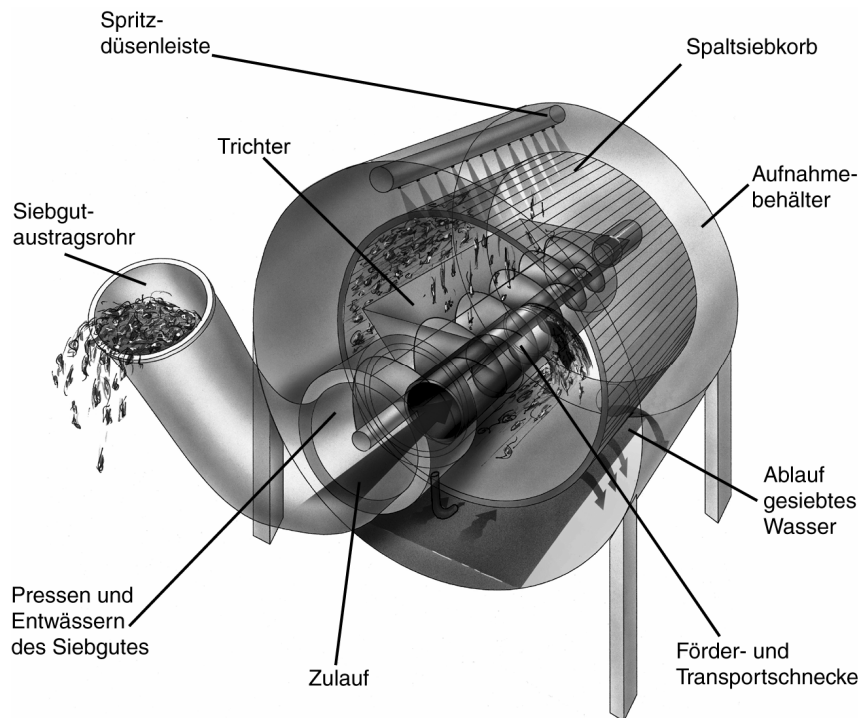


Bild 3-2: Schematische Darstellung der Siebanlage (BUSL 2003, S. 13)

Bei dieser Anlage wird das zu siebende Medium über das Zuflussrohr in den Siebkorb geleitet. Durch die Rotation des Korbes verteilt sich das Medium auf der Siebfläche, wobei die Flüssigkeit nach außen abfließen kann und die Feststoffe, abhängig von der Spaltweite des Siebes, zurückgehalten werden. Die Flüssigkeit wird durch einen Ablauf aus der Anlage geleitet. Der Wasserstrahl der Spritzdüsenleiste, welcher von außen auf die Siebkorbfläche auftrifft, gewährleistet zwei Funktionen: Zum einen wird die Siebfläche gereinigt und für die stetige Siebung aufbereitet. Zum anderen ist dadurch die Ablösestelle des Feststoffes vom Siebkorb direkt über dem Auffangtrichter definiert. Dieser Reinigungsvorgang wird durch am Siebkorb streifende Bürsten mechanisch unterstützt. Der abgelöste Feststoff wird im Trichter aufgefangen und durch die Transportschnecke zur Presszone befördert. Um den Feuchtigkeitsgehalt des Feststoffes noch weiter zu senken, wird dieser in der Presszone zusätzlich komprimiert und anschließend über das Siebgutaustragsrohr aus der Anlage herausbefördert (BUSL 2003, S. 13ff).

In einem Entwicklungsprojekt sollte die Siebanlage neu konstruiert werden. Auf dem Markt erzielte die Anlage enttäuschende Absatzzahlen. Im Unternehmen führte man dies darauf zurück, dass die Anlage für den Kunden zu groß, zu schwer und zu teuer war, so die

¹⁸ Dieses Fallbeispiel fand unter etwas anderen Betrachtungswinkeln auch Verwendung in LINDEMANN (2005, S. 115ff).

Rückmeldung der Marketingabteilung und der Geschäftsführung an die Produktentwicklung. Deshalb zählten Gewichtsreduktion und Kostensenkung zu den Hauptzielen der Neukonstruktion. Eine typische Ausgangssituation für die Produktentwicklung! Außerdem verstopfte häufig die Presszone am Austragsrohr und behinderte dadurch den weiteren Feststofftransport. Um die Störung zu beheben, musste die komplette Anlage heruntergefahren werden. Die gesamte Wartung und Fehlersuche gestaltete sich äußerst mühsam. Um einen Ausbau des Siebkorb durchzuführen zu können, musste man zuvor sämtliche Zu- und Ablaufleitungen entfernen. Diese Kritikpunkte führten im Unternehmen zur Entscheidung, das Konzept deutlich zu überarbeiten.

3.2.1 Welches Vorgehen wählte der Entwickler?

Der in diesem Fallbeispiel betroffene Entwickler besaß einige Jahre Berufserfahrung in dieser Branche und wurde beauftragt, die Siebanlage neu zu konstruieren. Ihm war die Entscheidung bezüglich seines Vorgehens selbst überlassen. Die Anforderungen „Gewicht“ und „Kosten“ stellten für ihn zunächst nur abstrakte Ziele dar. Dennoch gab es für ihn klare Anhaltspunkte, was an der Siebanlage zu verbessern wäre. Zum Beispiel war das Verstopfen in der Presszone des Austragsrohrs eine eindeutige Fehlerquelle, deren Behebung umfangreiche Maßnahmen erforderte. Dabei stellte sich die Zugänglichkeit zum Siebkorb als sehr ungünstig heraus und es lag nahe, die Anschlüsse der Anlage zu überdenken. Diese Fehlerquellen waren für den Entwickler Rückmeldungen, die er den Servicemitarbeitern zuordnen konnte, welche die Anlage installierten und warteten. Darüber hinaus gehörte die Arbeit mit dem Kunden vor Ort auch zum Tätigkeitsspektrum des Entwicklers. Somit wurden ihm die Fehlerquellen der Anlage unmittelbar ersichtlich.

Für den Entwickler stellte eine konstruktive Veränderung der Anlage zur Behebung der Fehlerquellen den logischen Folgeschritt dar. Eine konzeptionelle Änderung hingegen war nicht angedacht. Die Presszone sollte von der Anlage entkoppelt werden und war damit nicht mehr Inhalt der Neukonstruktion. Hingegen sollte die Zugänglichkeit ebenso Gegenstand der Überarbeitung der Konstruktion werden, wie eine geänderte Anordnung der Baugruppen und der Gehäusegeometrie. Der Entwickler rief aus dem Gedächtnis die Erinnerung an eine andere Anlage aus der Produktpalette der Firma ab, die nach dem gleichen Funktionsprinzip konstruiert war, jedoch die Schwachstellen der betrachteten Anlage nicht aufwies. Da sich die vergleichbare Anlage in einem anderen Marktsegment gut verkaufte, sollte das Konzept adaptiert werden. Dabei konnten konstruktive Elemente übernommen werden, wie zum Beispiel die Lagerung der Siebtrommel, die wesentlich einfacher und damit leichter und günstiger realisiert war.

Der Entwickler sah vor, das bestehende Prinzip zur Trennung von Feststoff und Flüssigkeit, nämlich das Sieben, beizubehalten. Er kam nicht auf die Idee, dies in Frage zu stellen. Vielmehr erkannte er den Erfolg einer anderen Siebanlage aus der Produktpalette. Die Gestaltung dieser vergleichbaren Anlage sollte für die vorliegende Entwicklungsaufgabe kopiert werden. Die vorgesehenen Maßnahmen bei der Neukonstruktion beschränkten sich also auf eine Veränderung der Struktur- und Gestaltebene. Bild 3-3 zeigt, wie die Festlegung dieser Ebenen in Zusammenhang mit verschiedenen Ebenen von Produkteigenschaften zu sehen ist. Mit zunehmender Konkretisierung muss eine Entscheidung auf einer der Ebenen

der Produkteigenschaften getroffen werden. Der Entwickler beschloss, das Prinzip „Sieben“ beizubehalten, weshalb ihm andere Wege und damit ein erweiterter Lösungsraum verwehrt blieben.

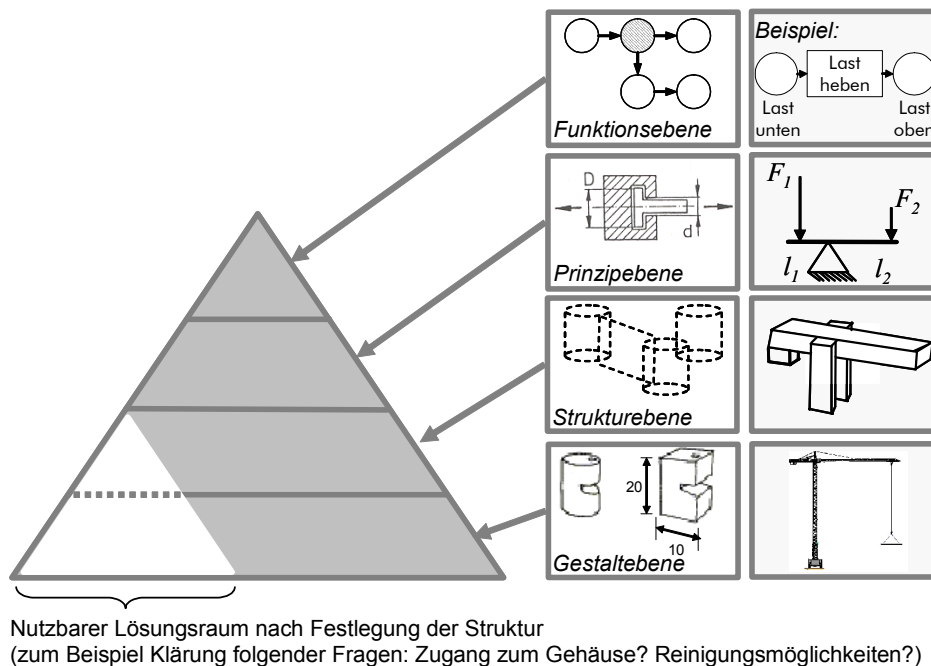


Bild 3-3: Festlegung der Gestalt in Zusammenhang mit verschiedenen Ebenen von Produkteigenschaften (nach LINDEMANN 2004B, S. 3-4)

Um sich einen Überblick über die gesamten Möglichkeiten der Festlegung der Produkteigenschaften zu verschaffen, hätte eine Abstraktion des Effekts „Sieben“ erfolgen müssen. Die Kernfrage hierzu lautet: „Wie kann Feststoff von Flüssigkeit getrennt werden?“ Es wurden primär jene Fehlerquellen betrachtet, die für den Entwickler als „durchschaubar“ galten. Die abstrakten Anforderungen „Gewicht“ und „Kosten“ wurden nicht eingehender analysiert und schienen mit der Übertragung der gestalterischen Lösung von einem anderen auf das eigene Produkt erfüllt zu sein. Ob man noch mehr Potenzial zur Kostensenkung oder Gewichtsreduktion hätte entdecken können, indem man das Prinzip „Sieben“ in Frage stellt, wurde nicht geklärt. Hierzu hätte eine tiefere Problemdurchdringung erfolgen müssen.

3.2.2 Welches methodische Vorgehen wäre sinnvoll gewesen?

Die Ausgangssituation bot zunächst nur unklare Rahmenbedingungen für den Entwickler. Angesprochene Kritikpunkte am derzeitigen Konzept ließen eine Schlussfolgerung über weitere Entwicklungsschwerpunkte nur teilweise zu. So waren die Vorgaben der Kosten- und Gewichtsreduktion zwar eine eindeutige Motivation, das Konzept zu überarbeiten. Allerdings war damit noch nicht geklärt, wie die hohen Kosten und das hohe Gewicht technisch zustande kamen. Die Funktionalität der Siebanlage in ihrer Gesamtheit wurde noch nicht betrachtet.

Aus methodischer Sicht wäre es sinnvoll gewesen, das vorliegende Produkt hinsichtlich Schwachstellen zu analysieren. Einige, zum Teil sehr konkrete Aussagen, wie zum Beispiel die Rückmeldung über die Mängel an der Presszone, lagen bereits vor. Dennoch hätten die

Erfahrungen verschiedener Mitarbeiter mit der bestehenden Siebanlage gesammelt werden können. Eine Zusammenkunft der Beteiligten aus Entwicklung, Fertigung, Montage, Servicemitarbeiter oder gar Kunden wäre eine weitere Möglichkeit gewesen, Aufschluss über die Ursachen der Kritik zu erhalten.

Diese Überlegungen wurden in einem Workshop mit Teilnehmern aus den oben genannten Bereichen umgesetzt. Es sollte beispielsweise erörtert werden, wie das zu hohe Gewicht der Anlage zustande kam. In einer relationsorientierten Funktionsmodellierung¹⁹ wurden die Erfahrungen der Beteiligten zusammengetragen und in Form nützlicher Funktionen (weiße Kästchen) und schädlicher Funktionen (schwarze Kästchen) dargestellt (Bild 3-4).

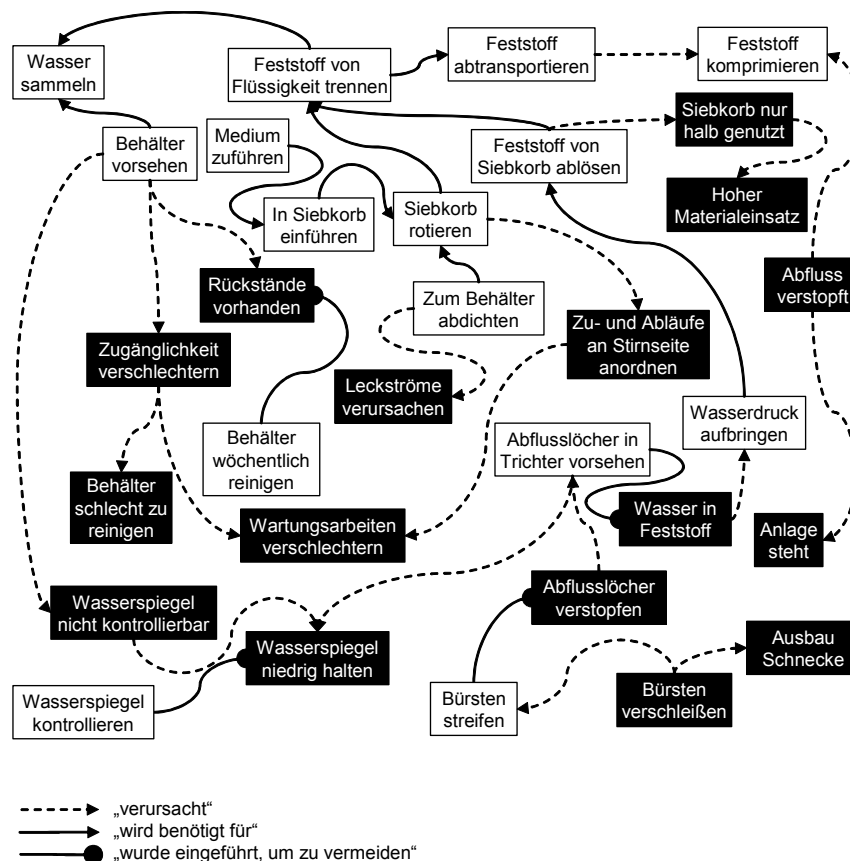


Bild 3-4: Relationsorientierte Funktionsmodellierung für die Siebanlage

Die Kernfunktionalität der Anlage lag in der Trennung von Feststoff und Flüssigkeit. Darauf aufbauend konnten weitere nützliche sowie auch schädliche Funktionen erfasst und in der dokumentierten Struktur abgebildet werden. Durch spezielle Fragetechniken entstand innerhalb von zwei Stunden eine Darstellung, welche alle relevanten Schwachstellen in Form schädlicher Funktionen abbildete.

¹⁹ Eine relationsorientierte Funktionsmodellierung basiert auf Funktionen. Diese sind eine abstrakte Beschreibungsform für Systeme, beispielsweise zur formalen Dokumentation der Wirkung oder des Zwecks von Objekten, der Relationen zwischen Objekten etc. (LINDEMANN 2005, S. 290). An dieser Stelle sollte die relationsorientierte Funktionsmodellierung Zusammenhänge und Schwachstellen des Produkts aufdecken.

Vorwiegend durch die Relationen zwischen den nützlichen und schädlichen Funktionen konnten Ursachen von Schwachstellen deutlich gemacht werden, die bislang so nicht erkannt wurden. Ein Beispiel dafür ist das bisherige Konzept der Ablösung des Feststoffes vom Siebkorb mittels Wasserdruck. Es bestand aus einer Spritzdüsenleiste mit vielen kleinen Düsen und deckte die gesamte Siebkorblänge ab. Aus den Düsen wurde dabei Wasser mit hohem Druck auf die Siebfläche gespritzt. Die Spritzdüsenleiste wurde zu diesem Zweck immer dann eingesetzt, wenn der Siebkorb einen bestimmten Verschmutzungsgrad erreicht hatte oder ein gewisses Zeitintervall ohne Reinigung überschritten wurde. Bei der Umsetzung dieses Konzepts gelangte das Spritzwasser zusammen mit dem abgelösten Feststoff in den Auffangbehälter und verringerte den Trocknungsgrad des bereits gesiebten Feststoffes. Um dieses Wasser abfließen zu lassen, hatte man im Auffangtrichter Löcher vorgesehen, die durch Bürsten gereinigt wurden. Aus dem Funktionsmodell wurde ersichtlich, dass einige schädliche Funktionen, wie „Abflusslöcher verstopfen“, „Bürsten verschleifen“ und „Ausbau der Schnecke“, erst gar nicht entstünden, gelänge es, die Ablösung des Feststoffes vom Siebkorb auf andere Weise zu realisieren.

Das methodische Vorgehen der Funktionsmodellierung, wie sie an diesem Beispiel durchgeführt wurde, sieht vor, die Funktionsketten in Frage zu stellen. Spätestens hier konnte die Frage gestellt werden: „Wie kann der Schmutz vom Siebkorb gelöst werden, ohne dass zusätzliche Flüssigkeit in den entwässerten Feststoff gelangt?“

Bezweifelt wurde, ob das Sieb überhaupt in Form einer Trommel ausgeführt werden muss. Aus der Funktionsstruktur ist erkennbar, dass der hohe Materialaufwand auch auf die schlechte Ausnutzung der Siebfläche zurückzuführen war (Bild 3-4). Anstelle einer Trommel könnte die Siebfläche auch axial angeordnet sein. Zudem ergaben sich folgende Überlegungen: Ist das Sieben das optimale Prinzip zur Trennung von Feststoff und Flüssigkeit bei den vorliegenden Einsatzbedingungen? Wäre auch die Ausnutzung der Rotationsenergie in Form einer Zentrifuge denkbar? Gibt es andere Möglichkeiten, Flüssigkeit zu reinigen? Während des Workshops erfolgte solches und ähnliches „Infragestellen“. Bild 3-5 zeigt, dass eine Abstraktion und damit eine Erweiterung des Lösungsraums erreicht wurde.

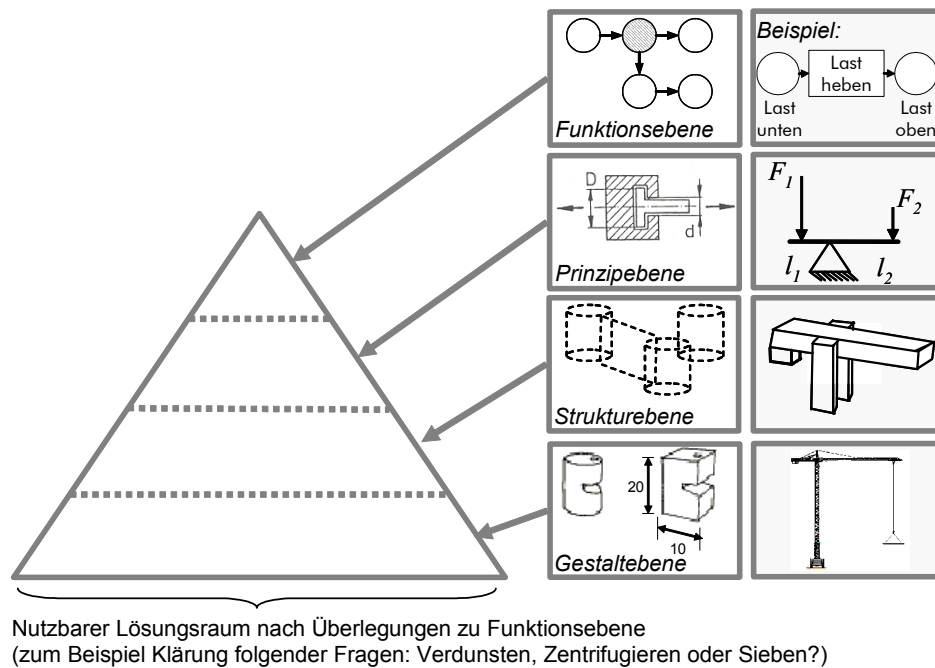


Bild 3-5: Festlegung von Produkteigenschaften auf verschiedenen Ebenen am Beispiel der Siebanlage (nach LINDEMANN 2004B, S. 3-4)

Wäre dem Entwickler die Bandbreite an Lösungsmöglichkeiten klar, so könnte er anschließend die Lösungsalternativen auf Vor- und Nachteile hin untersuchen und eine fundierte Entscheidung treffen. Gegenüber der ursprünglichen Vorgehensweise des Entwicklers wurde durch methodisches Arbeiten Folgendes erreicht:

- Integration der Kritikpunkte verschiedener Beteiligten in die Entwicklung
- Aufdecken der Schwachstellen und Ursachen für Kritik am Produkt
- Abgleich des Problemmodells mit Erfahrungen der Mitarbeiter
- Weitreichende Erschließung von Lösungsmöglichkeiten
- Festlegung der Produkteigenschaften, nicht nur begrenzt auf gestalterische Maßnahmen
- Fundierte Entscheidung über weitere Entwicklungsschwerpunkte

3.2.3 Warum wurden die methodischen Schritte nicht durchgeführt?

Das Fallbeispiel zeigt, dass die Ausgangssituation „Entwicklung einer Siebanlage“ Potenzial zur Methodenanwendung hatte. Der Bedarf für den Entwickler, Methoden anzuwenden, um die Aufgabe zu bearbeiten, existierte. Es bleibt die berechnete Frage, ob das Ergebnis der Entwicklung mit Methodik letztendlich besser gewesen ist.

War das Ergebnis mit Entwicklungsmethodik besser?

Dies stellt eine nur schwer zu beantwortende Frage dar, der sich die Entwicklungsmethodik oft konfrontiert sieht. Man müsste beide Wege der Produktentwicklung bis zum Ende gehen und die Leistungen der Produkte, zum Beispiel anhand des Durchsatzes, des Wirkungsgrades oder des Markterfolgs, miteinander vergleichen können. Bei beiden Wegen müsste der Entwickler mit dem gleichen Wissensstand und den gleichen Voraussetzungen die Problemlösung beginnen. Doch selbst dann wäre es schwierig, durch den Erfolg eines der Produkte Rückschlüsse auf die Methodenanwendung zuzulassen.

Es bleibt aber festzuhalten, dass gewichtige Schwachstellen des Vorgängerprodukts zunächst nicht erkannt und erst durch die Erstellung einer Funktionsmodellierung aufgedeckt wurden. Man erreichte ein tieferes Problemverständnis, das Voraussetzung für eine zielgerichtete Produktentwicklung ist. Zumindest kurze Gedankengänge zur Analyse des Systems wären gut investiert gewesen. Schließlich wurde auch ein erweiterter Lösungsraum in Betracht gezogen, als ihn der Entwickler ohne Methodenanwendung angedacht hatte. Logischerweise kann am Ende nur eine Lösung gefertigt werden. Das Denken in Alternativen kann aber die optimale Lösung erschließen, die durch einen engeren Blickwinkel verwehrt bleibt. Die Anwendung von Methoden der Produktentwicklung hat somit im dargestellten Fallbeispiel die Qualität des Prozesses verbessert.

Vielleicht ist die Methodik im Kopf des Entwicklers abgelaufen?

Bei der Forschung auf dem Gebiet der Entwicklungsmethodik wurde bereits erkannt, dass es unzulässig ist, nur zwischen „Methodikern“ und „Nicht-Methodikern“ zu unterscheiden. In der Praxis sind Entwickler anzutreffen, die sehr strukturiert und methodisch arbeiten, von Entwicklungsmethodik allerdings noch nie gehört haben. Selbst „Methodenschüler“ verlassen die explizite, nach außen sichtbare Methodenanwendung, da sie die Abfolgen der Methoden bereits in ihre Denk- und Handlungsroutine übernommen haben.

Hatte also der Entwickler methodische Gedankengänge und es war nur nicht sichtbar? Wie zu Beginn des Fallbeispiels erwähnt, besaß der Entwickler mehrjährige Erfahrung mit der Entwicklung von Anlagen dieser Branche. Sicherlich basiert ein großer Teil seiner Entwicklungstätigkeit auf intuitiven Vorgehensweisen. Möglicherweise wurden die vagen Anforderungen „Kosten und Gewicht senken“ gedanklich schon interpretiert und an dem bestehenden Konzept widergespiegelt. Dennoch bleibt festzuhalten, dass markante Schwachstellen des Produkts dem Entwickler bis zur Erstellung der Funktionsmodellierung nicht bewusst waren. Weiterhin wurde nicht in Lösungsalternativen gedacht, zumindest nicht auf unterschiedlichen Ebenen der Festlegung von Produkteigenschaften. Schließlich erweckte der Vorgang, das bestehende Konzept einer anderen Anlage zu übernehmen, nicht den Eindruck einer fundierten Entscheidungsfindung.

Warum kam es nicht zur methodischen Vorgehensweise?

Der Entwickler bekam die Aufgabe, eine neue Siebanlage zu konstruieren. Ihm war klar, dass das Ergebnis seiner Tätigkeit eine technische Zeichnung des gefundenen Lösungskonzepts

sein wird. Dies ist auch das Ergebnis, das benötigt wird, um den Entwicklungsprozess fortführen zu können: Die Zeichnung geht an die Konstruktionsabteilung, die den Entwurf weiter detaillieren und gegebenenfalls Toleranzrechnungen²⁰ durchführen wird. Das erwartete Ergebnis der an den Entwickler gestellten Aufgabe ist also nicht ein Problemmodell oder eine Lösungsvielfalt, sondern eine Konzeptskizze. Der Entwickler will eine Lösung präsentieren, nicht ein Problem aufzeigen. Dies entspricht seinem Verständnis seines Berufs. Er gibt sich deshalb mit dem ersten Wurf „zufrieden“ und sucht keine Alternativen, da eine Lösung ausreicht oder die eigene Lösung schon als Optimum angesehen wird.

Die Aufgabe „Entwicklung einer Siebanlage“ ist für den Entwickler tatsächlich eine „Aufgabe“, kein „Problem“.²¹ Sie stellt für den Entwickler eine alltägliche Situation dar; denn schließlich ist es seine „Aufgabe“, Produkte zu konzipieren. Er versteht sich als kompetenter Mitarbeiter, der „weiß, wie man konstruiert“. Gäbe es ein Problem, müsste zuerst erkannt werden, dass das Vorgehen zur Problemlösung nicht trivial ist. Der Gedanke, das Hilfsmittel „Methode“ in Anspruch zu nehmen, um „dem Geist auf die Sprünge zu helfen“, liegt ihm in diesem Moment fern.

Die Bedarfserkennung hätte genau die notwendige Umstellung von Normalbetrieb auf Rationalbetrieb (EHRENSPIEL 2003, S. 65ff) zur Folge, die jedoch an dieser Stelle nicht stattfand. Der Entwickler hätte das intuitive, unbewusste Arbeiten verlassen und ein methodisches, bewusstes Arbeiten ausführen müssen. Da dies nicht der Fall war, erfolgte auch keine Abstraktion: Wie ist das bestehende Prinzip in mögliche andere Prinzipien einzuordnen? Gibt es andere Möglichkeiten, Feststoff von Flüssigkeit zu trennen? Das Denken in Wirkprinzipien blieb aus und beschränkte sich vielmehr auf die konstruktive Gestaltung.

3.3 Methodenbeispiel B: Umweltgerechte Produktentwicklung

Im Beispiel B wird ein Anwendungsgebiet der Entwicklungsmethodik, die umweltgerechte Produktentwicklung, herausgegriffen. An diesem Methodenbeispiel lässt sich die Schwierigkeit der Bedarfserkennung für den mit Methoden unerfahrenen Entwickler darstellen.

Ökologische Aspekte in der Produktentwicklung gewannen in den letzten Jahrzehnten mehr und mehr an Bedeutung. Triebfeder dieser Überlegungen war und ist nach wie vor, die Umweltauswirkungen eines Produkts so gering beziehungsweise so schadlos wie möglich zu gestalten. Auch die Methodiker der Produktentwicklung nahmen sich dieses Themengebiets an und stellten spezielle Vorgehensweisen und Methoden zur Berücksichtigung von Umweltaspekten in der Produktentwicklung bereit. Allerdings ist eine zurückhaltende

²⁰ Toleranzrechnungen sind erforderlich, um die Auswirkung von Fertigungsungenauigkeiten frühzeitig zu berücksichtigen.

²¹ Ein Problem unterscheidet sich von einer Aufgabe nach EHRENSPIEL (2003, S. 47f) dadurch, dass unbekannt ist, wie und ob es überhaupt lösbar ist. Es fehlen für das jeweils vorliegende Problem die Mittel, das Ziel zu erreichen (vgl. hierzu auch PAHL ET AL. 2003, S. 58).

Anwendung in der industriellen Praxis zu beobachten. Die Erfahrungen des Autors auf diesem Gebiet dienen als Beispiel, um daran das Problem der Bedarfserkennung methodischer Vorgehensweise darzustellen.²² Zunächst soll ein Abriss der geschichtlichen Entwicklung der umweltgerechten Produktentwicklung das Verständnis für den heutigen Stand der dadurch angebotenen Methoden aufbauen.

3.3.1 Was sind Methoden umweltgerechter Produktentwicklung?

Unter dem Begriff der umweltgerechten Produktentwicklung versteht der Autor jene methodischen Ansätze, die zur Berücksichtigung und Einflussnahme ökologischer Auswirkungen einer Produktentwicklung führen. Beschäftigt man sich mit diesem Themengebiet, so stößt man auf weitere Begriffe, die nur unklar voneinander abgegrenzt sind oder gar unterschiedlich gehandhabt werden: Design for Environment, Nachhaltige Produktentwicklung, Industrial Ecology oder Sustainable Development. Zusammenfassend soll in dieser Arbeit dafür der Begriff der umweltgerechten Produktentwicklung gelten. Die folgenden Einblicke in deren geschichtliche Entwicklung zeigen überblickartig, welchen Verlauf diese Entwicklung genommen hat und wo sie heute steht.²³

Wie verlief der Weg der umweltgerechten Produktentwicklung?

Welche Motivation für Maßnahmen zur Verringerung der ökologischen Auswirkungen eines Produkts gab es ursprünglich für Unternehmen? Wenn, dann waren dies zunächst akute Problemstellungen: So fielen problematische Stoffe in der Produktion an, die zukünftig sorgfältiger und mit mehr Weitblick entsorgt werden mussten. Um eine vernünftige Handhabung der problematischen Stoffe der Unternehmen zu erreichen, wurden zum Beispiel Gefahrenstoffverordnungen erlassen oder Auditierungen eingeführt.

Daraus resultierten die Abfallproblematik sowie die Wahl und Entwicklung neuer Entsorgungswege. Außer Betrieb genommene Produkte sollten nicht einer willkürlichen Entsorgung unterliegen, um beispielsweise die im Produkt enthaltenen Materialien weiter nutzen zu können. Recycling von Produkten wurde zu einem neuen Betrachtungsbereich der methodischen Produktentwicklung, da schon bei der Gestaltung des Produkts Einfluss auf die spätere Verwertung genommen werden konnte.²⁴

²² Der Autor bearbeitete das Forschungsprojekt „Einführung und Adaption von Methoden zur umweltgerechten, nachhaltigen Produktgestaltung anhand konkreter Praxisbeispiele mit begleitendem Erfahrungstransfer in KMU“, gefördert vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltschutz (inzwischen Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz) unter der Projektnummer E 95.

²³ Einen guten Rückblick über nationale und internationale Forschungen auf dem Gebiet der umweltgerechten Produktentwicklung gibt zum Beispiel DANNHEIM (1999, S. 21ff). In DIN (2000, Kap. 1, S. 1ff) finden sich geschichtliche Hintergründe zur Entstehung der umweltgerechten Produktentwicklung.

²⁴ Ansätze zur recyclinggerechten Produktentwicklung finden sich beispielsweise bei VDI (2002), GRIEGER (1996), HESSELBACH ET AL. (2002), MÖRTL (2002), PHLEPS (1999), STEINHILPER (1988) oder WENDE (1994).

Eine weitere Erkenntnis war, dass nicht nur die ökologischen Maßnahmen am Ende eines Produktlebens zur Güte der Umweltbedingungen beitragen. Vielmehr können in verschiedenen Phasen eines Produktlebens die Auswirkungen auf die Umwelt beeinflusst werden. Das so genannte „End-of-Pipe Denken“ wurde durch den Gedanken der Integration der Produktlebensphasen ersetzt. Der Lebenslauf eines Produkts, von der Produktidee über die Produktion und Nutzung bis hin zur Entsorgung, spielte eine ständig bedeutsamer werdende Rolle in den Überlegungen zur methodischen Unterstützung. Es entwickelten sich Ansätze für verschiedene Lebensphasen eines Produkts. In der Folge wurde erkannt, dass es sinnvoll ist, sämtliche Einzelaktivitäten zu bündeln und gesamtheitlich zu betrachten. Es lag nahe, eine Methode zu entwickeln, mit der man die Umweltauswirkungen eines Produkts über alle Lebensphasen hinweg beurteilen und aufsummieren kann. Aus diesen Überlegungen heraus entstanden Ökobilanz, Life Cycle Analysis oder Life Cycle Assessment.²⁵

Wenngleich die Entwickler dieser Methoden Erfolgsbeispiele aufzeigen konnten, so galt die Kritik vor allem dem Aufwand der Erstellung solcher Bilanzen, der im Missverhältnis zum Nutzen gesehen wurde. Schließlich ist das primäre Ziel eines Unternehmens, Gewinn zu erwirtschaften, weniger die Umweltbedingungen zu verbessern (ABELE ET AL. 2005, Preface). Die Methoden setzten voraus, dass der Entwickler auch die Zielsetzung der Ökologie verfolgte. Dies traf aber in nur wenigen Fällen zu.

In der weiteren Evolution der umweltgerechten Produktentwicklung sollte die additive Umwelttechnik, wie zum Beispiel Zusatzeinrichtungen zur Schadstoffminimierung, bald durch eine integrierte, an der „Quelle“ angreifende Umwelttechnik ersetzt werden (SOLBACH 1998). Die nachsorgende Betrachtung wandelte sich also zu einer vorsorgenden. Die Vorverlagerung der ökologischen Betrachtungen der frühen Phasen der Produktentstehung führte zu einer erweiterten Sicht hin zu einer Verbindung ökologischer und ökonomischer Zielsetzungen (ERNZER ET AL. 2002). Aktuelle Stoßrichtungen sind Design for Environment (ERNZER 2001, FARGNOLI & PIGHINI 2002, WIMMER ET AL. 2002, ZÜST & WIMMER 2004), Eco-Efficiency, Industrial Ecology (INTERNATIONAL SOCIETY FOR INDUSTRIAL ECOLOGY 2004) oder die Integrierte Produktpolitik (CHARTER & BELMANE 1999, IHK FÜR MÜNCHEN UND OBERBAYERN 2004).

Die Integrierte Produktpolitik (IPP) versucht neben ökologischen auch ökonomische und soziale Aspekte zu vereinen. Tatsächlich ist der Gedanke dieser Zielvereinbarung durchaus realistisch: Es gibt zahlreiche Beispiele, die aufzeigen, dass Maßnahmen in Unternehmen, die der ökologischen Verbesserung dienen, auch finanzielle Vorteile bewirkten oder gar Innovationen hervorriefen (FELDMANN & MELZER 2002, IHK FÜR MÜNCHEN UND OBERBAYERN 2004). Beispielsweise können durch Materialeinsparung in der Produktion auch Ressourcen- und Kosteneinsparungen erzielt werden. Eine Kombination vieler Möglichkeiten, Produkte umweltgerecht zu entwickeln, wurde in einem Sonderforschungsbereich der TU

²⁵ Im Sinne einer Standardisierung wurden die Richtlinien DIN EN ISO 14040ff (DIN 1997) geschaffen. Hierzu dienliche Strategien, Methoden und Werkzeuge sind in DIN (2000, Kap 3, S. 1ff) übersichtlich zusammengefasst. Hinsichtlich einer operativen Anwendung von Ökobilanzen wurden vom Schweizer Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) schon etliche Publikationen erstellt, zum Beispiel STAHEL & LÜTZELSCHWAB (1998) oder BRAND (1999).

Darmstadt erreicht, woran sich viele unterschiedliche Disziplinen beteiligten (ABELE ET AL. 2004, DIN 2000).

Erreichen Unternehmen tatsächlich einen Mehrwert, wenn sie umweltgerechte Produktentwicklung verwirklichen?

HIEBER 2001 ist der Ansicht, dass sowohl in Wissenschaft als auch in der Praxis die umweltgerechte Produktentwicklung inzwischen als bedeutendes Unternehmensziel gesehen und sich zukünftig immer mehr auf den Erfolg eines Unternehmens auswirken wird.²⁶ Unternehmen werden an der Börse in Form des „Dow Jones Sustainability Group Index“ gemessen.²⁷ Seit seiner Einführung im Jahr 1999 hat sich herausgestellt, dass sich die in ihm aufgeführten Unternehmen wirtschaftlich besser entwickelt haben als der Durchschnitt aller im Dow-Jones-Index aufgelisteten Unternehmen (MILBERG 2000). Eine Erklärung dafür mag darin bestehen, dass Kriterien der nachhaltigen Entwicklung zu einem ausgewogenen Verhältnis von Ertrag und Risiko beitragen können. Auch scheinen nachhaltig wirtschaftende Unternehmen innovativer zu sein als andere Firmen, da sie frühzeitig Trends und Entwicklungen erkennen und sich vorausblickend darauf einstellen (SIEMENS AG 2001).

Der Mehrwert der umweltgerechten Produktentwicklung ist dadurch gegeben, dass Denkanstöße und anschließende Handlungen ausgelöst werden, die ohne Unterstützung der Methoden der umweltgerechten Produktentwicklung nicht stattgefunden hätten. Unternehmen können nur bedingt Ressourcen zur Verfolgung von Umweltzielen bereitstellen. Dieser Kritik an der einseitigen Ausrichtung ökologisch orientierter Methoden wurde bei vielen neuen Ansätzen Rechnung getragen. Deshalb bieten neue Methoden, wie zum Beispiel die der IPP, eine Integration in ein bestehendes Zielsystem an. Schlagkräftiges Argument für die Unternehmen ist das Erreichen ökologischer Verbesserungen bei gleichzeitiger Kostensparung und Qualitätsverbesserung. Verwirklicht wird dieser Vorteil, indem zum Beispiel durch eine Produktlebenswegbetrachtung das Erkennen noch ungenutzter Potenziale unterstützt wird.

Der Autor sieht die Bestrebungen der umweltgerechten Produktentwicklung, gerade im Hinblick auf die Bewahrung der Lebensbedingungen für zukünftige Generationen, als absolut sinn- und wertvoll an. Jedoch lässt die Diskrepanz zwischen dem von den Methodenentwicklern angepriesenen Nutzen und der tatsächlicher Anwendung in der industriellen Praxis eine kritische Haltung gegenüber der Wirksamkeit dieser Initiativen zu (LINDEMANN & HUTTERER 2004, MANN 2002, MCALOONE 2000, S. 132, STEVELS 2004). Tatsächlich erntet die umweltgerechte Produktentwicklung nur spärliches Interesse. Warum wird dieses Potenzial der Methoden von Entwicklern nicht genutzt?

²⁶ Einen Überblick über empirische Studien zur Belegung dieser These gibt auch DANNHEIM (1999, S. 104ff).

²⁷ Bewertet werden neben Wertsteigerung und Produktivitätszuwächsen unter anderem innovative Technologien, Ressourceneinsatz, gesellschaftspolitische Verantwortung, Umweltschutz, soziales und kulturelles Engagement sowie Führungs- und Unternehmenskultur und Mitarbeiterorientierung.

3.3.2 In welcher Situation befindet sich der Entwickler?

Natürlich müssen die Gründe ausbleibender Methodenanwendung umweltgerechter Produktentwicklung differenzierter betrachtet werden und sind im Einzelfall womöglich auf verschiedene Ursachen zurückzuführen. Generell können aber folgende Gründe ausschlaggebend sein:

Zunächst ist, wie allgemein bei der Methodenanwendung auch bei der umweltgerechten Produktentwicklung, die Motivation die Voraussetzung für das Annehmen neuer Ansätze. Der Entwickler und auch das Unternehmen müssen das „Wollen“ geklärt haben, bevor die Methoden das „Können“ unterstützen. An dieser Stelle hat die umweltgerechte Produktentwicklung einen schweren Stand. Eine geringe Akzeptanz ökologischer Ansätze lässt sich auf das Denken in Zielkonflikten zurückführen: Umweltmaßnahmen werden allzu oft in Verbindung mit Mehraufwand gesehen. Die Ansicht über umweltgerechte Produktentwicklung beschränkt sich dann auf die Einhaltung von Vorschriften.

Zusätzlich existieren negative Erfahrungen mit der Anwendung von Methoden. Beispielsweise erfuhr ein Unternehmen eine Kostensteigerung durch Erfüllung von Umweltauflagen, die Vorbereitung von Auditierungen hielt Abteilungen für Wochen vom Tagesgeschäft ab oder eine erstellte Ökobilanz verbrauchte große Ressourcenumfänge.

Der Einblick in die Methoden umweltgerechter Produktentwicklung zeigt, dass Ansätze wie der der IPP genau den Zielkonflikt zwischen ökologischen und ökonomischen Zielsetzungen aufzulösen versuchen. Der Mehrwert, den der Entwickler durch diesen Ansatz erfährt, ist unter anderem eine Betrachtung des Produktlebenslaufs: Es können Potenziale an Stellen des Produktlebenslaufs erkannt werden, die ansonsten ungenutzt geblieben worden wären. Diese Betrachtung würde er ohne den Anstoß der umweltgerechten Produktentwicklung eventuell nicht vornehmen.

Für den Entwickler könnte dies konkret bedeuten, dass ihm die Anwendung von Methoden eine wirtschaftliche Verbesserung seines entwickelten Produkts und zugleich eine Verringerung der Umweltauswirkungen ermöglicht. Es müsste doch für einen Entwickler reizvoll sein, durch Anwendung der Methoden eine kostengünstige Konstruktion zu gestalten, die zugleich dem Kunden weniger Betriebsstoffeinsatz abverlangt. Das Unternehmen könnte von der kostengünstigen Herstellung profitieren und darüber hinaus das Produkt zu einem höheren Preis verkaufen, da beim Kunden weniger Ausgaben zum Betrieb des Produkts anfallen. Zusätzlich würde der verringerte Schmierstoffbedarf in der Produktnutzung reduzierte Umweltauswirkungen und damit eventuell eine optimierte Außendarstellung des Unternehmens bewirken.²⁸ Warum kommt es beim Entwickler dennoch nicht zur Anwendung dieser Methoden?

²⁸ Bei HARBAUER (2001, S. 41) sind Motivationsfaktoren eines Unternehmens für eine Lifecycle-Orientierung zu finden.

3.3.3 Warum nutzt der Entwickler nicht das Potenzial der Methoden?

Beobachtungen im Rahmen der Zusammenarbeit mit den Industriepartnern des Forschungsprojekts deckten die Schwierigkeiten beim Einsatz dieser Methoden auf. Selbst dann, wenn die Motivation gegeben ist und die zur Anwendung geeigneten Methoden verfügbar wären, fehlt dem Entwickler dennoch der Schritt zur Methodenanwendung: Er findet keinen Ansatzpunkt, diese Methoden zu verwenden. Genauer gesagt, gibt es für ihn kein Problem, das er mit Methoden lösen müsste.

Der Blick auf ein konkretes Praxisbeispiel verdeutlicht die ausbleibende Bedarfserkennung: Ein Entwickler erhielt die Aufgabe, eine bestehende Produktkonstruktion zu überarbeiten. Er erkannte darin keine sonderlich große Herausforderung, vielmehr eine Aufgabe, wie er sie als Entwickler üblicherweise zu lösen hatte. Demzufolge erlaubte ihm sein Verstand, weitere Schritte zur Überarbeitung festzulegen. Er wandte seine Erfahrungen und sein technisches Hintergrundwissen an, welche ihm persönlich den Weg der konstruktiven Änderungsmaßnahmen vorgaben. Schließlich war es auch seine Aufgabe als Entwickler, die Maßnahmen zu erkennen. Die Methoden umweltgerechter Produktentwicklung hätten die Möglichkeit geboten, das Produkt hinsichtlich der Schwachstellen genauer zu prüfen. Sie hätten den Entwickler zum Nachdenken anregen können, ob die bisherige Konstruktion noch verbessert werden könnte. Dass er ferner das Produkt über seine eigenen Überlegungen hinaus intensiv auf Schwachstellen analysieren sollte, lag ihm fern. Er hätte dann zusätzlich zum Ergebnis seines auf Erfahrungen basierenden Verstandes – den er im Übrigen für nicht schlecht hielt – Schritte einbauen müssen, die er mit seinem bisherigen Vorgehen nicht erreichen hätte können. Der Entwickler sah aber weder Anreiz noch ein Problem, das er mit Methoden der umweltgerechten Produktentwicklung hätte lösen müssen. Aus seiner Sicht lag aufgrund des Einsatzes seines Verstandes ein gutes Ergebnis vor. Aus welchem Grund sollte er die Methoden anwenden?

Die beschriebene Schwierigkeit betrifft lediglich ein Problem der umweltgerechten Produktentwicklung, nämlich die Bedarfserkennung methodischer Vorgehensweise. Wie auch bei anderen, allgemeinen Methoden der Produktentwicklung existieren weitere Barrieren, die den Zugang und die Anwendung von Methoden erschweren (s. Kapitel 2). Ein massives Problem der Methoden umweltgerechter Produktentwicklung ist zusätzlich die Leistungsfähigkeit der Methoden: Die verfügbaren Methoden stellen meist sehr ausgefeilte Lösungen für ein spezielles Problem dar, denkt man zum Beispiel an durch Computerprogramme unterstützte Bewertungsschemata. Die Frage, ob diese Methoden tatsächlich verlangt werden, oder ob Entwickler sich nicht vielmehr mit dringenderen Problemstellungen konfrontiert sehen, bleibt unbeantwortet. Methoden umweltgerechter Produktentwicklung mögen gut und sinnvoll sein. Sie „holen“ aber den Entwickler nur unzureichend bei seiner Entwicklungstätigkeit ab. Der Entwickler erkennt oft keinen Zusammenhang zwischen seinem Problem und den Methoden.

3.4 Erkenntnisse und Schlussfolgerungen aus den Beispielen

Für die beschriebenen Beispiele A und B muss zunächst das Verständnis des Entwicklers von seiner Tätigkeit nachvollzogen werden. Sicherlich gibt es Entwickler, welche die in der

Entwicklungsmethodik verankerten Denkprozesse bereits verinnerlicht haben. Dies kann bewusst in Form einer Methodenanwendung erfolgen oder unbewusst in Form eines routinierten Vorgehens. Letztendlich soll mit der Entwicklungsmethodik den eher unmethodischen Entwicklern Unterstützung geboten werden. Um sich allerdings in der „Methodenwelt“ zurechtzufinden, muss man wiederum viel Erfahrung mit Methoden mitbringen; denn viele Inhalte der Entwicklungsmethodik erfordern einen hohen Kenntnisstand. Eigenartigerweise setzt der Zugang zu Methoden das Denken in der „Methodenwelt“ voraus. Man könnte behaupten, die Methodik „beißt sich an dieser Stelle in den eigenen Schwanz“.

Die Beispiele verdeutlichen, dass der Entwickler mehr lösungsorientiert als problemorientiert arbeitet. Für ihn steht im Vordergrund, am Ende des Vorgangs ein detailliertes Lösungskonzept auf dem Tisch liegen zu haben. Damit ist das Streben nach einer ersten Lösung dominanter als das Streben nach der Durchdringung des Problems und einer folglich idealeren Lösung. Zudem steht für den Entwickler das technische Produkt im Vordergrund und weniger sein zugrunde liegender Entwicklungsprozess. RUTZ (1985, S. 29) formulierte hierzu schon damals, dass für den Konstrukteur das Objekt von Interesse sei und nicht die eigenen Gedankengänge.

GÜNTHER (1998, S. 132) führt dies zum Beispiel auf die Schwerpunkte der Ausbildung zurück: Bei der Ausbildung zum technischen Zeichner, Techniker oder Meister wird weniger die Sicht auf den Konstruktionsprozess betont, sondern Schwerpunkt ist das Produkt beziehungsweise die technische Zeichnung als Endergebnis des Prozesses. Damit wird auch weniger Gewicht auf das konzeptionelle Arbeiten und die Auswahl prinzipieller Lösungen gelegt.²⁹

Mit oder ohne methodische Vorgehensweise: Das Ergebnis des Vorgangs muss die detaillierte Konzeptskizze sein. Was müsste aber dann aus Sicht der Entwicklungsmethodik über die Generierung dieser Konzeptskizze hinaus noch passieren und warum? Und welche Schritte führen zu einer besseren Konzeptidee?

3.4.1 Durchdringung des konstruktiven Problems

Zunächst wäre zur Findung eines idealen Lösungskonzepts die Durchdringung des Problems erforderlich. Im Fallbeispiel A hätten die von der Marketingabteilung und Geschäftsführung genannten Faktoren Gewicht und Kosten vom Entwickler konkretisiert werden müssen: Auf welche konstruktiven Eigenschaften des derzeitigen Produkts sind die hohen Kosten und das hohe Gewicht zurückzuführen? Was sind Schwachstellen des aktuellen Produkts? Das Erkennen des eigentlichen Problems stellt meist einen schwierigen Schritt dar. Schließlich entscheidet der Entwickler selbst, wann er von der Analyse des Systems zur Suche nach

²⁹ GÜNTHER (1998, S. 133) führt zusätzlich als Ursache an, dass der Entwickler eine Minimierung des kognitiven Aufwands anstrebt. Das heißt, eine Lösungsidee aus dem Gedächtnis abzurufen und gleich umzusetzen, ist weniger aufwändig, als mehrere Alternativen zu erarbeiten und bewerten zu müssen. Der Autor kann diese Beobachtung vollständig nachvollziehen. Allerdings soll hier vom motivierten Entwickler mit Bereitschaft zur Methodenanwendung ausgegangen werden.

Lösungsideen übergeht. Ob und in welchem Umfang er das Problem durchdrungen hat, wird ihm nicht angezeigt. Am Beispiel der Siebanlage hätte man sich mit der Ansicht zufrieden geben können, dass die Löcher im Auffangtrichter erforderlich sind, da der gesiebte Feststoff noch zu viel Flüssigkeit enthält. Der hinterfragende Entwickler hingegen würde dem „zu viel“ an Flüssigkeit auf den Grund gehen. Er käme zum Analyseergebnis, dass die Spritzdüsenleiste den Feststoff wieder mit Flüssigkeit versetzt und damit ein widersprüchlicher Effekt in der Konstruktion enthalten ist. Dadurch hätte er eine wichtige Schwachstelle des Konstruktionskonzepts aufgedeckt.

Selbst wenn Entwickler den Bedarf einer tieferen Problemdurchdringung erkennen, fällt es ihnen gelegentlich schwer, die Analyse durchzuführen. Besonders bei komplex erscheinenden Systemen kann man mit der Problemdurchdringung überfordert sein. Man weicht dann eventuell auf ein Verhalten des „Stützens auf Details“ aus, das heißt, dass sich der Entwickler mit Detailproblemen beschäftigt, die für ihn einfacher zu lösen sind. Obendrein ist sein Gewissen beruhigt, da er „etwas“ tut, um das Produkt zu verbessern. DÖRNER (1989, S. 87ff) nennt dieses Phänomen „Reparaturdienstverhalten“. Dieses Verhalten könnte im Fallbeispiel A Mitursache gewesen sein und hat eventuell dazu geführt, dass der Entwickler sich nicht mit den wirklichen Problemen des Siebungsprozesses beschäftigte.

Die Durchdringung des Problems ist insofern wichtig, da sie entscheidend für die Qualität des Konstruktionsergebnisses ist. Erst wenn das Problem verstanden wird, können effektive Maßnahmen eingeleitet werden. Erst dann können auch Methoden zur Lösungssuche an der richtigen Stelle eingesetzt werden, da die Lösungsideen auf die Behebung des eigentlichen Problems ausgerichtet sind. GRAMANN (2003, S. 37f) beschreibt, dass die selbstkritische Betrachtung und damit stete Anpassung der eigenen Problemmodelle entscheidend für den Erfolg seien.

Die selbstkritische Betrachtung gilt auch für weitere Schritte neben der Problemdurchdringung. So ist auch bei der Suche nach Lösungsideen eine kritische Haltung erforderlich, um Lösungsalternativen zu generieren. Gibt man sich mit einem ersten Wurf zufrieden, bleibt die Suche nach weiteren Möglichkeiten aus.³⁰ Die Kritik erfolgt nicht nur auf Ebene des Produkts („Ist die Lösungsidee gut genug?“) sondern auch auf der Ebene des eigenen Denken und Handelns („Habe ich schon verschiedene Lösungsmöglichkeiten durchgespielt?“). Welche Mechanismen führen zur selbstkritischen Betrachtung?

3.4.2 Mechanismen selbstkritischer Betrachtung

Um zu einer kritischen Betrachtung zu gelangen, muss der vorwärts gerichtete Lösungsfindungsprozess unterbrochen werden. Es wird ein Bewertungsschritt eingefügt, der das aktuelle Ergebnis in Frage stellt, zum Beispiel durch die Abstraktion, bei der das Ergebnis aus einer höheren Ebene betrachtet wird. Innerhalb der Lösungssuche kann dies bedeuten, dass man den Suchraum zum Beispiel nicht auf gestalterische Alternativen beschränkt, sondern auch

³⁰ BADKE-SCHAUB & DÖRNER (2002, S. 37ff) zeigen anschaulich anhand von Konstruktionsbeobachtungen die Fixierung auf eine erste Lösungsidee in Zusammenhang mit Bild und Sprache.

das zugrunde liegende Wirkprinzip des Produkts variiert. Am Beispiel der Siebanlage wurde beschrieben, dass die Lösungsalternativen sich nicht nur im Bereich der Siebanordnung bewegen, sondern auch das Konzept „Trennen von Flüssigkeit und Feststoff mittels Sieb“ in Frage gestellt werden kann. Hierzu ist eine Abstraktion von „Sieben“ zu „Trennen von Flüssigkeit und Feststoff“ nötig. Erst dadurch gelangt man zu der Idee, das bislang verwendete Wirkprinzip „Sieben“ in Frage zu stellen.

Ebenso ist oft ein erster Abstraktionsschritt notwendig, um Methoden anwenden zu können. Will man eine Methode für das Problem „Wie reduziere ich das Gewicht der Siebanlage?“ finden, so muss man diese Frage abstrahieren zu „Wie erkenne ich die Ursachen der Schwachstelle ‚Gewicht‘ an meinem Produkt?“ Erst dann gelingt der Abgleich mit Methoden, die zur Beantwortung dieser Frage helfen können. Schließlich gibt es keine Methode „Gewichtsreduktion von Siebanlagen“, wohl aber Methoden zur Schwachstellenanalyse. BADKE-SCHAUB & FRANKENBERGER (2004, S. 35) bestätigen die notwendige Abstraktion der eigenen Situation, um sie mit allgemein gültigen Methoden vergleichen zu können.

Wurde die Situation in geeigneter Weise abstrahiert, so muss sie in den Zusammenhang mit der „Methodenwelt“ gebracht werden. Die abstrahierte Frage „Wie erkenne ich die Ursachen der Schwachstelle ‚Gewicht‘ an meinem Produkt?“ muss mit Methoden der Schwachstellenanalyse abgeglichen werden, will man eine dieser Methoden anwenden. Auch die abstrahierte Lösung des Siebens muss in einen Zusammenhang mit anderen Lösungsmöglichkeiten gebracht werden. Dafür ist eine gedankliche Strukturierung notwendig. Detailprobleme können dadurch einem Grundproblem zugeordnet, Situationen in einem Gesamtkontext verstanden werden.

Problematisch ist dabei die Einordnung der eigenen Situation in die Strukturierungswelt der Methoden. Noch dazu werden Methoden nach verschiedenen Strukturierungsansätzen angeboten (s. Kapitel 2). Ist zum Beispiel ein Gliederungspunkt dieser Strukturierung „Funktionen modellieren“ – dahinter verbergen sich verschiedene Methoden der Funktionsmodellierung – muss der Entwickler zu allererst erkennen, dass es sich bei seiner Situation um die Problematik des Funktionsmodellierens handelt. Ohne diese Verknüpfung kann kein Zusammenhang zwischen eigener Situation und Methodensprache hergestellt werden.

Für den mit Methoden unerfahrenen Entwickler klafft eine Lücke zwischen eigenem Bewusstsein und dem erforderlichen Bewusstsein für Entwicklungsmethodik. Die angesprochenen Mechanismen verhelfen zur Überwindung dieser Lücke. Weshalb aber sind diese Mechanismen nicht einfach zu erreichen?

3.4.3 Bewusstseinshorizonte eines Entwicklers

Grundsätzlich ist – auch an sich selbst – zu beobachten, dass man in unterschiedlichen Bewusstseinshorizonten denkt. Ein Entwickler denkt bei der Bearbeitung einer technischen Aufgabe natürlich vorwiegend über die Produktlösung nach. BADKE-SCHAUB & DÖRNER (2002, S. 28) zeigen dies durch eine Befragung von Konstrukteuren nach deren Lösungssuche: Ein großer Anteil der Prozesse wurde nicht bewusst erlebt. Nur vereinzelt ist dem Entwickler während des Arbeitens am Problem bewusst, dass er diese Aufgabe im Rahmen eines Entwicklungsprojekts erledigt. So erinnert er sich beim Blick auf den Kalender zum

Beispiel an den Zeitplan des Projekts, da seine Aufgabe bis zu einem bestimmten Tag erledigt sein muss. Dieses Beispiel zeigt bereits zwei Bewusstseinshorizonte unterschiedlicher Tiefen: Zum einen handelt es sich um die direkten Gedankengänge zum technischen Problem (zum Beispiel: „Wie befestige ich dieses Element?“). Zum anderen wird eine übergeordnete Thematik bedacht (zum Beispiel: „Wo bin ich?“ oder „Was tue ich hier?“).

Wie kann man die Bewusstseinshorizonte strukturieren?

GIAPOULIS (1998, S. 101ff) stellt ein 3-Ebenen-Modell vor, das eine hierarchische Abgrenzung von strategischer Planung, operativer Planung und Ergebnisebene aufzeigt (s. Bild 3-6). Der Begriff „Strategie“ vermittelt zugleich die zugrunde liegende Orientierung des Modells: Es eignet sich sehr gut zur Sortierung von Entscheidungsschritten innerhalb eines Entwicklungsprozesses (zum Beispiel, ob der Entscheidungsschritt aus der strategischen Ebene „überliefert“ wurde oder in der operativen Planung selbst erfolgte).

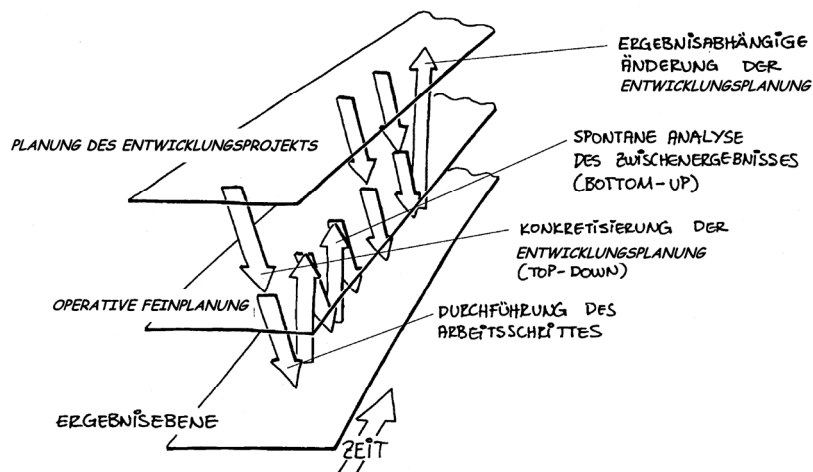


Bild 3-6: 3-Ebenen Modell (nach GIPOULIS 1998, S. 101ff)

Bei SCHÖN (1987, S. 114ff) findet sich die „Ladder of Reflection“:³¹

- Designing (tatsächliches Entwerfen)
- Description of designing (Überlegungen zum Entwerfen, zum Beispiel: „Ich würde dieses Element gerne hier anbringen, geht aber nicht, weil...“)
- Reflection on description of designing (Fragen stellen zu den Überlegungen, zum Beispiel: „Warum denkst du, dass dieses Element hier nicht angebracht werden kann?“)
- Reflection on reflection on description of designing (Fragen zum Vorgehen stellen, zum Beispiel: „Macht es Sinn, nun über die Anbringung des Elements nachzudenken?“)

³¹ Die Grundlagen hierfür wurden in SCHÖN (1983) geschaffen.

Die „Ladder of Reflection“ weist bereits darauf hin, dass es verschiedene Bewusstseinshorizonte zu einer Situation in der Produktentwicklung gibt. Die Situation kann aus unterschiedlichen „Ebenen“ betrachtet werden.

PACHE ET AL. (2001) gehen vertieft auf das Skizzieren in den frühen Phasen der Produktentwicklung ein. In einer umfangreichen Versuchsreihe werden Entwickler beim Skizzieren beobachtet. Die Autoren leiten daraus ab, dass die Skizze nicht nur als reines Dokumentationsmedium verwendet wird. Sie ist darüber hinaus eine Hilfe bei der Problemlösung: Eine Skizze repräsentiert nicht nur technische Komponenten, sondern auch Funktionseigenschaften, wie zum Beispiel Bewegungen. Es sollen mit diesen Beobachtungen erforderliche Eigenschaften für zukünftige, rechnerunterstützte Skizzierwerkzeuge begründet werden, die verschiedene Abstraktionsgrade eines Skizziervorgangs beinhalten. Die Abstraktionsgrade befähigen den Entwickler, einen hohen Informationsgrad zu Papier zu bringen und von dort auch wieder zu nutzen. Der Entwickler „kommuniziert“ demnach mit der Skizze. Eine Struktur der Abstraktionsgrade ist der Arbeit leider nicht zu entnehmen.

Wichtig für die vorliegende Arbeit ist das Hinterfragen der Denkprozesse, die zu einer selbstkritischen Betrachtung führen (Was spielt sich im Kopf ab?). Ein Modell zur Beschreibung des Entwicklers im Kontext seiner Funktion von MOTTE & BJÄRNEMO (2004) gab dem Autor der vorliegenden Arbeit einen zusätzlichen Impuls zum Versuch der Strukturierung der Bewusstseinshorizonte eines Entwicklers (s. Bild 3-7).

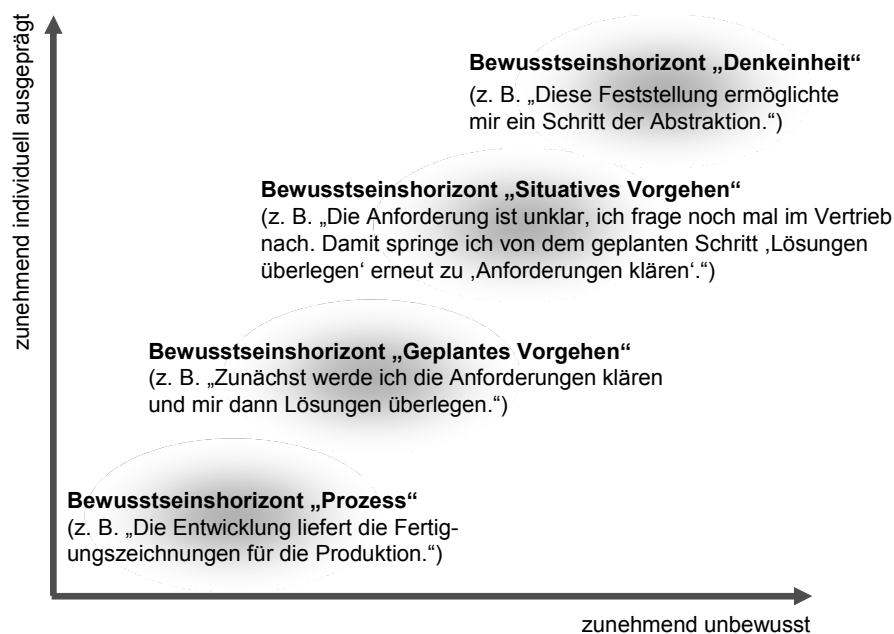


Bild 3-7: Bewusstseinshorizonte eines Entwicklers

- **Bewusstseinshorizont „Prozess“**
Mit dem Bewusstsein über den Prozess kann der Entwickler seine Rolle im Unternehmen einordnen. Er beantwortet sich damit die Fragen nach der Position im Gesamtprozess der Produktentstehung (zum Beispiel: „Die Entwicklung liefert die Fertigungszeichnungen für die Produktion.“) oder der Position in Teilprozessen einer

Entwicklung (zum Beispiel: „Ich bin in der Vorentwicklung der Baugruppe ‚Gehäuse‘ tätig.“). Hierunter fallen auch die vorgegebenen Schritte zur Bearbeitung der gestellten Aufgabe, beispielsweise Meilensteine, die von der Entwicklungsleitung definiert sind.

- *Bewusstseinshorizont „Geplantes Vorgehen“*
Dem Entwickler ist damit klar, dass er sein Vorgehen zu Beginn der Bearbeitung der gestellten Aufgabe geplant hat. Dies kann ein gedankliches Durchspielen der erforderlichen Schritte sein (zum Beispiel: „Zunächst werde ich die Anforderungen klären und mir dann Lösungen überlegen.“) oder aber ein dokumentiertes Vorgehen, etwa durch eine Ordnerstruktur, in denen die Teilergebnisse abgelegt werden.
- *Bewusstseinshorizont „Situatives Vorgehen“*
Bei unerwarteten Situationen kann es erforderlich sein, das geplante Vorgehen zu ändern. Im Bewusstsein kann der Entwickler diese Änderung im Zusammenhang mit dem geplanten Vorgehen einordnen (zum Beispiel nach Aufstellung der Anforderungen: „Die Anforderung ist unklar, ich frage nochmals im Vertrieb nach. Damit springe ich von dem geplanten Schritt ‚Lösungen überlegen‘ erneut zu ‚Anforderungen klären‘.“).
- *Bewusstseinshorizont „Denkeinheit“*
In der genaueren „Auflösung“ des Vorgehens könnte man statt von Vorgehenschritten auch von „Denkeinheiten“ sprechen. Gegebenheiten einer Situation rufen beim Entwickler eine – vor allem auf Erfahrung basierende – Denkeinheit hervor, mit der die Schwierigkeit der Situation bewältigt werden kann. Beim Bewusstseinshorizont „Denkeinheit“ ist dem Entwickler bewusst, dass er diese Denkeinheit momentan anwendet oder im nächsten Schritt anwenden möchte (zum Beispiel nach der Feststellung, dass die von der Vertriebsabteilung gestellte Anforderung, anstelle einer allgemeinen Forderung, eigentlich bereits eine konkrete Lösungsmöglichkeit beschreibt: „Diese Feststellung ermöglichte mir ein Schritt der Abstraktion.“).

Man erkennt an den angeführten Beispielen, dass die Formulierungen immer unnatürlicher klingen. Dies liegt daran, dass man im Allgemeinen Gedanken, wie „Das war ein Schritt der Abstraktion“ selten formuliert, sondern „einfach tut“. Allerdings ist das „einfach tun“ ein entscheidender Punkt bei der Unterscheidung von guten und weniger guten Entwicklern. Das Bewusstsein über die unterschiedlich tief gehenden Bewusstseinshorizonte zu haben, ist bei weitem nicht einfach. Im Gegenteil: Vom Bewusstseinshorizont „Prozess“ zu „Denkeinheit“ gerät man zunehmend in unbewusste Strukturen, die oftmals mit Erfahrung oder Intuition³² kompensiert werden müssen. Gute Entwickler haben das Bewusstsein für diese unterschiedli-

³² Weitere Ausführungen zum Begriff der Intuition beim Konstruieren bei HUBKA & EDER (1992, S. 22ff). Intuition wird in DUDENREDAKTION (2001, S. 505) als „Eingebung“, „ahnendes Erfassen“ und „unmittelbare Erkenntnis (ohne Reflexion)“ beschrieben.

chen Tiefen und können situationsbezogen in die eine oder andere „Tiefensicht“, also den Bewusstseins­horizont, wechseln oder sie gleichzeitig betrachten.³³

Da der Entwickler objektbezogen vorrangig um den Fortschritt der technischen Aufgabe bemüht ist, fällt das „Innehalten“ und Betrachten der momentanen Situation schwer. Er müsste sozusagen in eine Vogelperspektive wechseln und sein Handeln reflektieren. Obendrein müsste dies in verschiedenen Abstraktionsebenen geschehen.

Warum ist dieser Schritt so entscheidend für die Methoden­anwendung?

Die beschriebenen Schlussfolgerungen zeigen, dass es schwierig sein kann, in einer Situation zu erkennen, welcher Schritt als nächstes sinnvoll wäre. Besondere Bedeutung kommt hierbei dem Begriff „erkennen“ zu. Denn handelt es sich um ein „stecken bleiben“ im Entwicklungsprozess, so provoziert man damit ein Nachdenken über das weitere Vorgehen. In der beschriebenen Problematik geht es hingegen darum, dass der Entwickler diesen Entscheidungspunkt nicht wahrnimmt. Er „übergeht“ diese Situation, ohne fest zu stellen, dass er methodischer hätte handeln sollen: Der Bedarf zur Anwendung von Methoden muss erkannt werden.

Die Bedarfserkennung ist entscheidend, da sie am Anfang der Methoden­anwendung steht. Dieser Schritt muss getan werden, um überhaupt zur Thematik der Methoden­anwendung zu gelangen. Als erstes Glied der Kette stellt die Bedarfserkennung nicht nur einen unabdingbaren Teil der Methoden­anwendung dar, sondern ist zugleich auch Aufhängungspunkt für alle weiteren Glieder der Methoden­anwendung. Es wäre beispielsweise unsinnig, die Problematik der Methodenauswahl zu diskutieren, während der Entwickler den Einstieg zur Methoden­anwendung noch gar nicht gefunden hat (s. Bild 3-8).

³³ In diesem Zusammenhang wird gelegentlich der Begriff „Metaebene“ gebraucht. Da der Begriff wiederum unterschiedlich verstanden wird und mit den vorgestellten „Bewusstseins­horizonten“ eine für dieses Problem detaillierte Darstellung gefunden wurde, wird „Metaebene“ an dieser Stelle bewusst nicht verwendet.

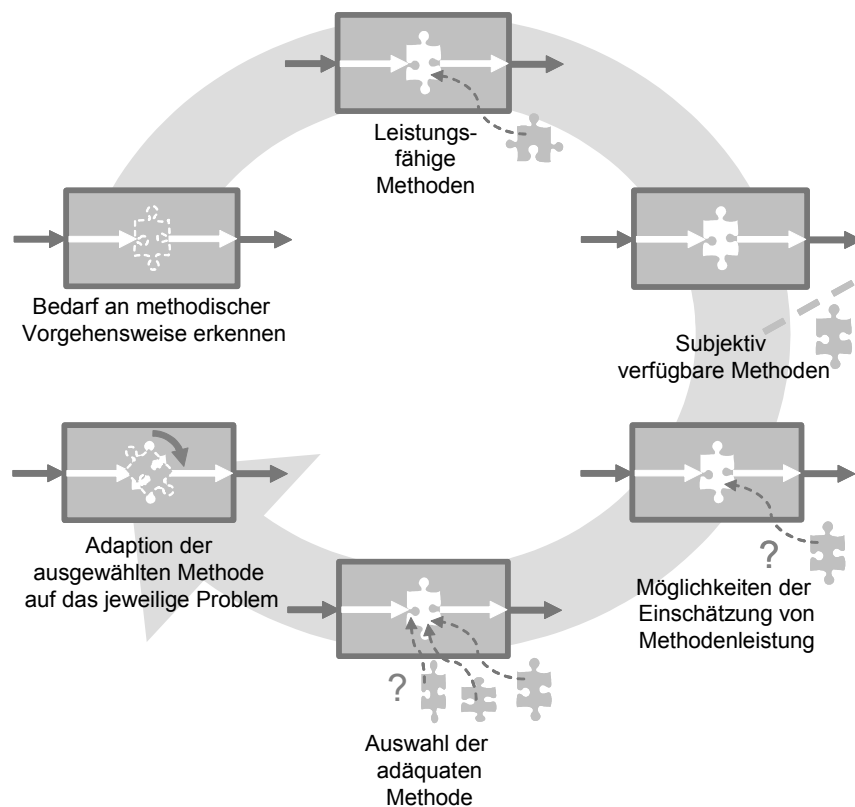


Bild 3-8: Der Weg zur Methodenanwendung

Betrachtet man das Angebot der Entwicklungsmethodik als eine Art „Methodenladen“, so könnte ein Entwickler sich darin eine für sein Problem passende Methode aussuchen und verwenden. Viele Ergebnisse der Forschung der Entwicklungsmethodik sind darauf ausgerichtet, die Regale zu füllen, zu sortieren und eine kundengerechte Beratung zu konzipieren. Die in diesem Kapitel vorgestellte Thematik beabsichtigt, den Entwickler überhaupt in den Methodenladen zu locken. Die Schlussfolgerung lautet kurz zusammengefasst: Ohne Bedarfserkennung keine Methodenanwendung!

3.5 Fazit dieses Kapitels

- Der Entwickler muss erst den Bedarf an methodischer Vorgehensweise erkennen.
- Hierzu ist eine selbstkritische Betrachtung erforderlich, indem er sein eigenes Denken und Handeln in Frage stellt, um es zu optimieren.
- Für die selbstkritische Betrachtung spielen seine Bewusstseins Horizonte eine entscheidende Rolle. Entwickler, die keine übergeordnete Perspektive einnehmen, haben Schwierigkeiten, sich auf eine selbstkritische Betrachtung einzulassen.
- Der Bedarfserkennung methodischer Vorgehensweise kommt insofern eine hohe Bedeutung zu, da sie am Anfang eines Wegs zur Methodenanwendung steht.

4 Der steinige Weg zur Routine in methodischer Vorgehensweise

In einem weiteren Analyseschritt wird ein zusätzliches Problem bei der Methodenanwendung aufgedeckt. Routine in methodischer Vorgehensweise zu erreichen, stellt derzeit eine große Hürde in der Praxis dar, die bislang nur durch viel Erfahrung genommen werden kann. Der routinierte Umgang mit Methoden ist unerlässlich, möchte man das Potenzial der Entwicklungsmethodik zur vollen Entfaltung bringen. Zwei Fallbeispiele sollen dies verdeutlichen: Im Fallbeispiel C wird der Aufbau eines Produktdatenmanagementsystems in einem Unternehmen beschrieben, wozu der routinierte Methodeneinsatz für ein erfolgreiches Vorgehen vonnöten war. Im Fallbeispiel D wurde ein Konstruktionsversuch unternommen, mit dem sich bislang abstrakte Forschungsstandpunkte durch die Analyse des Vorgehens der Versuchspersonen konkretisieren lassen.

4.1 Routinierte Anwendung von Methoden

Um Methoden wirklich routiniert einsetzen zu können, ist derzeit viel Übung und Erfahrung mit ihnen nötig. Erst dann wird der Umgang mit Methoden zum Zeit sparenden, wirksamen und individuellen Arbeitsstil. Dies ist der Idealfall methodischer Entwicklung, da unter geringem zusätzlichem Aufwand für die Methodenanwendung wirkungsvolle Ergebnisse erzielt werden, sobald sich das Einbauen methodischer Schritte in die eigene Vorgehensweise zu einem roten Faden im Prozess gestaltet (s. Bild 4-1).

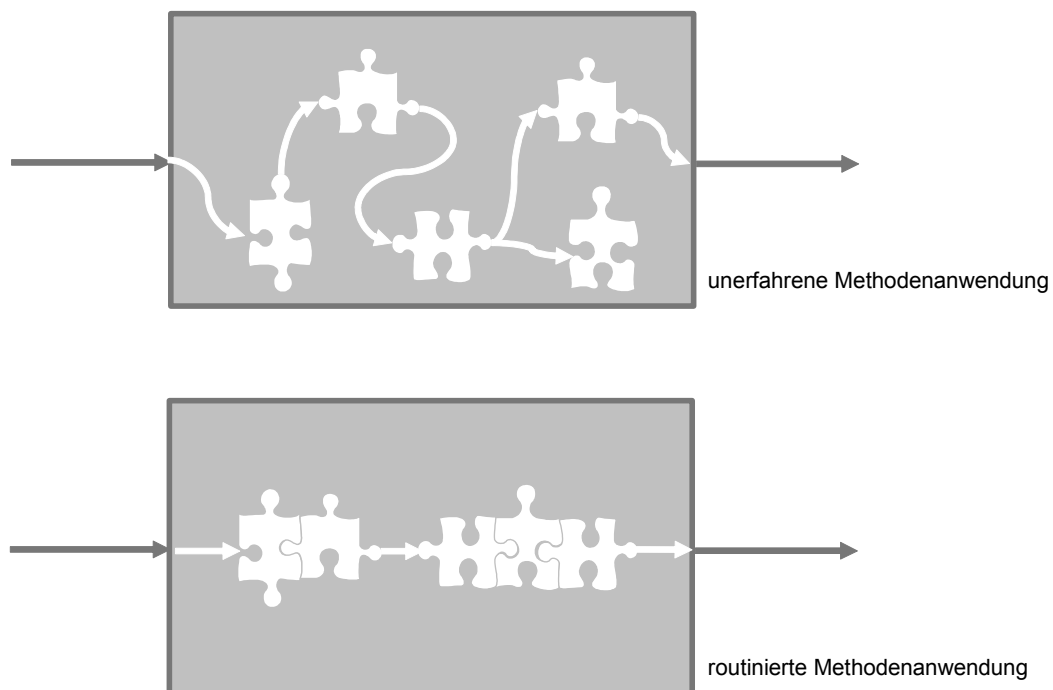


Bild 4-1: Weg eines unerfahrenen gegenüber dem eines routinierten Methodenanwenders

4.2 Fallbeispiel C: Aufbau eines Produktdatenamangementsystems

In einem interdisziplinären Forschungsprojekt³⁴ wurde der Aufbau eines Produktdatenmanagementsystems (PDM-System)³⁵ bei einem mittelgroßen Unternehmen der Automobilzulieferindustrie unterstützt. Das betrachtete Unternehmen hatte soeben ein weiteres Zulieferunternehmen übernommen und als Firmentochter eingegliedert. Beide Unternehmen konnten auf eine langjährige Geschichte zurückblicken. Das zugekaufte Unternehmen war dabei sogar noch älter, während das Mutterunternehmen selbst einen wesentlich größeren Mitarbeiterstamm besaß und einen höheren Umsatz erzielte. Daraus resultierte, dass viele Zukunftsentscheidungen, die nicht direkt die Produkte des Tochterunternehmens betrafen, von der Seite des Mutterunternehmens in der Unternehmensgruppe getroffen wurden. Durch die Akquisition wurden einige Abteilungen der beiden Firmen zusammengefasst, so die Personalabteilungen oder die Abteilungen Business Integration, die für die Bereitstellung der Rechnerausstattung zuständig waren.

Durch die verteilten Standorte des Unternehmens und die Akquisition des Tochterunternehmens bestand ein großes Potenzial in der Einrichtung einer weltweiten Unterstützung mittels eines PDM-Systems.³⁶ Daten über das Produkt und deren Baugruppen und -teile, aber auch Informationen zu dem aktuellen Stand der Entwicklung mussten weltweit verfügbar und zum Teil dezentral definierbar sein. Die Entscheidung für ein PDM-System lag nahe.

Auffallend war die Unterschiedlichkeit der Produkte der ehemals eigenständigen Unternehmen. Das Mutterunternehmen bezog hauptsächlich Teile, die von Firmen außerhalb des Automobilssektors geliefert wurden und montierte diese zu Produktsystemen. Das Tochterunternehmen hingegen entwickelte und produzierte wesentlich komplexere, wenn auch geometrisch kleinere Produkte, wofür ganz spezifische Grundbauteile notwendig waren. Diese prinzipielle Produktkenntnis erwies sich als entscheidend, da stark differierende Strukturen und Prozesse der Entwicklungsabteilungen durch die Produktsysteme geprägt waren.

Für den Aufbau eines PDM-Systems mussten die im Unternehmen vorliegenden Prozesse, zum Beispiel der Entwicklungsprozess, analysiert werden, um ihn im PDM-System abbilden zu können. Typische Fragestellungen galten der Freigabeprozedur von Entwicklungsdokumenten, der Handhabung von Produktänderungen oder der Produktstruktur selbst. Dazu

³⁴ Das Projekt „Dienstleistung Wissensmanager“ wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Ausschreibung „Wissensintensive Dienstleistungen“ über das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt als Projektträger unter der Nummer 01HW0206 gefördert. Projektinhalte und -ergebnisse beschreiben FORZI ET AL. 2003, FORZI ET AL. 2004, HUTTERER ET AL. 2004B, KREMER 2003A und KREMER 2003B.

³⁵ Produktdatenmanagementsysteme (PDM) sind auf Datenbanken basierende Systeme, die verschiedenen Mitarbeitern des Unternehmens standortübergreifend aktuelle Produktdaten, wie zum Beispiel Zeichnungen, Stücklisten oder Qualitätsdokumente bereit stellen können.

³⁶ Das Unternehmen besaß Entwicklungs- und Produktionsstandorte in Deutschland, Kanada, Ungarn, Mexiko, Malta und China. Zusätzlich ergaben sich durch das akquirierte Tochterunternehmen Standorte in Deutschland und Ungarn.

wurden Kenntnisse über die Prozessabläufe der einzelnen Fachabteilungen benötigt, um sie im PDM-System abbilden zu können (s. Bild 4-2).

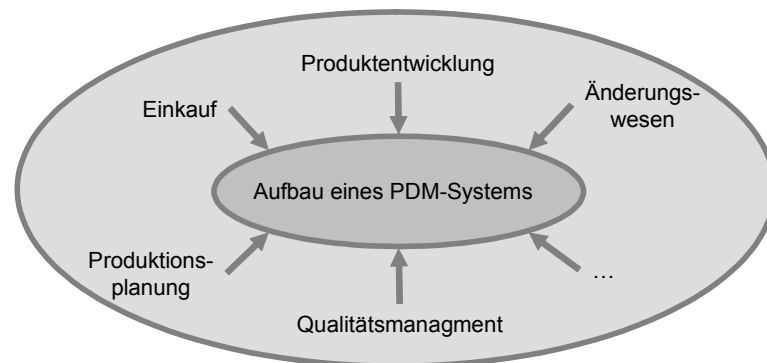


Bild 4-2: Wissensbeschaffung zum Aufbau des PDM-Systems

Die Analyse der Prozesse der Fachabteilungen entwickelte sich jedoch zu einer umfangreichen Problemstellung. Zum einen mussten die Prozesse aufgenommen werden. Waren deren Inhalte noch nicht explizit formuliert, so musste das implizite Wissen der beteiligten Mitarbeiter abgefragt und formuliert werden. So war es notwendig, Prozesse der Entwicklungsabteilungen erstmalig zu definieren. Zum anderen sollten in diesem Zuge die Prozesse der beiden Unternehmen möglichst angeglichen werden. Dazu mussten die relevanten Prozesse der beiden Unternehmen analysiert und verglichen werden. Um den Umfang des PDM-Systems so gering wie möglich zu halten, galt es zu berücksichtigen, dass die bestehenden Prozesse des Mutterunternehmens möglichst übernommen werden konnten (HUTTERER ET AL. 2004B).

Ein Teilpaket des PDM-Aufbaus bestand in der Eingliederung des Tochterunternehmens in die schon teilweise existierende PDM-Struktur des Mutterunternehmens. Hierfür musste das benötigte Wissen gesammelt, ausgewertet, strukturiert und dokumentiert werden, so dass auf dieser Basis von den unternehmensinternen Experten ein System implementiert werden konnte.

4.2.1 Wie wurde beim Aufbau vorgegangen?

Das Ziel des hier beschriebenen Schritts zum Aufbau des PDM-Systems lag im Transfer des Wissens von den Fachabteilungen zur Abteilung Business Integration. Alle relevanten Informationen sollten vorliegen, womit das System so entwickelt werden konnte, dass die gewünschten Anforderungen erfüllt wurden. Auch die späteren Nutzer des Systems sollten dem Ergebnis zustimmen, um damit in Zukunft arbeiten zu können.

Die Schwierigkeit lag in der Erfassung der relevanten Informationen, die zugleich verstreut auf verschiedene Abteilungen und zum Teil nicht dokumentiert waren. Deshalb wurden die betroffenen Mitarbeiter zu einem Workshop eingeladen, um in der Diskussion relevante Dokumente zu identifizieren, zum Beispiel Workflowdiagramme, und das Wissen der Mitarbeiter abzufragen. Dabei wurden die bestehenden Prozessabläufe aus der Summe der

Informationen analysiert und beschrieben. Auf einem Testserver konnten die Ergebnisse im PDM-System umgesetzt werden.³⁷ Den betroffenen Mitarbeitern wurde das implementierte Ergebnis präsentiert, worauf Änderungsanregungen eingingen und zu einem überarbeiteten Ergebnis führten.

Innerhalb der Moderation eines Workshops waren verschiedene Aspekte, die zur Sicherung eines produktiven Ergebnisses entscheidend beigetragen hatten, ausschlaggebend, zum Beispiel die

- Abfrage der relevanten Informationen mit gezielten Fragestellungen
- Vermittlung der Informationen an alle Beteiligte
- verständliche Übersetzung der Inhalte für die Sicht der jeweiligen Fachabteilungen
- Darstellung und Strukturierung der besprochenen Inhalte
- Kontrolle über die Vollständigkeit und Richtigkeit der Inhalte
- Klärung von widersprüchlichen Aussagen
- Klärung der Möglichkeiten im PDM-System
- Teamführung und Integration

Die Aufzählung zeigt, dass zahlreiche Aspekte innerhalb eines Workshops berücksichtigt werden mussten. Zudem war der Verlauf der Diskussion mit mehreren Teilnehmern aus verschiedenen Abteilungen – und damit verschiedenen Interessen – zu koordinieren. Eine einzige Aussage eines Teilnehmers konnte plötzlich die Richtung der Diskussion bestimmen und in eine für den Moderator und das Workshopziel unerwünschte Richtung gleiten lassen. Im Folgenden soll aufgezeigt werden, welches Vorgehen den Erfolg dieser Workshops sicherstellte.

4.2.2 Wodurch war das Vorgehen charakterisiert?

Das Ziel des jeweiligen Workshops und die zu behandelnden Inhalte wurden vorbereitend geklärt. Wenngleich während des Workshops keine Methode „nach Lehrbuch“ angewendet wurde, so war das Vorgehen dennoch von methodischem Charakter.³⁸ Der Erfolg der methodischen Vorgehensweise lag in – zum Teil auch sehr kurzen – Schritten während des Workshopverlaufs. Beispielsweise wurde vom Moderator erkannt, dass die von ihm und einem Teilnehmer diskutierten Gedanken über die Produktstruktur für andere Teilnehmer

³⁷ Der Testserver diene dazu, die Struktur des Tochterunternehmens im PDM-System aufzubauen, ohne dabei den Aufbau der Strukturen und die schon teilweise erfolgte Inbetriebnahme des PDM-Systems für das Mutterunternehmen zu beeinflussen.

³⁸ Sicherlich kann die Moderation an sich auch als Methode verstanden werden. Die situative Reaktion während der Moderation ist aber in Methodenbeschreibungen zur Moderation nur abstrakt beschrieben und beschränkt sich auf generelle Tipps.

nicht nachvollziehbar waren. Daraufhin wurde ein kurzer methodischer Schritt eingefügt, mit dem der Sachverhalt strukturiert dargestellt wurde. Anhand eines Baumdiagramms konnte der Hintergrund der Diskussion für alle transparent aufgezeigt werden (s. Bild 4-3). Da somit erreicht wurde, dass alle Teilnehmer gedanklich wieder in die Diskussion integriert waren, folgten daraufhin Wortmeldungen und weitere wichtige Anregungen der anderen Teilnehmer.

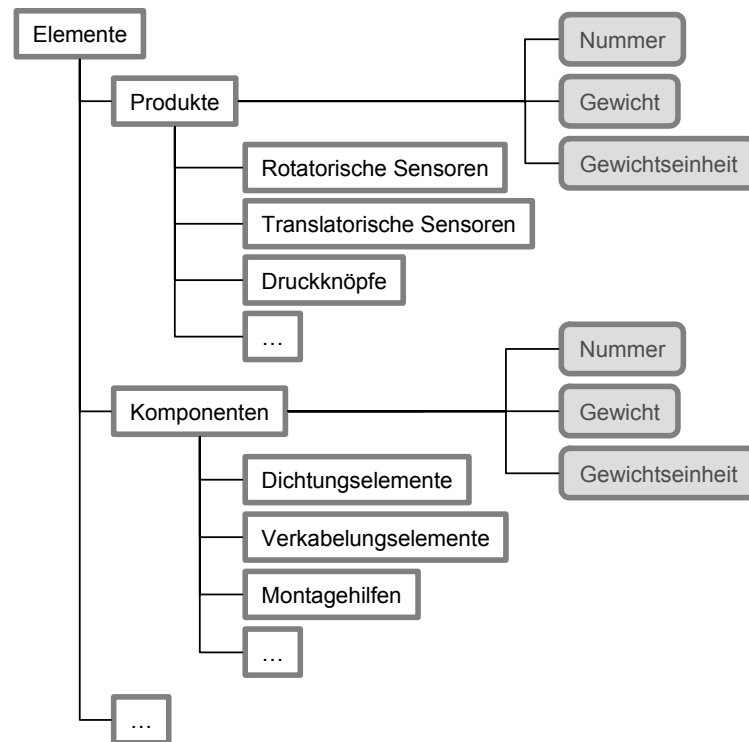


Bild 4-3: Baumdiagramm zur Strukturierung der Diskussion um die Produktstruktur des Unternehmens

Auch das Aufgreifen von Beiträgen aus der Teilnehmerrunde brachte das Konzept voran. Ein Konstrukteur gab zu bedenken, dass die Besonderheit so genannter Tabellenzeichnungen im PDM-System nicht abgebildet werden konnte und dadurch ein ernsthaftes Problem darstellte. Zunächst musste der Begriff „Tabellezeichnung“ geklärt werden: Wie sich herausstellte, handelte es sich um Zeichnungen, die ein Bauteil zwar nur einmal abbildeten, aber trotzdem mehrere verschiedene Bauteile spezifizierten. Dies können verschiedene Ausführungen einer Konstruktion – zum Beispiel unterschiedliche Durchmesser einer Bohrung – sein. Durch eine Tabelle im unteren Schriftfeld wurden für das mit einer Variablen eingetragene Maß verschiedene Größen aufgeführt (s. Bild 4-4).

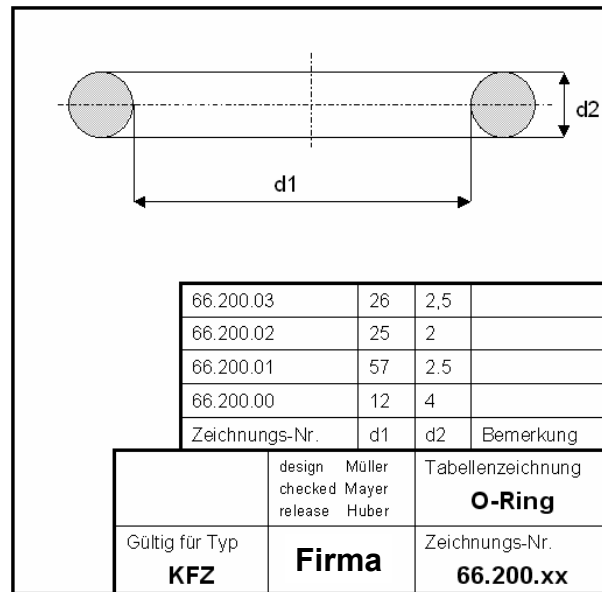


Bild 4-4: Schematisches Beispiel einer Tabellenzeichnung (nach FÜRST 2004, S. 73)

Es wurden damit Zeichnungen für verschiedene Bauteile zu einer Zeichnung zusammengefasst, da die Unterschiede der Bauteile sich im überschaubaren Umfang bewegten. Wie sollte diese Tabellenzeichnung nun in einem PDM-System gehandhabt werden, in dem jede Zeichnungsnummer einen eigenen Datensatz erhielt?

Bisher wurden bei den Zeichnungsnummern der Tabellenzeichnungen die veränderlichen Stellen durch Variable der Form „xx“ repräsentiert. Letztendlich wurde beschlossen, in Zukunft einer solchen Zeichnung ein Zeichnungsobjekt mit nur einer vollwertigen Nummer zuzuweisen. Auf der Zeichnung wurden nicht mehr die unterschiedlichen Zeichnungsnummern mit den jeweiligen Produktausprägungen vermerkt, sondern sofort die Artikelnummern, mit denen das Zeichnungsobjekt verknüpft war. In der Spalte „Zeichnungs-Nr.“ im oberen Schriftfeld der Zeichnung stand demnach „Artikel-Nr.“. Damit war das Problem der Integration von Tabellenzeichnungen in das PDM-System gelöst.

Eine methodische Herausforderung für den Moderator war die Abstraktion dieses Detailproblems. Die Aussage, das PDM-System funktioniere nicht, da es auch Tabellenzeichnungen gebe, konnten andere Teilnehmer des Workshops vorerst nicht nachvollziehen. Als kritisch stellte sich die unterschiedliche Sprache und Denkweise der Abteilungen heraus. Die Aufgabe des Moderators war, den detaillierten und wichtigen Beitrag aus der Konstruktionssicht in die Sicht aller Beteiligten zu abstrahieren. Hierfür wurde das vom Konstrukteur anhand einer konkreten, gezeigten Tabellenzeichnung deklarierte Problem auf eine „allgemeingültige“, das heißt auf eine bei Tabellenzeichnungen immer zutreffende Problematik transferiert. Damit konnte das Problem explizit und begrifflich dargelegt und alle Diskussionsteilnehmer wieder auf ein gemeinsames Wissensniveau gebracht werden. Speziell dieser Schritt erwies sich als erfolgreich, um einem „aneinander vorbei Diskutieren“ entgegen zu wirken. Zudem war erst dann eine Analyse der Möglichkeiten innerhalb des PDM-Systems möglich.

Neben der Anwendung solcher methodischen Einzelschritte war auch der situative und flexible Wechsel im Vorgehen von wesentlicher Bedeutung. Die ursprüngliche Idee, die Abfrage des Wissens durch geeignete Vorgehensweise auf nur einen Workshop mit der Fachabteilung zu reduzieren, musste schnell verworfen werden. So wurde während eines Workshops ein Wissensstand über die Prozesse in der Fachabteilung erarbeitet, der anschließend im PDM-System implementiert werden konnte. Mit diesem Ergebnis war ein erneuter Workshop angesetzt, in dem auf diesen ersten Lösungsansatz eine weiterführende Diskussion aufgebaut wurde. Eine Diskussion ohne den Zwischenschritt der Implementierung hätte die Besprechung zu einer „Endlosdiskussion“ ausarten lassen können. Zielführender war der Einschub von ersten Lösungsvorschlägen. Die stetigen Besprechungen kristallisierten sich somit als unabdingbarer Bestandteil des Vorgehens heraus (s. Bild 4-5).

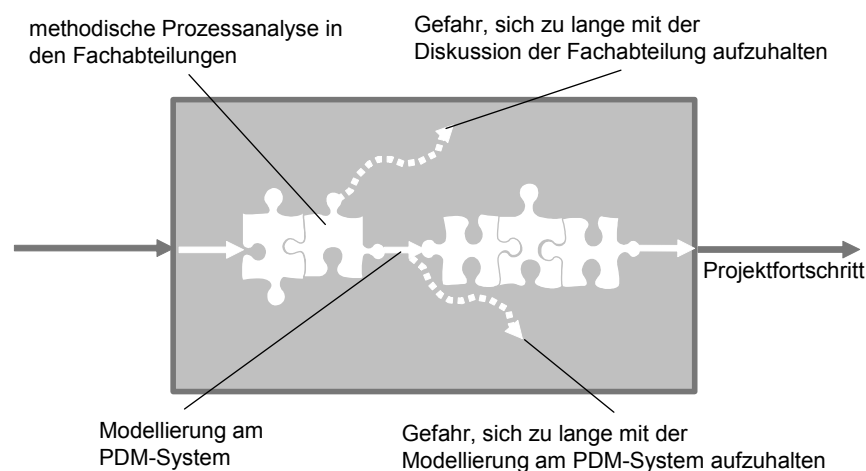


Bild 4-5: Vorgehen zur Konzipierung des PDM-Systems

Besonderer Wert wurde auf die methodischen Schritte im Vorgehen gelegt. Sicherlich ist der Erfolg eines Workshops noch von vielen weiteren Faktoren abhängig. Sollen beispielsweise Vorgehensweisen innerhalb der Prozessabläufe der Fachabteilungen, die bislang unstrukturiert oder ineffizient abliefen, in diesem Zuge verbessert werden, so müssen durch die Diskussion über Prozesswissen erstmalig Abläufe definiert werden. Dies erfordert etwas Sensibilität; denn werden Schwachstellen aufgedeckt, befürchten Mitarbeiter eventuell persönliche Bloßstellung und empfinden dies als Kritik suboptimaler Arbeitsweise. Die Integration der Mitarbeiter zu einem möglichst frühen Zeitpunkt kann spätere Barrieren verhindern helfen. Durch die stetige Zusammenarbeit und das Interesse an der Fachkompetenz der Teilnehmer wurde eine hohe Akzeptanz des Veränderungsprozesses im Unternehmen erreicht. Zum Beispiel wurden durch das Hinterfragen von Wissen oft Detailprobleme der Fachabteilungen angesprochen. Es ist nachvollziehbar, dass bei der Konfrontation mit neuen Vorgehensweisen, in diesem Fall durch die Nutzung eines PDM-Systems, bei den Betroffenen kritische Äußerungen ausgelöst werden. Diese zu ignorieren oder herunterzuspielen, kann Schaden an der Akzeptanz der angestrebten Lösung anrichten.

4.2.3 Worin bestand die Schwierigkeit der Methodenanwendung?

Die Workshops mit den Fachabteilungen waren fundamentaler Bestandteil des Aufbaus des PDM-Systems. Ohne die von den Fachabteilungen kommunizierten Inhalte hätte zwar ein PDM-System installiert, aber niemals in die Prozesse des Unternehmens implementiert werden können. Die Beteiligten mussten feststellen, dass der technische Teil des PDM-System-Aufbaus nicht die einzige Herausforderung darstellte. Vielmehr war die Verständigung zwischen den Beteiligten, vor allem durch ihre unterschiedlichen Kernkompetenzen (zum Beispiel Programmierspezialisten, Ingenieure im Entwicklungsprozess oder Mitarbeiter der Qualitätssicherung), ein nicht zu unterschätzendes Problem. Deshalb entschied eine gelungene Moderation der Workshops deutlich über Menge und Güte der abgefragten Informationen. Allerdings gibt es zur Abhaltung von Workshops dieser Art keine Methode. Schließlich gibt es auch keine Methode „Abfrage von Wissen zum Aufbau eines PDM-Systems“.

In Fallbeispiel C wurden zwei wesentliche Bestandteile der Moderation beschrieben, die Ungeübten in der Praxis Schwierigkeiten bereiten. Zum einen konnten zur Abhaltung der Workshops bestehende Methoden nicht in Reinform verwendet werden. Deshalb fanden Bestandteile aus Methoden, beispielsweise aus den Methoden „Moderation“ oder „Prozessanalyse“, Anwendung. Zum anderen war der Wechsel zwischen Analyse der Prozesse (in Form von Workshops) und Implementierung (am PDM-System) gezielt vorzunehmen.

Welche Herausforderungen stellte die Abhaltung der Workshops?

Bestehende Methoden wären in einem Fall zu umfangreich, im anderen Fall in einzelnen Schritten des Workshopverlaufs zu unpassend gewesen. Die Schwierigkeit bestand in der Anwendung von Bestandteilen von Methoden. Beispielsweise war eine kurze Abstraktion erforderlich, um den Fortschritt im Workshop sicherzustellen. Ein Diskussionsbeitrag wurde nicht von allen Teilnehmern verstanden, weshalb diese Situation erkannt und behoben werden musste. Der Diskussionspunkt wurde vom Moderator aufgegriffen und durch Hinterfragen eine Abstraktion des Beitragenden provoziert. Damit wechselte die Detailsicht des Teilnehmers schrittweise nachvollziehbar zu einer allgemein verständlichen Problemsicht. Unterstützt wurden solche Gesprächsverläufe oft durch anschauliche Grafiken: Wurden die Gedanken auf Papier gebracht, zum Beispiel auf einem Flipchart, konnte das Problem schneller identifiziert werden: Die Grafik bot eine nachvollziehbare Repräsentation der Inhalte.

Die Verwendung von Bestandteilen von Methoden war an dieser Stelle sehr erfolgreich. Sie erfordert jedoch viel Erfahrung im Umgang mit bestehenden Methoden. Vor allem der spontane Verlauf eines Workshops erfordert ein schnelles und vor allem flexibles Reagieren in Bezug auf die Auswahl des Methodenbestandteils.

Welche Herausforderungen stellte der Wechsel zwischen Analyse und Implementierung?

Der gezielte Wechsel zwischen Analyse und Implementierung stellte eine weitere Herausforderung im Vorgehen dar. Eine komplett nacheinander erfolgende Bearbeitung der Schritte

„Analyse der Prozesse“ und „Implementierung der Inhalte“ wäre ebenso unangebracht gewesen wie ein zu häufiger Wechsel, bei dem jeder analysierte Inhalt sofort implementiert worden wäre.

Die Vorstellung, zunächst einen Ist-Zustand zu analysieren, darauf aufbauend eine Lösung zu entwickeln und diese umzusetzen, konnte in dieser Linearität nicht erfüllt werden. Es war notwendig, die gesammelten Informationen aus dem Gespräch mit der Fachabteilung in einem ersten Lösungsentwurf umzusetzen, um diesen dann zu diskutieren und weiter anzupassen. Erst durch das „Konkretwerden“ wurden jene wichtigen Fragen aufgeworfen, die in einer Fortführung der Analyse ohne Implementierungsschritt nicht gefunden worden wären. Ohne einen ersten, rudimentären Lösungsvorschlag wäre die Abfrage relevanter Wissensinhalte nicht möglich gewesen. Es bestand die Gefahr, sich zu lange in den abstrakten Analysegedanken zu bewegen.

Ebenso wurde ein ineffizientes Vorgehen vermieden, indem zwischen Analyse und Implementierung nicht zu oft gewechselt wurde. Das unmittelbare Implementieren jeder neuen Information im PDM-System hätte den Prozess unnötig verlängert, da die Informationen der Fachabteilungen zunächst einen Reifegrad erreichen mussten. Dieser wurde durch zielorientierte Workshops erreicht.

Der Wechsel zwischen Analyse und Implementierung förderte auch die stetige Einbindung der Beteiligten und zukünftigen Nutzer des PDM-Systems, die somit an der Entwicklung der Lösung intensiv mitgewirkt hatten. Die Kunst lag also in der Angemessenheit zwischen Betreiben der Analyse und passendem Zeitpunkt zum Wechsel zur Implementierung. Die sichere Steuerung dieses Vorgehens musste beherrscht werden, um nicht mit hohem Aufwand in „Lösungssackgassen“ zu laufen.

4.3 Fallbeispiel D: Beobachtungen anhand eines Konstruktionsversuchs

Innerhalb eines Projektes mit dem Center for Design Research (CDR) an der Stanford University (Kalifornien, USA) konnte der Autor Entwickler bei ihrer Tätigkeit beobachten. Es wurde versucht, Entwicklungssituationen detailliert zu verstehen und damit neue Impulse für die Entwicklung und Bereitstellung von Methoden und Hilfsmitteln zu gewinnen (HUTTERER 2004).

Das Projekt am CDR, das zusammen mit dem Department of Design Manufacture and Engineering Management (DMEM) der University of Strathclyde (Schottland, UK) bearbeitet wurde, beinhaltete die Entwicklung einer Testumgebung zur Verbesserung der Informationsbereitstellung in Produktentwicklungsprozessen. Ein Schwerpunkt des Projekts war der Aufbau einer Wissensdatenbank, die durch die Bereitstellung von Videomaterial auch „tacit

knowledge“³⁹ für ein Entwicklungsteam zugreifbar werden lässt. Beispielsweise können damit interessante Entscheidungen anderer Entwicklungsprozesse nachvollzogen werden, die in traditionellen Dokumenten nicht erfassbar wären und nicht verfügbar sind. Ein weiterer Fokus war die Unterstützung global verteilter Entwicklungsteams (ERIS ET AL. 2005, JUNG 2004, UNIVERSITY OF STRATHCLYDE 2004).

Die Kooperation mit dem CDR bot die Möglichkeit, die gute Infrastruktur und die Erfahrungen auf dem Gebiet der Beobachtung von Entwicklern (TANG 1989, CARRIZOSSA ET AL. 2002) zu nutzen. Es wurde von zwei Versuchspersonen eine zweistündige Entwicklungstätigkeit ausgeführt und beobachtet. Mehrere in einem „Design Observatory“ installierte Kameras und so genannte „Headsets“ (am Kopf angebrachte Mikrophone) lieferten eine komplette Dokumentation des Vorgangs zur späteren Auswertung.

4.3.1 Wie war der Konstruktionsversuch aufgebaut?

Die beiden Versuchspersonen wurden eingeladen, im Design Observatory eine Konstruktionsaufgabe zu bearbeiten. Der Konstruktionsversuch sollte so realistisch wie möglich sein. Hierzu mussten Entscheidungen bezüglich des Arbeitsplatzes, des zeitlichen Rahmens und vor allem der Aufgabenstellung getroffen werden. Das Design Observatory als Arbeitsplatz bot den Vorteil, die Versuchspersonen abgeschottet von unerwünschten Einflüssen arbeiten zu lassen. Durch die fest installierten Kameras mussten die Beobachter nicht durch unmittelbare Anwesenheit das Geschehen beobachten, sondern konnten sich im angrenzenden Raum aufhalten und „störten“ somit nicht die Versuchspersonen (s. Bild 4-6 und Bild 4-7). Sie gaben sogar an, die „Laborbedingungen“ schon nach kurzer Zeit völlig vergessen zu haben. Die Kommunikation wurde über Mikrophone aufgenommen.⁴⁰

³⁹ Unter „tacit knowledge“ versteht man Wissen über Verhaltensweisen und mentale Zustände, auf das nicht ohne weiteres formalisiert zugegriffen werden kann. Ein Beispiel hierfür wäre der Teamgeist, der zum Beispiel nicht durch Dokumente, wohl aber durch ein mitgeschnittenes Video vermittelt werden kann.

⁴⁰ Der genaue Versuchsaufbau ist in JUNG (2004, S. 54ff) beschrieben.

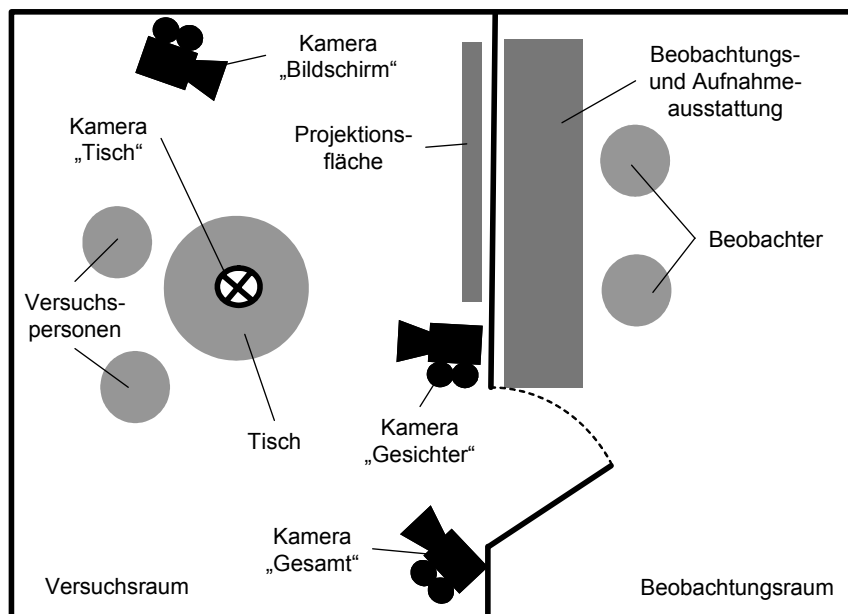


Bild 4-6: Aufbau des Konstruktionsversuchs (nach JUNG 2004, S. 62)



Bild 4-7: Zusammengestelltes Bild der vier Beobachtungskameras

Als Gegenstand der Konstruktion diente ein Produkt, das schon von anderen Entwicklerteams bearbeitet worden war. Damit konnten auch Videoaufzeichnungen und Dokumente bereits abgeschlossener Entwicklungsprozesse als Anregung bereitgestellt werden. Die Aufmerksamkeit des Gesamtprojekts galt der Beobachtung der Verwendung dieser Informationsmaterialien. Das Produkt war ein so genanntes „Paper Bike“, ein aus Pappe gefertigtes Fahrzeug. Studenten des Maschinenbaus an der Stanford University entwickeln, fertigen und testen jährlich ein Paper Bike. Nach nur zweiwöchiger Projektzeit treten mehrere Teams gegeneinander in einem Wettbewerb an (s. Bild 4-8).



Bild 4-8: Paper Bike im Wettkampf

Diese Entwicklungsaufgabe wurde zur Beobachtung der beiden Versuchspersonen genutzt, die die Räder eines der Paper Bikes umkonstruieren sollten. Es sollte ein geringeres Gewicht und zugleich eine Kostenersparnis erzielt werden. Zusätzlich wurde die Aufgabenstellung verschärft: Aus „Recyclinggründen“ sollten keine Klebstoffe in dem Konstruktionskonzept Verwendung finden (HUTTERER ET AL. 2004A).

Die Aufgabe lautete:

Dear design engineers,

In 2003, our sports gear manufacturing company commissioned 8 teams to design a high performance paper bike. After evaluating the resulting prototypes, we decided to mass-produce team A's design. Our tests of the initial 100 production units revealed that the chassis performed well and met our requirements. However, the performance of the wheels was not satisfactory because they were: 1) heavy; 2) prone to structural failure; 3) expensive to manufacture.

Therefore, we have decided to delay full production of the wheels and improve on team A's wheel design by commissioning you to redesign it. We would also like to inform you that our marketing department has formulated a new requirement: the new wheel will have to be manufactured from paper materials without the use of glue or adhesives due to emerging environmental (recyclability) concerns. Please keep in mind that the new wheel will have to fit onto team A's frame and axle design (we have already signed a manufacturing contract for 10000 frames). Finally, as a point of reference, you might find it useful to know that our test results indicate team B's wheel design to be of high performance.

Extensive written and audiovisual documentation on team A's as well as the other 7 teams' designs are available to you through two information systems. Before you begin your redesign activity, you will be given basic training as to how to use these systems. We expect your redesign sessions to take between 1 and 2 hours. When you are done, please document your redesigned wheel with annotated sketches, diagrams, and references to any digital library resources that might have influenced your thinking.

Good luck and have fun!

Für diese Aufgabe wurde eine Bearbeitungszeit von zwei Stunden gegeben. Nach einer 20-minütigen Einführung in die Arbeitsumgebung, speziell die Informationssysteme, wurde die Aufgabe ausgehändigt und die Beobachtung gestartet.

4.3.2 Wie wurde das Konstruktionsgeschehen ausgewertet?

Konstruktionsprozesse können mit verschiedenen Methoden ausgewertet werden. Ebenso ist es möglich, unterschiedliche Sichten während der Beobachtung, und damit unterschiedliche Ziele des Versuchs zu verfolgen.⁴¹ Dem Vorgehen der Versuchspersonen bei der Lösung der Aufgabe wurde in diesem Versuch das hauptsächliche Augenmerk gewidmet. Das Vorgehen wurde beobachtet und dokumentiert.⁴² Es waren die Sprünge von einem Entwicklungsschritt zum nächsten darzustellen, also ob beispielsweise der Schritt „Analyse des Ziels“ oder „Suche nach Lösungsalternativen“ erfolgte. Außerdem wurde versucht, Entwicklungssituationen zu charakterisieren.

Als Entwicklungsschritte wurden die des Münchener Vorgehensmodells (MVM) verwendet. Es stellt unter anderem ein Hilfsmittel zum Planen und eine Orientierungshilfe in Prozessen zur Problemlösung dar (LINDEMANN 2005, S. 39ff) und ist Bild 4-9 dargestellt.

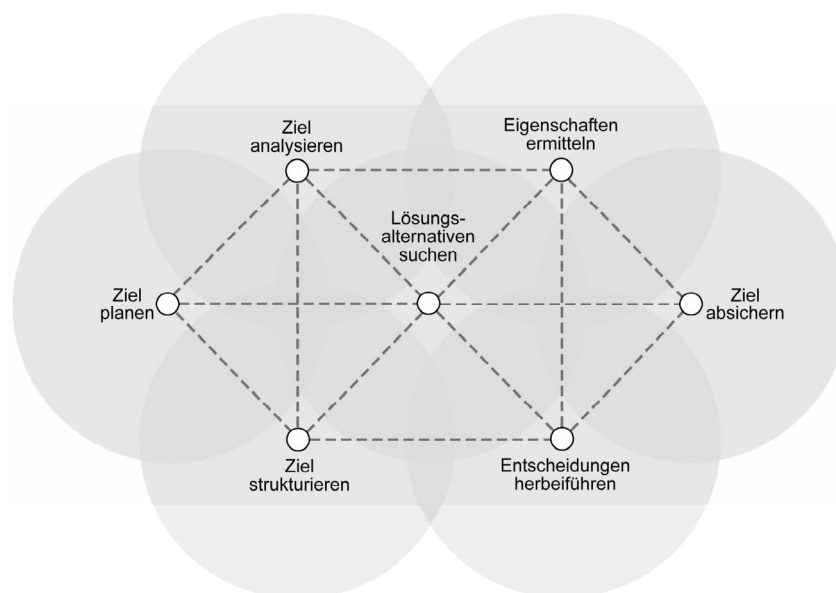


Bild 4-9: Das Münchener Vorgehensmodell (LINDEMANN 2005, S. 40)

⁴¹ An der TU Delft wurde ein Konstruktionsgeschehen gefilmt und an verschiedene Forschungsinstitute zur Auswertung gesendet (CROSS ET AL. 1996). Interessant ist, dass unterschiedliche Analysemethoden angewendet und individuelle Ziele der Auswertung verfolgt wurden. Somit ergaben sich aus ein und demselben Video verschiedenartige Beobachtungsergebnisse aus unterschiedlichen Sichten.

⁴² Für das Gesamtprojekt sollte an dieser Stelle aufgedeckt werden, ob die aufgebauten Informationsdatenbanken generell für das Entwicklerteam von Interesse waren. Besonders die Videodatenbank stellte einen Neugierigkeitsgrad dar.

In LINDEMANN (2005, S. 40f) werden die Schritte kurz erläutert:

- *Ziel planen*
Das Element „Ziel planen“ enthält eine Analyse der Situation und des vorhandenen Produkts bezüglich der Einflussgrößen (Markt, Produkt, Gesetz etc.) sowie die Klärung übergeordneter Anforderungen an ein neues Produkt. Ziel ist hierbei die Entwicklung konkreter Maßnahmen zur Produkt- und Prozessplanung.
- *Ziel analysieren*
Bei der „Analyse des Ziels“ werden konkrete und detaillierte Anforderungen an das neue Produkt geklärt. Zielkonflikte sollten bereits an dieser Stelle intensiv herausgearbeitet werden. Die Anforderungen werden in geeigneter Form dokumentiert, zum Beispiel in einer Anforderungsliste.
- *Ziel strukturieren*
Beim „Strukturieren des Ziels“ werden die Handlungsschwerpunkte ermittelt. Das vorliegende Problem wird dazu zunächst in Teilprobleme zerlegt. Um Schwerpunkte zu fokussieren, werden wesentliche Kundenanforderungen, technisch-physikalische Widersprüche und Freiräume für die Entwicklung herausgearbeitet. Daraus kann ein Problemmodell mit konkret formulierten Entwicklungszielen abgeleitet werden.
- *Lösungsalternativen suchen*
Das Element „Suche nach Lösungsalternativen“ beschreibt die Suche nach vorhandenen Lösungen, das Generieren neuer Lösungen sowie das Ergänzen, Ordnen und Vorauswählen von Lösungen für die jeweiligen Teilprobleme. Die Kombination alternativer Teillösungen zu möglichst optimalen Gesamtlösungsvorschlägen schließt dieses Element ab.
- *Eigenschaften ermitteln*
Unter „Eigenschaften ermitteln“ ist die Analyse der Ausprägungen technischer Systeme sowie von Lösungsalternativen hinsichtlich der als relevant erachteten Merkmale zu verstehen.
- *Entscheidung herbeiführen*
Das Element „Entscheidungen herbeiführen“ repräsentiert die Bewertung und Auswahl von Alternativen.
- *Ziel absichern*
Zur Verminderung von Risiken bei der Umsetzung trägt die „Zielabsicherung“ bei. Mögliche Risiken sollen hierbei erkannt und bewertet werden. Gegebenenfalls müssen Maßnahmen festgelegt und umgesetzt werden, um die ermittelten Risiken zu minimieren.

Das beobachtete Geschehen wurde den Schritten des Münchener Vorgehensmodells zugeordnet. Hilfreich war dabei die Aufzeichnung des Konstruktionsversuchs, da somit nicht in Echtzeit protokolliert werden musste, sondern eine schrittweise Auswertung anhand des Videos ermöglicht wurde. Die Schritte des Münchener Vorgehensmodells wurden als Spalten in die Protokollvorlage integriert (s. Bild 4-10). Dieses Prinzip wurde bereits von DYLLA (1991) genutzt. Der Zeitabschnitt je Protokolleintrag wurde auf 15 Sekunden festgelegt. Dies

stellte eine realisierbare Segmentierung dar, die dennoch Aussagen über das Springen zwischen den Schritten zulässt.

Mit Hilfe des Auswertungsschemas des Konstruktionsversuchs konnte der Verlauf der Entwicklungsschritte festgehalten werden. Der innerhalb eines 15 Sekundensegments beobachtete, wesentliche Entwicklungsschritt wurde in der passenden Spalte des Protokolls notiert. „Wesentlich“ deshalb, da innerhalb von 15 Sekunden auch ein Wechsel zu einem anderen Schritt stattfinden konnte. Beispielsweise konnten sich die Versuchspersonen zwölf Sekunden lang mit der Zielstrukturierung beschäftigen und die verbleibenden drei Sekunden innerhalb eines Segments mit der Lösungssuche. In diesem Fall wurde dann das Segment zugunsten der Zielstrukturierung vergeben, da sie den wesentlichen Anteil am Segment darstellt. Dennoch erlaubte die Segmentierung in 15-Sekunden-Schritten eine ausreichend genaue Analyse. Ein hohes Maß an Wechseln im Vorgehen konnte durch das Protokoll aufgedeckt werden (s. Bild 4-10).

ab	Inhalt	Ziel planen	Ziel analysieren	Ziel strukturieren	Lösungsalternative n suchen	Eigenschaften ermitteln	Entscheidung herbeiführen	Ziel absichern
9:45	"... we can not use adhesive..."							
10:00	"tape?... it has to be one piece of paper..."							
10:15	"... we have to do design 5 without glue..."							
10:30	"... I am assuming they glued the paper together..."							
10:45								
11:00	"... can we use the whiteboard?..."							
11:15	"... here it says..."							
11:30	"... we can put it together with... rivets"							
11:45	"... we should not copy, brainstorm!...look at others..."							
12:00	"... let us look for 6 other wheels..."							
12:15	"... that's a fancy one..."							
12:30								
12:45	"... this one is difficult without glue..."							
13:00	"... it would be impossible..."							
13:15	"... so it is like this with a rim..."							
13:30								
13:45	"... there is team t2..."							
14:00	"... ohhh..."							
14:15	"... jump to this..."							
14:30								
14:45								

Bild 4-10: Protokollierte Wechsel im Konstruktionsversuch

Ein typisches Beispiel für einen Wechsel des Vorgehensschritts war die unmittelbare Bewertung von Lösungsideen: Eine Idee zur Befestigung zweier Teile ohne Verwendung von Klebstoff wurde gefunden (Nietverbindung) und direkt im Anschluss daran bewertet. Dies entspricht im Münchener Vorgehensmodell einem Wechsel vom „Lösungsalternativen suchen“ zu „Eigenschaften ermitteln“ und „Entscheidung herbeiführen“. Nach der Entscheidung, diese Nietverbindung nicht weiterzuverfolgen erfolgte ein Wechsel zurück zu „Lösungsalternativen suchen“ (HUTTERER ET AL. 2004A).

Die Versuchskonstellation mit zwei Personen erlaubte eine gute Zuordnung der Schritte des Münchener Vorgehensmodells und dem Entwicklungsgeschehen. Durch die Kommunikation und die Notwendigkeit der Abstimmung zwischen den beiden Personen konnten die Denkvorgänge und Entscheidungen sehr gut „abgelesen“ werden. Die Charakterisierung der Entwicklungssituationen wurde in gesonderten Spalten notiert.

4.3.3 Welche Ergebnisse lieferte die Auswertung?

Die Auswertung lieferte einen Einblick in die Hintergründe des Vorgehens der Versuchspersonen. Es wurde bei der Auswertung zwischen Intention und Operation unterschieden. Außerdem wurde der Übergang von einem zum nächsten Entwicklungsschritt erfasst. Daraus entstand eine genaue Betrachtung von Iterationen, Divisionen und Rekursionen⁴³.

Intention und Operation

Die Charakterisierung der Entwicklungssituationen ergab eine bedeutende Erkenntnis: Eine Operation im Entwicklungsvorgehen kann verschiedene Intentionen haben, während eine Intention verschiedene Operationen auslösen kann (s. Bild 4-11).

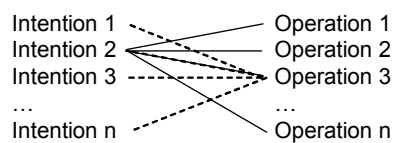


Bild 4-11: Zusammenhang zwischen Intention und Operation

Der Zusammenhang kann anhand eines Beispiels aus der Beobachtung verdeutlicht werden: An mehreren Stellen des Vorgehens untersuchten die Versuchspersonen ein bestehendes Produktbeispiel aus der Datenbasis. Anhand der darin bereitgestellten Informationen wurde beispielsweise die bestehende Konstruktion eines Paper Bikes begutachtet. Die Operation könnte man als „Analyse einer Konstruktion“ beschreiben. Diese oftmals erfolgte Operation hatte zu verschiedenen Zeitpunkten verschiedene Intentionen. An einer Stelle wurde mit dieser Operation versucht, die Konstruktion zu verstehen („Wie sieht die Konstruktion von Team 3 aus?“). An einer anderen Stelle im Vorgehen wurde die Operation verwendet, um neue Ideen zu gewinnen („Können wir eine Teillösung von Team 3 adaptieren?“). Die gleiche Operation fand zu einem anderen Zeitpunkt statt, um die Lösungsvielfalt wieder zu reduzieren („Wenn wir die Konstruktion von Team 3 sehen, können wir dann die beste Lösung identifizieren?“). Die Operation „Analyse der Konstruktion“ wurde von verschiedenen Intentionen ausgelöst. Die Konstruktion wurde analysiert, um beispielsweise

- die Aufgabenstellung zu verstehen
- das Problem der Aufgabe zu verstehen
- verschiedene Lösungen zu vergleichen
- sich Ideen für die Lösungssuche zu holen
- eine Lösung unter mehreren auszuwählen
- bestehende Konstruktionen bewerten zu können
- eine neue Lösungsidee bewerten zu können
- ...

⁴³ Unter Rekursion versteht man die Wiederholung einer Handlung (Folge von Handlungen) zur Lösung qualitativ anderer Probleme (LINDEMANN 2005, S. 290).

Auch der umgekehrte Zusammenhang wurde beobachtet. Die Intention, eine Konstruktionslösung unter verschiedenen Lösungen auszuwählen, führte an unterschiedlichen Stellen im Vorgehen zu unterschiedlichen Operationen. Zur Bewertung wurde die eigene Idee mit anderen existierenden Lösungen verglichen. Ebenso wurden zur Bewertung die geometrischen Dimensionen der Konstruktion ermittelt. In einem anderen Fall wurde die Konstruktion zur Bewertung in eine detaillierte Skizze überführt.

Dieser Zusammenhang deckt auf, wie ein Schritt im Vorgehen durch die unterschiedlichen Intentionen eine unterschiedliche Zielsetzung verfolgen kann. Er kann im einen Fall dem Gesamtziel „Entwicklung der Räder eines Paper Bikes“ dienen. Im anderen Fall mag er einem Teilziel dienen, zum Beispiel „Verständnis für die Eigenschaften eines Paper Bikes aufbauen“. Diese wichtige Unterscheidung spielt bei der folgenden Betrachtung der Rekursionen eine bedeutende Rolle.

Iterationen

Sind Iterationen im Vorgehen gut oder schlecht? Verfolgt man diese Fragestellung in der Literatur der Entwicklungsmethodik, so ergibt sich kein eindeutiges Bild. RÜCKERT (1997, S. 138f) schreibt, dass von der Konstruktionsmethodik ein iteratives Vorgehen empfohlen würde. GIAPOULIS (1998, S. 82) formuliert etwas vorsichtiger, dass Iterationsschritte häufig vorteilhaft seien, aber nicht den Konstruktionsprozess unkontrolliert dominieren dürften.

PAHL ET AL. (2003, S. 165f) sind der Ansicht, dass zwar einerseits von einer starren, sequentiellen Arbeitsweise in keiner Weise die Rede sein könne. Andererseits wird bekundet, dass das methodische Vorgehen es aber erreichen möchte, dass solche Iterationsschleifen möglichst klein blieben, um die Konstruktionsarbeit effektiv und zügig zu gestalten. Es wäre eine katastrophale Situation, wenn zum Beispiel am Ende der Entwicklung eines Produkts noch einmal von vorn angefangen werden müsste, was einer Iterationsschleife über den gesamten Konstruktionsvorgang entspräche.

Schließlich erkennt LINDEMANN (2005, S. 207), dass beim Einsatz von Arbeitsmethoden Iterationsschritte natürlich notwendig seien, doch können diese auf ein sinnvolles und dadurch handhabbares Maß reduziert werden.

Dennoch verbleibt ein bezüglich der Sinnhaftigkeit von Iterationen konträres Bild. Zum einen sind Iterationen auch im methodischen Vorgehen notwendig. Zum anderen ist es genau das Ziel der Entwicklungsmethodik, Iterationen zu vermeiden.

Die genaue Analyse des beobachteten Konstruktionsgeschehens ergab ein klareres Bild der Iterationen; denn die Auswertung brachte die Erkenntnis, dass zwischen sinnvollen und vermeidbaren Iterationen unterschieden werden kann.

Was sind vermeidbare Iterationen? Die Beobachtung des Vorgehens der Versuchspersonen deckte beispielsweise folgende vermeidbare Iteration auf: Im Schritt „Eigenschaften ermitteln“ wurde versucht, die gefundenen Lösungsalternativen zu bewerten. Dazu hätten die an die Konstruktion gestellten Anforderungen herangezogen werden und die Erfüllung der Anforderungen jeder Lösung beurteilt werden können. Dies gestaltete sich für die Versuchspersonen in diesem Moment als schwierige Aufgabe. Die Kriterien, wie sie aus den

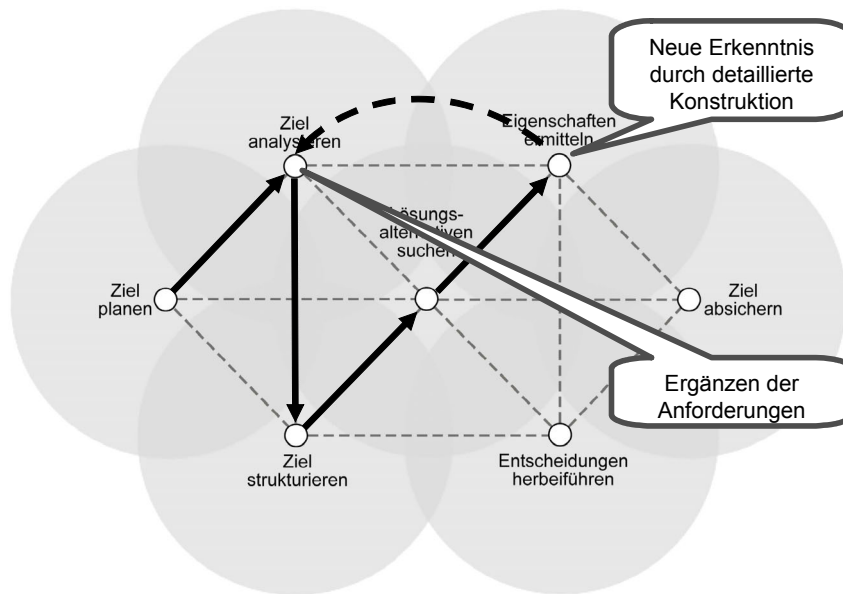


Bild 4-13: Sinnvolle Iteration: Wechsel zu „Ziel analysieren“, um Anforderungen zu ergänzen

Würde man in dieser Situation den Weg unbedacht fortschreiten und zum nächsten Punkt übergehen, würde man Gefahr laufen, Produktfehler zu spät – etwa im Prototypenstadium – zu entdecken. Der im Münchener Vorgehensmodell identisch darstellbare Wechsel kann folglich an dieser Stelle als sinnvoll angesehen werden, wohingegen er im Fall zuvor als vermeidbar eingestuft wurde.

Divisionen

Nach erfolgter Zielanalyse wurden für eine Teilfunktion, der Verbindung zwischen Lauffläche und Nabe des Rades, Lösungsalternativen gesucht. Die Verbindung hätte beispielsweise sowohl durch Speichen als auch durch ganze Scheiben realisiert werden können. Im Anschluss an die Lösungssuche wurden die Vor- und Nachteile der Radverbindungsstrukturen verglichen und eine bevorzugte Lösung festgelegt. Um nun die genaue Nabenkonstruktion zu entwickeln, erfolgte wieder ein Wechsel zum „Ziel analysieren“. Auch für die Nabe wurden dann Lösungsalternativen generiert und die Eigenschaften der Lösungen ermittelt (s. Bild 4-14).

Vorteil dieses Vorgehens ist, dass die Komplexität des Gesamtsystems Rad aufgebrochen wird und damit die Konzentration vollständig der Lösungssuche eines Teilsystems zur Verfügung steht. Dies funktioniert natürlich nur dann, wenn die Abhängigkeiten zwischen den Teilsystemen überschaubar sind. Das Auftrennen in Teilsysteme wäre weniger sinnvoll, wenn man feststellt, dass beispielsweise nach Bewertung der Lösungen für die Nabe keine davon mit der ausgewählten Radverbindung kompatibel ist. Ein erneuter Rücksprung für die Konstruktion der Radverbindung wäre notwendig gewesen.

Rekursionen

Rekursiv gingen die Versuchspersonen zum Beispiel beim „Ziel analysieren“ vor. Es wurden dabei Informationen zu Konstruktionen bereits bestehender Paper Bikes gesucht. An dieser Stelle wurden sie nicht zur Entwicklung einer Lösung herangezogen, vielmehr wollten die Versuchspersonen zunächst eine Vorstellung davon bekommen, wie Paper Bikes aussehen könnten. Speziell für ihre Aufgabe war von Interesse, sich verschiedene Lösungsalternativen für die Radkonstruktion anzusehen. Im Münchener Vorgehensmodell entspricht dies dem Punkt „Lösungsalternativen suchen“. Mit dem bisherigen Verständnis könnte man diese Schrittfolge wie in Bild 4-16 darstellen. Zur Zielanalyse war für die Versuchspersonen der Punkt „Lösungsalternativen suchen“ Voraussetzung. Erst dann konnte der Schritt „Ziel strukturieren“ erfolgen, worauf sich eine erneute Suche nach Lösungsalternativen anschloss.

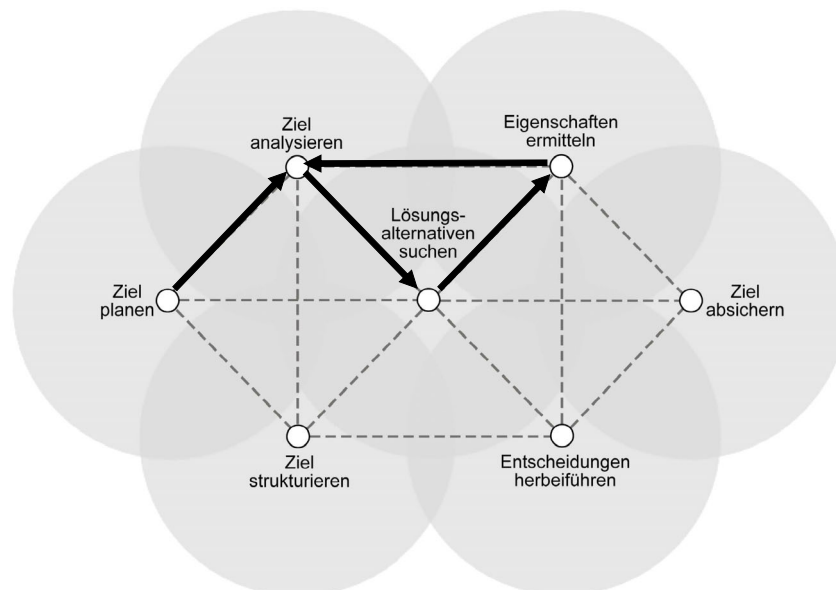


Bild 4-16: Beispielweg im Münchener Vorgehensmodell

Entspricht diese Schrittfolge tatsächlich einer wie in Bild 4-16 dargestellten Iteration? Dieses Vorgehen kann eindeutiger als Rekursion interpretiert und abgebildet werden. Die Versuchspersonen befanden sich im Punkt „Ziel analysieren“ und benötigten, um das Ziel zunächst ausreichend analysieren zu können, einen Wechsel zu „Lösungsalternativen suchen“. Der Schritt „Lösungsalternativen suchen“ erbrachte die nötigen Informationen zur Abwicklung des Punkts „Ziel analysieren“. Anschließend konnte der Weg fortgesetzt werden. Das Zuspänschieben der Informationen erfolgte genau genommen in einer anderen Ebene, abbildbar als eine rekursive Anwendung des Münchener Vorgehensmodells. Das Sichten von Paper

Bike-Konzepten diente dem „Ziel analysieren“ und war kein eigentliches Suchen nach Lösungsalternativen für die eigene Konzeptfindung. An dieser Stelle spielt die Intention eine entscheidende Rolle: Der Wechsel zur Lösungssuche beinhaltet ein neues Teilziel. Die Lösungssuche beabsichtigt zunächst nicht unmittelbar die Verfolgung des Gesamtziels „Entwicklung der Räder eines Paper Bikes“, sondern das Teilziel „Verständnis für die Eigenschaften eines Paper Bikes aufbauen“. Bild 4-17 zeigt die Darstellung anhand des Münchener Vorgehensmodells.

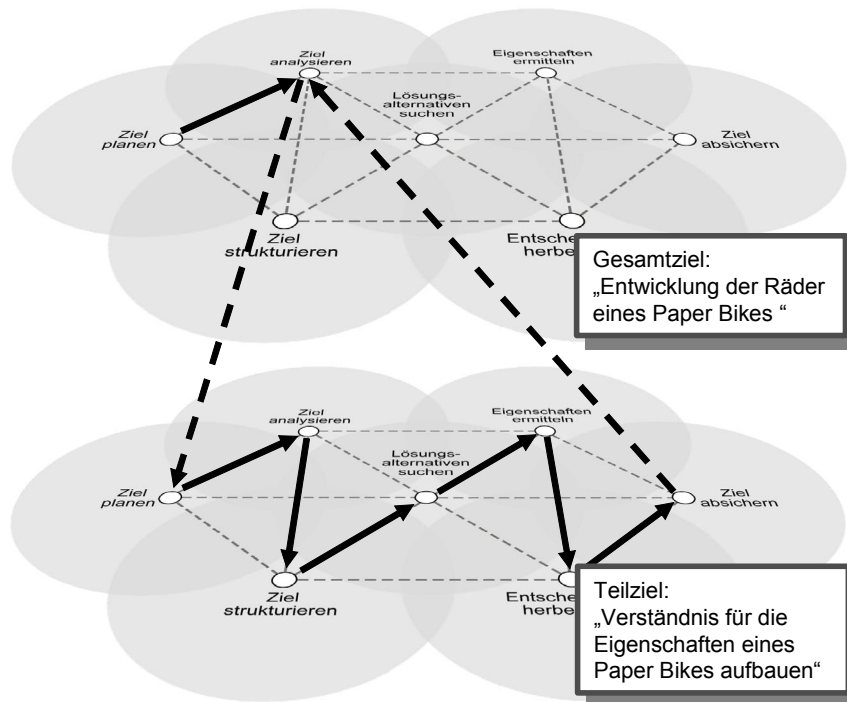


Bild 4-17: Rekursives Vorgehen am Beispiel „Lösungsalternativen suchen“

Der Punkt „Lösungsalternativen suchen“ spielte sich in einer anderen, rekursiven Ebene ab, weshalb vom Punkt „Ziel analysieren“ in eine andere Ebene gesprungen wurde. In dieser Unterebene bediente man sich vorwiegend dem Punkt „Lösungsalternativen suchen“. Genau genommen wurde aber wiederum ein Münchener Vorgehensmodell durchlaufen:

- Ziel planen: „Wir wollen Verständnis für die Eigenschaften eines Paper Bikes aufbauen.“
- Ziel analysieren: „Dazu brauchen wir Bilder von Paper Bikes.“
- Ziel strukturieren: „Wir nutzen die vorhandenen Dokumente.“
- Lösungsalternativen suchen: „Wir sichten die gezeigten Laufflächen-, Nabenkonstruktion etc.“
- Eigenschaften ermitteln: „Große Räder flattern.“
- Entscheidung herbeiführen: „Wir wollen eher ein kleineres Rad konzipieren.“
- Ziel absichern: „Was meinst Du?“

Das Beispiel zeigt, dass der eigentliche Schwerpunkt bei „Lösungsalternativen suchen“ lag. Alle weiteren Punkte wurden zwar hier mit einer Aussage versehen, aber bei weitem nicht so intensiv bearbeitet. Dennoch kann man behaupten, sie werden alle durchlaufen, da selbst die gemeinsame Absicht im Team, Lösungsalternativen sichten zu wollen, einer Zielplanung entspricht. Die unterschiedliche Intensität, mit der Punkte bearbeitet wurden, war beispielsweise beim „Ziel strukturieren“ sehr gering, da die Möglichkeit der Suche in der Datenbasis nicht lange diskutiert werden musste (s. Bild 4-18).

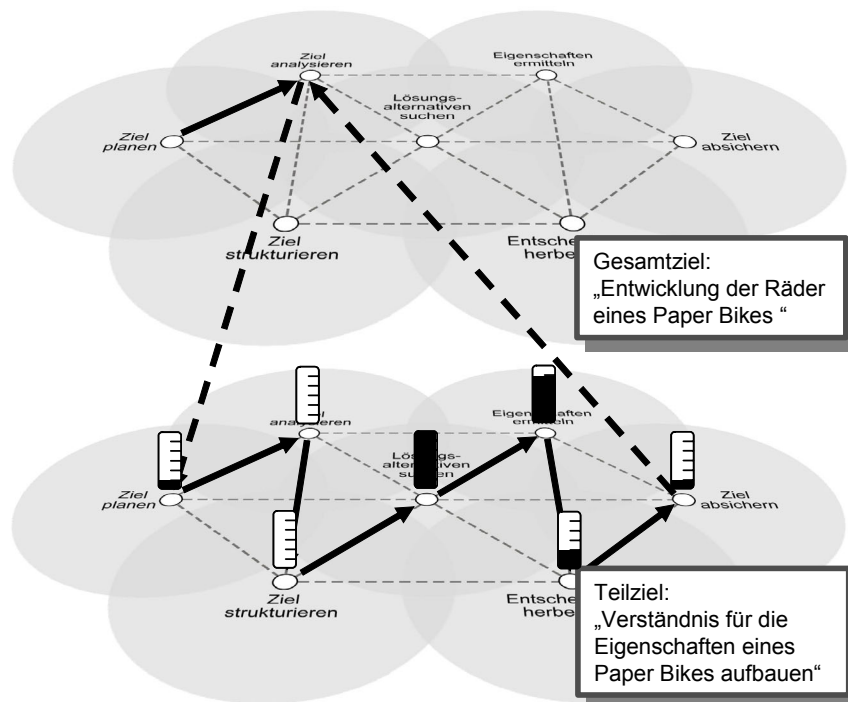


Bild 4-18: Intensität der Bearbeitung der Punkte im Münchener Vorgehensmodell

Es muss hinzugefügt werden, dass die Erkenntnisse der Versuchspersonen aus der rekursiven Anwendung nicht nur der Klärung des Ausgangspunkts dienen, von wo aus eine Rekursion im Vorgehen vorgenommen wurde. Im beschriebenen Beispiel wurde die Rekursion mit dem Teilziel „Verständnis für die Eigenschaften eines Paper Bikes aufbauen“ vorwiegend zur Analyse des Gesamtziels gewählt. Möglicherweise dienen die gesammelten Eindrücke der Klarheit künftiger Entwicklungsschritte. Beispielsweise wurden durch die Betrachtung bestehender Konstruktionen zugleich Ideen für die eigene Lösungssuche gesammelt (s. Bild 4-19).

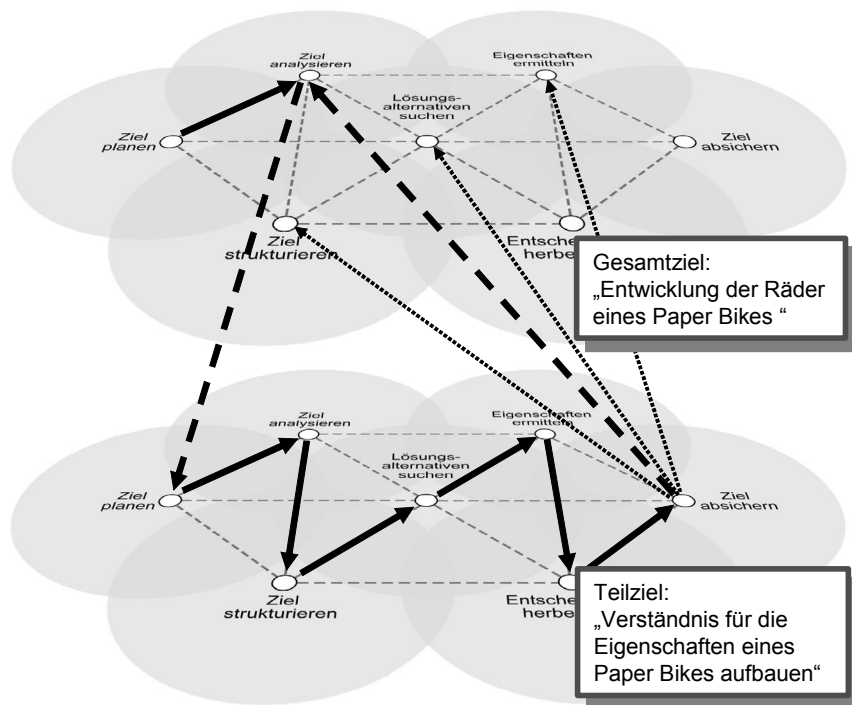


Bild 4-19: Erkenntnisgewinn für künftige Entwicklungsschritte

Es ist möglich, dass sich dieser Erkenntnisgewinn nicht nur zufällig ergibt. Eine Rekursion kann gezielt so durchgeführt werden, dass die Klärung mehrerer Entwicklungsschritte davon gleichzeitig profitiert. Es kann sogar sinnvoll sein, eine Rekursion sehr schnell oder gar unmittelbar nach Beginn der Entwicklung vorzusehen. Erfolgt beispielsweise die Produktentwicklung im Team sollten gleich im ersten Schritt sämtliche Ideen zu Anforderungen, Entwicklungsfreiräume oder Produktteillösungen festgehalten werden.

4.4 Fazit dieses Kapitels

- In guten Problemlöseprozessen werden einzelne Methodenbestandteile genutzt und situativ eingesetzt. Im Zuge routinierter methodischer Vorgehensweise muss der Anwender mit Bestandteilen von Methoden agieren.
- Eine Intention kann unterschiedliche Operationen auslösen, verschiedene Intentionen können die gleiche Operation zur Folge haben. Diese Unterscheidung erklärt rekursive Vorgehensweisen, bei denen von einem Gesamtziel zu einem Teilziel übergegangen wird.
- Iterationen im Vorgehen sind nicht pauschal gut oder schlecht. Es muss zwischen sinnvollen und vermeidbaren Iterationen unterschieden werden. In diesem Zusammenhang schafft die präzisere Definition von Iterationen, Divisionen und Rekursionen Klarheit, die Voraussetzung für eine gezielte Steuerung des Vorgehens ist und damit die Möglichkeit des Zugangs zu mehr Routine bietet.

5 Lösungsansätze

Basierend auf den Analysen des Methodenbeispiels B und der Fallbeispiele A, C und D werden im Folgenden Lösungsansätze vorgestellt. Diese konzentrieren sich auf zwei wesentliche Problemstellungen. Zum einen wurde der Bedarfserkennung methodischer Vorgehensweise, die Voraussetzung zur Methodenanwendung ist, in der Forschung noch keine hinreichende Aufmerksamkeit geschenkt. Hierzu werden „reflexive Dialoge“ vorgestellt. Sie halten den Entwickler an, sein Vorgehen zu reflektieren und den Bedarf an methodischer Vorgehensweise zu erkennen. Zum anderen sollen mit dem „Wahrnehmen und Steuern von Iterationen“ und „Denkbausteinen von Methoden“ Wege beschrieben werden, den steinigem Weg zur Routine in methodischer Vorgehensweise zu verkürzen.

5.1 Bedarfserkennung methodischer Vorgehensweise durch reflexive Dialoge

Die Beispiele A und B haben gezeigt, dass die Reflexion benötigt wird, um den Bedarf an methodischer Vorgehensweise zu erkennen. Dass die Reflexion hierfür ein förderlicher Mechanismus ist, wurde schon von einigen Autoren beschrieben:

EHRENSPIEL (2003, S. 75) bezeichnet basierend auf einer Untersuchung von DÖRNER (1989) das Vorgehen „Metabetrachtung“, bei dem der Entwickler sich selbst, den Prozess und das dabei entstandene Ergebnis kritisch hinterfragt. Diese Entwickler seien bessere Problemlöser. Zur gleichen Ansicht gelangen BADKE-SCHAUB & FRANKENBERGER (2004, S. 255). Sie stellen fest, dass es erst durch die Reflexion des eigenen Vorgehens gelingt, auch das eigene Handeln zum Gegenstand von Analysen zu machen, und somit Stärken und Schwächen des eigenen Denkens und Handelns erkannt würden. Ebenso sehen WETZSTEIN & HACKER (2002) die Selbstreflexion als wichtigen Bestandteil des erfolgreichen Vorgehens. Der Nutzen der Reflexion wird in vergleichenden Versuchen nachgewiesen.

TISDALE (1998) beschäftigt sich in seiner Arbeit umfangreich mit Selbstreflexion und Handlungsregulation. Ausgangssituation ist für ihn, dass Menschen die Möglichkeit haben, ihr vergangenes Denken, Handeln, Wollen und Fühlen zum Gegenstand ihres Denkens zu machen. Sie können dieses betrachten, analysieren und bewerten. Dies eröffnet wiederum die Möglichkeit, die Ergebnisse in die Vorbereitung und Planung zukünftigen Geschehens einfließen zu lassen und das Denken und Handeln zu verändern (TISDALE 1998, S. 3).

Die Reflexion wäre demnach dem methodischen Vorgehen förderlich. Allerdings scheint der Schritt der Reflexion nicht jedem Entwickler zu gelingen. Ausgeprägte Selbstreflexionsprozesse treten eher selten auf. Dies führt TISDALE (1998, S. 17) auf folgende Punkte zurück:

- Selbstreflexive Prozesse beanspruchen einen hohen Anteil an zeitlichen und kognitiven Ressourcen.

- Selbstreflexive Prozesse können den Selbstwert des Individuums, seine Kompetenzeinschätzung für anstehende Probleme beeinträchtigen.
- Selbstreflexion kann durch das Individuum absichtlich unterdrückt oder ausgeschaltet werden.

Der Mechanismus der Selbstreflexion wäre der passende Schritt zur Bedarfserkennung methodischer Vorgehensweise, muss jedoch zur Überwindung der genannten Schwierigkeiten provoziert werden.

5.1.1 Wie könnte man Selbstreflexion provozieren?⁴⁴

Um Selbstreflexion zu provozieren, sind unterschiedliche Wege denkbar, etwa durch

- hinweisende, passive Anregungen,
- abzuarbeitende Schemata, oder
- ein intervenierendes Vorgehen.

Hinweisend, passive Anregungen

Hinweisend, passive Anregungen können Hinweisschilder sein, die zum Nachdenken anregen. Ein einfaches Beispiel ist ein Schild am Ende eines Verkehrstunnels, das den Fahrer darauf hinweist, seine Situation zu reflektieren und die Notwendigkeit des eingeschalteten Lichts seines Fahrzeugs zu überprüfen (s. Bild 5-1).

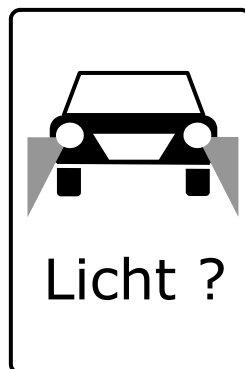


Bild 5-1: Beispiel für eine hinweisende, passive Anregung zur Selbstreflexion

Übertragen auf die Entwicklungsmethodik könnten Hinweise gefunden werden, die den Entwickler zur Reflexion seiner Situation anregen. Es würden sich beispielsweise Indikatoren eignen, wie sie auch bei EHRENSPIEL (2003, S. 66) zu finden sind:

⁴⁴ Neben der Reflexion des eigenen Denkens und Handelns können auch fremde Handlungen oder Zustände (zum Beispiel Prozesse, Eigenschaften von Produkten oder Ergebnisse) analysiert werden und zum Anstoß für eine Methodenentwicklung hilfreich sein. Da die Reflexion in der Entwicklungsmethodik im Gegensatz zu Analysemethoden für Produkte und Prozesse nur geringfügig betrachtet wurde, soll das Potenzial der Reflexion hier beschrieben und genutzt werden.

- Wichtigkeit des Problems
- Neuheit des Problems
- Komplexität des Problems
- Dringlichkeit des Problems
- Organisation der Problembearbeitung

Damit beschreibt EHRENSPIEL Kriterien, die auf die Notwendigkeit eines methodischen, rationalen Vorgehens hinweisen. Nachteil der hinweisend, passiven Anregungen ist die geringe Handlungsanweisung. Erst muss erkannt werden, dass die Überprüfung der Kriterien an der jeweiligen Stelle im Entwicklungsvorgehen sinnvoll wäre. Der zusätzliche Aufwand des zu leistenden Aktivismus lässt vermuten, dass wenig Eigenmotivation dafür aufgebracht werden kann.

Abzuarbeitende Schemata

Eine weitere Lösungsidee zur Provokation der Selbstreflexion ist die Vorgabe eines vom Anwender einfach abzuarbeitenden Schemas. Diesen Ansatz nutzt WALLMEIER (2001, S. 124ff), indem er eine Protokollierung auf Basis von Checklisten und Fragebögen formalisiert. Am Ende des Tages soll der Entwickler seine kritischen Situationen des Tagesverlaufs reflektieren. Auch bei BADKE-SCHAUB & FRANKENBERGER (2004, S. 278ff) ist dieses Konzept zu finden. Um den Prozess des täglichen Reflektierens zu lernen, wird ein Schulungskonzept entwickelt, das leider nur am Ende der Arbeit der Autoren knapp beschrieben ist.

LÜDKE (2003, S. 158ff) entwickelt für die Thematik der Mitarbeiterführung ein rechnerbasiertes Werkzeug zum automatisierten Interview, auf Fragenkatalogen basierend. LÜDKE (2003, S. 79) sieht selbst vier kritische Faktoren bei der Anwendung:

- Reflexionsebene (entsprechende Faktoren müssen wahrgenommen werden)
- Zeit (zeitlicher Verzug der Reflexion, sich erinnern können)
- Motivation (um zeitlichen und kognitiven Aufwand einzugehen)
- Selbstschutz (unbewusstes oder bewusstes Verdrängen)

Ausschlaggebend für die Akzeptanz dieser Vorgehensweise ist der dazu erforderliche Zeitaufwand, der von den Autoren zum Teil auf ungefähr 30 Minuten am Ende jeden Tages geschätzt wird. Ob der Entwickler nach getaner Arbeit am Feierabend diese zusätzliche Zeit aufbringen oder gar sich mit einem Onlinefragebogen beschäftigen möchte, ist zweifelhaft.

Ein ähnliches Konzept verfolgt REYEMEN (2001). In ihrer Arbeit sind Checklisten zu finden, die sowohl Fragen zum Produktentwurf als auch zum Vorgehen stellen. Zusätzlich sind Formblätter auszufüllen, die einzelne Prozessschritte („Design Sessions“) dokumentieren. Kritisch an diesem Lösungsansatz ist ebenso der erforderliche Zeitaufwand, der investiert werden muss, um den Fragenkatalog alleine für sich abzuarbeiten. Zudem dürften die

Antworten nicht immer leicht fallen, da die Checkliste auf sehr allgemeinem Niveau konzipiert wurde („How do I feel about the activities about the product being designed?“).

Einen anderen Weg gehen SCHRODA & SACHSE (2000) beziehungsweise JAHN (2002). Eine Konstruktionslandkarte dient als „Formatvorlage“, in die das Vorgehen der Entwicklung durch Verbinden von Punkten auf der Karte eingetragen wird (s. Bild 5-2). Damit ist der Weg der Konstruktion aufgezeigt und der Prozess in das Bewusstsein gerufen.

Auftragsbezeichnung: Projektleiter: Kundenname:

Konstruktions-Landkarte

Zichnen Sie bitte Ihr Vorgehen beim Lösen der Konstruktionsaufgabe in die Konstruktions-Landkarte. Verbinden Sie dabei die jeweiligen Arbeitsschritte (Punkte) mit Pfeilen. An den unbeschrifteten Punkten (●) können Sie Arbeitsschritte notieren, die Sie in der Konstruktions-Landkarte nicht finden. Die roten Punkte (●) bilden den „roten Faden“ der Konstruktion. Die grünen (●), blaugrünen (●) und blauen Punkte (●) geben Ihnen Hinweise auf Hilfsmittel. Schreiben Sie an jeden Punkt, den Sie auf Ihrem Lösungsweg berühren, das aktuelle Datum bzw. die aktuelle Zeit. Es ist möglich, daß Sie mehrmals an den selben Punkt zurückkehren. Sie können die Konstruktions-Landkarte auch zur Planung des Konstruktionsprozesses verwenden, indem Sie für den geplanten Termin eines Arbeitsschrittes (SOLL) und das tatsächliche Datum des Erreichens (IST) unterschiedliche Farben verwenden. Beginnen Sie bei der Planung am besten mit dem Termin für den Beginn und der Fertigstellung der Konstruktion. Für die Grobplanung mit Meilensteinen können Sie an der Seite auch einen Zeitstrahl einzeichnen.

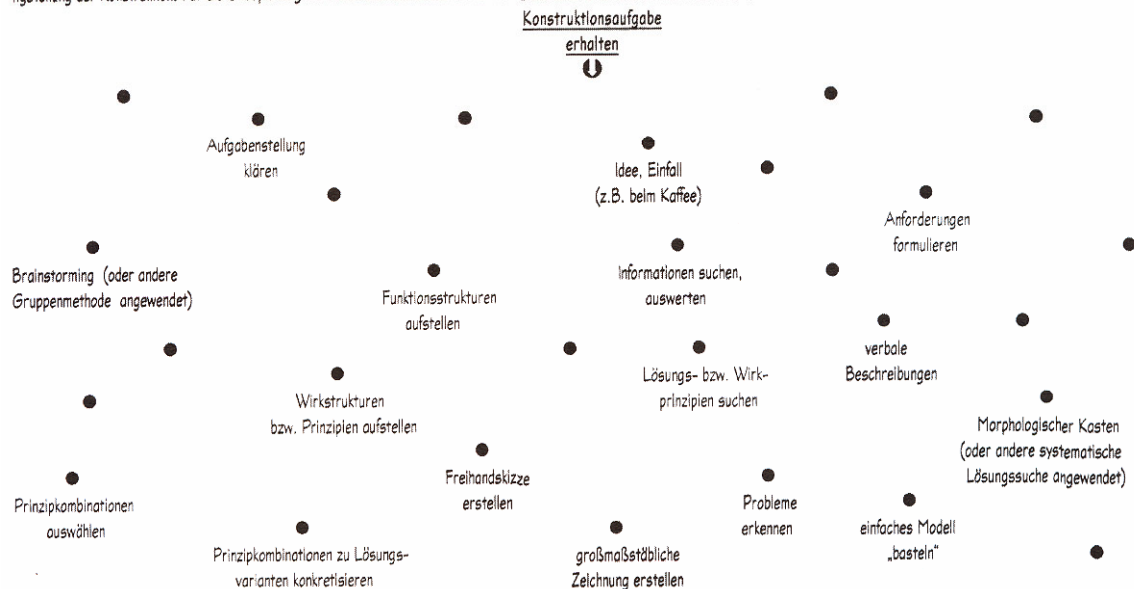


Bild 5-2: Ausschnitt aus der Konstruktionslandkarte nach JAHN (2002)

Die Schwierigkeit dürfte vor allem in der Wahl des richtigen Abstraktionsgrads liegen. Es ist schwierig, die vollzogenen Entwicklungsschritte in einer einheitlichen Ebene abzubilden (Rekursion im Vorgehen!).

Intervenierendes Vorgehen

Beim intervenierenden Vorgehen wird eine weitere Person während des Entwicklungsvorgangs zur Reflexion herangezogen. WULF (2002, S. 68ff) stellt in seiner Arbeit die „diskursive Lösungssuche“ vor. Diskursiv könnte man als „von Begriff zu Begriff logisch fortschreitend“ bezeichnen (DUDENREDAKTION 2001, S. 296). WULF verwendet diesen Begriff in Bezug auf die Problemlösung, um die Dynamik zum Ausdruck zu bringen, die sich aus dem Aufforderungscharakter von Zielformulierungen ergibt (WULF 2002, S. 70). Zielformulierungen geben

im Entwicklungsvorgehen jedem Einzelschritt eine klare Formulierung des Ziels des nächsten Schritts. Der diskursive Charakter tritt bei einem Zweierteam stärker hervor als im „Selbstgespräch“ eines einzelnen Entwicklers (WULF 2002, S. 127). Dieser Effekt könnte in Form eines intervenierenden Vorgehens genutzt werden.

Das intervenierende Vorgehen verspricht am meisten Vorteile, da es die Eigendynamik des Entwicklers nutzen kann: Muss einer anderen Person der Entscheidungsweg erklärt werden, so steigt die Motivation für einen selbst, für seine Lösung Argumente sowohl in der Vorbereitung als auch während des Gesprächs zu finden. Die Entscheidungsvermittlung als Form des intervenierenden Vorgehens soll weiter verfolgt werden.

5.1.2 Ansatz der Entscheidungsvermittlung

Lässt man Entscheidungsvermittlungen komplett außer Betracht, so bedeutet dies im extremsten Fall, dass dem Entwickler eine Aufgabe zugewiesen wird, dessen Ergebnis am Ende beispielsweise in Form von technischen Zeichnungen abgeliefert werden soll. Wird von diesem „autonomen“ Arbeiten hingegen Abstand genommen, so können während dieses Zeitraums zwischen Aufgabenerteilung und Ergebnisabgabe mehrere Ergebnispräsentationen eingeflochten werden. In diesen erfolgen die Vermittlung der Entscheidung und damit die Argumentation zu dem vom Entwickler eingeschlagenen Weg. Sie kann an unterschiedlichen Stellen im Vorgehen eingebaut werden. Sowohl bei den ersten Punkten der Zielklärung als auch bei der Lösungssuche oder Konzepterstellung können Ergebnisse der Arbeit und die Entscheidung zum weiteren Vorgehen vorgestellt werden (s. Bild 5-3).

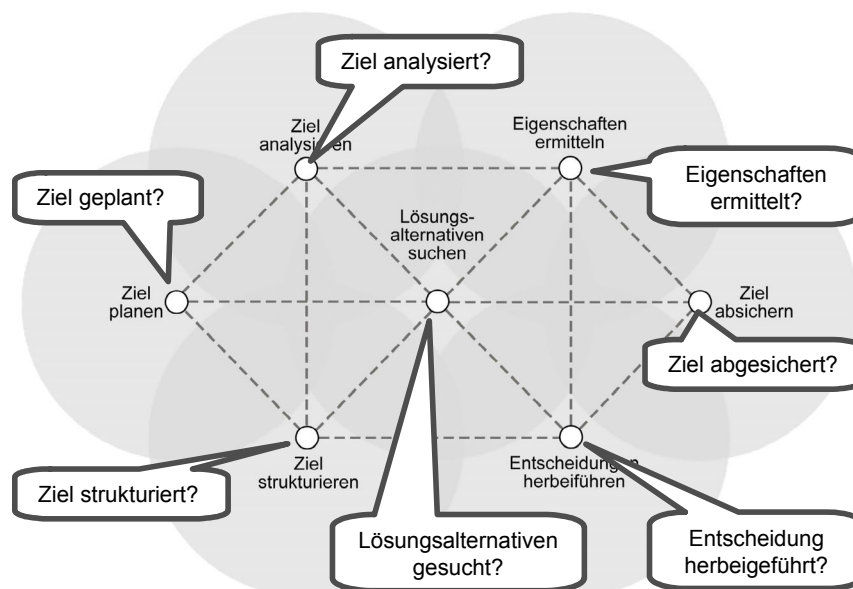


Bild 5-3: Entscheidungsvermittlung an unterschiedlichen Stellen

Welchen Effekt bewirkt die Entscheidungsvermittlung?

Bei der Entscheidungsvermittlung stellt der Entwickler seine Gedanken einer weiteren Person vor. Damit muss er sein Ergebnis und vor allem seinen Weg dorthin formulieren. Neben den

schon dokumentierten Inhalten werden auch die impliziten, also im Kopf abgespeicherten Gedankengänge und Ergebnisse in die Bewusstseinssebene gerufen. Durch die notwendige Verständlichkeit der Formulierung für den Dialogpartner werden eigene, noch „schwammige“ Gedanken konkretisiert. Damit wird beim Entwickler die Selbstreflexion provoziert.

Der Dialogpartner wird versuchen, die Gedankengänge nachzuvollziehen. Bei für ihn unverständlichen Aussagen wird er den Entwickler bitten, den Sachverhalt erneut und präziser zu erklären. Dadurch steigt die Qualität der Formulierung, weil der Entwickler immer tiefer greifende Gedanken anstellt. Vor allem müssen bei einer kritischen Auseinandersetzung mit den Ergebnissen oft zusätzliche, noch unbedachte Argumente logisch erschlossen werden. Wird beispielsweise eine für den Entwickler logische Entscheidung für eine Lösungsidee in Frage gestellt, wird er mit Sichten auf sein zu lösendes Problem konfrontiert, die er zuvor nicht in seine Analyse mit eingeschlossen hat. Es spielt sich ein reflexiver Dialog ab.

Das Ergebnis der Reflexion ist der Anstoß zur Verbesserung des Vorgehens. Der Entwickler wird erkennen, dass er zum Beispiel eine strukturierte Bewertung der Lösungsideen vornehmen, weitere Lösungsalternativen generieren oder das konstruktive Problem noch eindringender verstehen muss. Damit eröffnet sich ihm der Weg zur Methodenanwendung. Durch die kritische Betrachtung wird der Bedarf an methodischer Vorgehensweise sichtbar.

5.1.3 Umsetzung des reflexiven Dialogs

Der Einfachheit wegen sollen die beiden am reflexiven Dialog teilnehmenden Personen „Entwickler“ und „Betrachter“ genannt werden.

Was soll in einem reflexiven Dialog besprochen werden?

In erster Linie wird für den präsentierenden Entwickler das Ergebnis von Interesse sein. Dieses, beispielsweise die Erkenntnisse einer Problemanalyse oder den veränderten Entwicklungsstand eines Produkts, wird er dem Betrachter darstellen. Ist das Ergebnis für den Betrachter soweit geklärt, kann in zugrunde liegende Gedankengänge des Entwicklers vorgedrungen werden, wie etwa die Diskussion über Vor- und Nachteile des gefundenen Ergebnisses. Hierzu müssen Argumente formuliert werden, die meist nicht explizit dokumentiert sind. Dem Entwickler wird hiermit sein Entscheidungsweg „entlockt“. Zusätzlich können noch unbetrachtete Argumente für oder gegen das Ergebnis gefunden werden. Im weiteren Verlauf des Dialogs werden die Hintergründe des Ergebnisses aufgedeckt. Interessant sind die Informationen, auf welchen der Entscheidungsweg beruht. Fehlende Informationswege oder Blickwinkel auf das Problem können ergänzt und das vom Entwickler geplante weitere Vorgehen besprochen werden. Durch Diskussionsergebnisse können an dieser Stelle Korrekturen im Vorgehen vorgenommen werden. Die abstrakte Beschreibung dieser Diskussionsinhalte zeigt, dass auf allgemeinem Niveau ein anwendbares Vorgehen gefunden werden kann.

Welche Fragen werden in einem Gespräch zur Entscheidungsvermittlung gestellt?

Sicherlich ist es schwierig, einen Fragenkatalog anzubieten, der in jeder denkbaren Situation eines reflexiven Dialogs die passende Frage bereitstellt. Zu verschieden und detailliert laufen Gespräche ab, um diesem Ziel gerecht zu werden.⁴⁵ Der gewünschte Effekt, nämlich den Entwickler zur Reflexion anzuregen, kann jedoch auf allgemeinem Niveau erreicht werden. Beispielsweise könnten in einem reflexiven Dialog folgende Fragen über das Ergebnis einer Konzeptstudie für ein neues Produkt gestellt werden:

- Welche Vorteile bietet dieser Lösungsansatz?
- Welche Nachteile ergibt dieser Lösungsansatz?
- Welche Kriterien sind wichtig, um die Güte dieser Lösung bewerten zu können?
- ...

Man erkennt deutlich, dass, unabhängig vom zu entwickelnden Produkt, diese Fragen „passen“. Sie sind trotz eines abstrakten Niveaus geeignet, um Reflexion anzustoßen. Da also allgemein nutzbare Fragestellungen für reflexive Dialoge geeignet sind, schließt sich die Frage nach dem „Sortiment“ der Fragestellungen an. Die Bandbreite der Fragestellungen ist abhängig von jener der Entwicklungsschritte, die reflektiert werden können. Vorgehensmodelle der Entwicklungsmethodik bieten diese Bandbreite. Das Münchener Vorgehensmodell eignet sich sehr gut, um ein Sortiment an Fragen abzuleiten (s. Bild 5-4). Durch einfaches „Umdrehen“ der Fragestellung nach LINDEMANN (2005) ergibt sich ein Reflexionscharakter („Habe ich diesen Schritt ausreichend bearbeitet / erledigt?“).

⁴⁵ An der Stanford University am Institut für Medical Informatics wurde ein Projekt bearbeitet, bei dem ein abgeschlossener Fragenkatalog zur Patientenanalyse entwickelt wurde. Basis ist eine Palette an Grundmustern von Fragen, deren Lückentexte mit den relevanten Fachbegriffen zu einer vollständigen Frage gefüllt werden. Damit lassen sich alle notwendigen Fragen zur Patientenanalyse konfigurieren (CUCINA ET AL. 2001).

Punkt im MVM	Leitfrage und Beispielfragen
Ziel planen	Habe ich das Ziel ausreichend geplant? <ul style="list-style-type: none"> • Habe ich meine Situation analysiert? • Habe ich Analyseergebnisse verdichtet und strukturiert? • Habe ich zukünftige Veränderungen abgeschätzt? • Habe ich alternative Zukunftsmodelle aufgestellt? • Habe ich konkrete Maßnahmen abgeleitet?
Ziel analysieren	Habe ich das Ziel ausreichend analysiert? <ul style="list-style-type: none"> • Habe ich die Anforderungen ermittelt? • Habe ich Zusammenhänge zwischen Anforderungen festgestellt? • Habe ich Anforderungen gewichtet? • Habe ich die Anforderungen dokumentiert?
Ziel strukturieren	Habe ich das Ziel ausreichend strukturiert? <ul style="list-style-type: none"> • Habe ich Zusammenhänge zwischen Anforderungen erkannt? • Habe ich das Problem beschrieben? • Habe ich Stärken / Schwächen bestehender Lösungen ermittelt? • Habe ich Freiheitsgrade für die weitere Entwicklung erkannt? • Habe ich Problemformulierungen festgehalten?
Lösungs- alternativen suchen	Habe ich ausreichend viele Lösungsalternativen gesucht? <ul style="list-style-type: none"> • Habe ich bestehende Lösungen gefunden? • Habe ich neue Lösungen generiert? • Habe ich vorhandene Lösungsideen erweitert? • Habe ich die Lösungsalternativen geordnet und kombiniert? • Habe ich Lösungsalternativen vorausgewählt?
Eigenschaften ermitteln	Habe ich die Eigenschaften ausreichend ermittelt? <ul style="list-style-type: none"> • Habe ich die Eigenschaftsanalyse geplant? • Habe ich die Analyseergebnisse ausgewertet?
Entscheidung herbeiführen	Habe ich eine Entscheidung herbeigeführt? <ul style="list-style-type: none"> • Habe ich Lösungsideen vorausgewählt? • Habe ich die Bewertung vorbereitet? • Habe ich die Alternativen bewertet? • Habe ich die Bewertungsergebnisse interpretiert?
Ziel absichern	Habe ich das Ziel abgesichert? <ul style="list-style-type: none"> • Habe ich mögliche kritische Zielabweichungen identifiziert? • Habe ich die Ursachen hinterfragt? • Habe ich das Risiko bewertet? • Habe ich das Risiko reduziert?

Bild 5-4: Fragenkatalog für reflexive Dialoge

Wie können reflexive Dialoge im Entwicklungsprozess verankert werden?

Die Ableitung der Fragen aus dem Münchener Vorgehensmodell bietet bereits eine Unterstützung und Anleitung der reflexiven Dialoge. Es verbleibt aber nach wie vor die Frage nach dem Betrachter: Wer soll diese Rolle übernehmen?

Eine Ergebnispräsentation in Form des reflexiven Dialogs muss organisiert werden. Wird eine gewisse Regelmäßigkeit nicht verfolgt, so läuft der Ansatz Gefahr, nach einigen Anwendungen zu versickern und in Vergessenheit zu geraten. Sicherlich ist es nicht damit getan, zwei Entwicklern anzuordnen, sie sollen gelegentlich ihre Ergebnisse gegenseitig vorstellen. Ebenso wenig sinnvoll ist ein reflexiver Dialog in zu großen zeitlichen Abständen, da dann die Problematik nicht tief genug behandelt werden kann. In größeren zeitlichen Abständen würde die Evaluierung von Arbeitsergebnissen eher der Aufgabe der Qualitätssicherung eines Unternehmens entsprechen. Ziel des reflexiven Dialogs ist hingegen, die Qualitätserfüllung schon während des Entwickelns zu überprüfen.

Dem Betrachter werden mehrere Fähigkeiten abverlangt, um ein wirkungsvolles Gespräch entstehen zu lassen. Eine schnelle Auffassungsgabe, um das präsentierte Ergebnis zu „durchdringen“, ist sicher von Vorteil. Ebenso wird ein gewisses Maß an Moderationsfähigkeit gefordert, um reflexive Dialoge nicht zu endlos langen Besprechungen verkommen zu lassen. Schnell dürfte sonst das Interesse an den zeitraubenden „Marathonsitzungen“ verloren gehen. Um einen wirkungsvollen Dialog zu führen, ist darauf zu achten, dass der Entwickler nicht „zerrissen“ wird. Trotz aller Kritik, die am Ergebnis geübt wird, muss der Dialog seinen konstruktiven Charakter bewahren. Hierbei spielt die Empathie des Betrachters, also seine Fähigkeit, die Sichtweise des Entwicklers zu verstehen, eine wichtige Rolle. Der reflexive Dialog darf nicht zu verhärtenden Fronten führen, weil einerseits der Betrachter zu vehement Gegenargumente aufzählt, während andererseits der Entwickler kritikunfähig bei seinem Ergebnis verharrt.

Um zusätzlichen Personalaufwand zu vermeiden, bietet es sich eventuell an, die Rolle des Betrachters dem Projektleiter zu übertragen. Da ihm die laufenden Projekte nicht unbekannt sein dürften, fällt ihm die Einarbeitung in das zu besprechende Produkt leicht. Durch die kontinuierliche Zusammenarbeit in der Abteilung kann die Wirkung der reflexiven Dialoge auch längerfristig beobachtet werden. Außerdem ist der Projektleiter selten der Personalverantwortliche. Würde der Entwicklungsleiter die Rolle des Betrachters übernehmen, könnte der reflexive Dialog leicht einem negativen Kontrollcharakter von Vorgesetzenseite erliegen und weniger als Mittel zur Qualitätssteigerung des Produkts und Prozesses verstanden werden.

Sollten regelmäßige Dialoge zwischen Entwickler und Betrachter bereits stattfinden, so kann der vorgestellte Ansatz genutzt werden, um dem Dialog einen zunehmend reflexiven Charakter zu geben. Der Betrachter findet darin Unterstützung zum „richtigen Fragestellen“, der Entwickler hingegen erkennt, welche Fragen er sich stellen muss. Daraufhin wird ihm der Bedarf an einer methodischen Vorgehensweise klar. Es ist ohnehin anzustreben, dass der Entwickler sich den Anstoß zur Reflexion Schritt für Schritt selbst gibt und reflexive „Dialoge“ mit sich führt. Ist bei dieser persönlichen Entwicklung irgendwann ein Gesprächspartner in diesen engen Zeitabständen überflüssig, so hat sich die Bedarfserkennung methodischer Vorgehensweise jener von erfahrenen Methodikern angenähert.

5.1.4 Kritische Betrachtung des reflexiven Dialogs

Für den Ansatz des reflexiven Dialogs lassen sich einige wesentliche Vor- und Nachteile finden:

Nachteile:

- Der Entwickler muss ein Mindestmaß an Kompetenz aufweisen, um Potenzial aus dem Produkt und sich selbst schöpfen zu können (zum Beispiel Kritikfähigkeit).
- Ebenso ist die Kompetenz des Betrachters erforderlich (zum Beispiel Motivationsfähigkeit).
- Zu häufige Kritik könnte sich zu einem Demotivationsfaktor für den Entwickler auswachsen.

- Der reflexive Dialog wird nicht ohne zusätzlichen Zeitaufwand von statten gehen. Ziel ist selbstverständlich, dass die Zeit der reflexiven Dialoge insofern gut investiert ist, als dass sich dies durch das Gesamtergebnis und darauf folgende Produktentwicklungen auszahlt.

Vorteile:

- Beim Entwickler wird eine Selbstreflexion provoziert, die zur Bedarfserkennung methodischer Vorgehensweise führen kann.
- Es entsteht die Möglichkeit, die Qualitätssteigerung des Entwicklungsprozesses durch die agierende Person selbst zu initiieren.
- Die methodische Vorgehensweise wirkt sich in Form einer Qualitätssteigerung des Produkts aus.
- Der Entwickler erfährt einen Lerneffekt, der ihm den Zugang zu methodischer Vorgehensweise erleichtert.

Der zeitliche Aufwand, der vor allem von einer zweiten Person in Form eines Betrachters erbracht werden muss, ist sicher kritisch zu betrachten. Beim intervenierenden Vorgehen kann im Vergleich zum eigenständigen Abarbeiten eines Fragenkatalogs die Konzentration auf relevante Reflexionsfragen erfolgen. Mit dem Problem des „Erstaufwands“ haben jedoch viele Methoden der Produktentwicklung zu kämpfen. Allerdings ist der Wunsch nach Veränderung ohne Investition reine Utopie. Dem Betrachter kommt in diesem Ansatz hohe Bedeutung zu, da er die erfolgreiche Reflexion provoziert und mit dem Entwickler trainiert. Ohne das Gespräch mit einer weiteren Person kann die Wertschätzung der Selbstreflexion des Entwicklers rasch als kognitiver Mehraufwand eingestuft werden, der nicht geleistet werden möchte.

5.2 Wahrnehmen und Steuern von Iterationen beim methodischen Vorgehen

Iterationen im Entwicklungsprozess bedeuten immer ein Zurückspringen und Wiederholen von Entwicklungsschritten. In Zusammenhang mit effizientem Vorgehen stellt sich zwangsläufig die Frage, ob sich Iterationen positiv oder negativ auf den Entwicklungsprozess auswirken. Im Analyseteil der vorliegenden Arbeit wurde eine Unterscheidung in sinnvolle und vermeidbare Iterationen getroffen. Demnach sind Iterationen nicht pauschal zu unterstützen oder zu unterbinden. Vielmehr muss die Anwendung von Iterationen beherrscht werden, um in der jeweiligen Situation die richtige Entscheidung treffen zu können.

5.2.1 Welche Hilfe bietet die Entwicklungsmethodik?

Bereits in der Arbeit von RUTZ (1985) sind Abhandlungen zu Iterationen zu finden. Sehr anschaulich stellt er einen prinzipiell beobachtbaren Ablauf eines Prozesses in Zeit und Abstraktionsniveau vor (s. Bild 5-5).⁴⁶

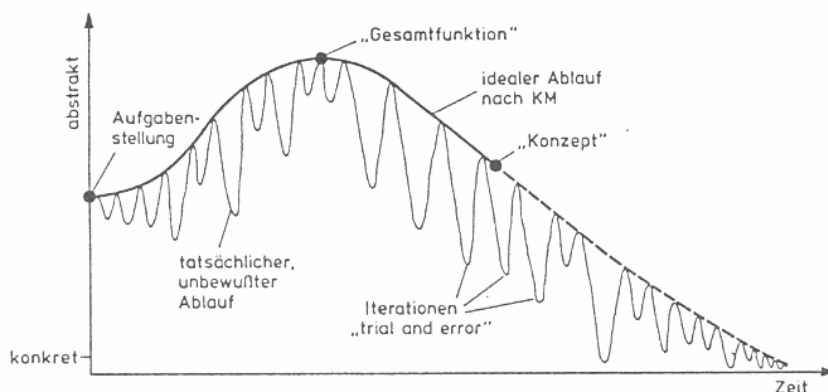


Bild 5-5: Ablauf des Konstruktionsprozesses in Zeit und Abstraktionsniveau (RUTZ 1985, S. 106)

Der hohe Grad an Iterationen und Rekursionen (RUTZ 1985, S. 108) konnte in der Konstruktionsbeobachtung im Analyseteil der vorliegenden Arbeit bestätigt werden. Auch RUTZ geht der Frage nach dem Unterschied zwischen Anfängern und erfahrenen Konstrukteuren nach. Mithilfe der Iterationen und dem Zusammenhang mit dem Abstraktionsniveau gelang es ihm, schematisch den Unterschied zu erklären (s. Bild 5-6).

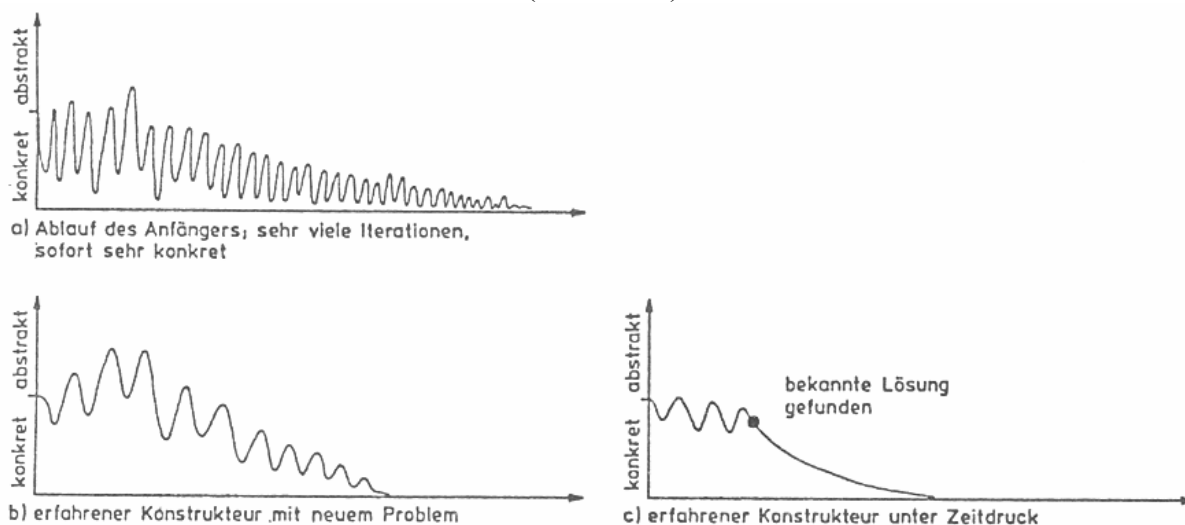


Bild 5-6: Schematischer Ablauf des Konstruktionsprozesses in verschiedenen Situationen (RUTZ 1985, S. 114)

⁴⁶ Die Auswertung hinsichtlich des Abstraktionsniveaus einer momentan behandelten Lösung im Entwicklungsvorgehen wird in der Literatur häufig verwendet. Neben den in diesem Kapitel ausführlicher beschriebenen Arbeiten von Autoren ist diese Darstellung beispielsweise auch in BAYA (1996, S. 95ff) zu finden. Sie beschränkt sich aber auf eine deskriptive Abhandlung, um zunächst Entwicklungsvorgänge verstehen zu können. BRERETON (1998) betont den positiven Einfluss von (konkreter) Hardware (im Gegensatz zu abstrakten Modellen) auf den Entwicklungsprozess.

Zu dieser Zeit allerdings steckte die kognitive Betrachtung von Entwicklungsprozessen noch in den Kinderschuhen, und das Ergebnis seiner Arbeit bleibt zunächst ein Vorgehensalgorithmus konstruktiver Problemlösungen. Eine Hilfestellung, wie Iterationen beherrscht werden können, konnte zu diesem Zeitpunkt noch nicht angeboten werden.

GIAPOULIS (1998, S. 82) greift die Thematik der Iterationen erneut auf und erkennt das Problem, dass Iterationsschritte häufig vorteilhaft sind, aber nicht unkontrolliert den Prozess dominieren dürfen. Nach wie vor waren die Empfehlungen zu Iterationen nicht besonders griffig. GIAPOULIS hat dieses Problem erkannt. Er kommt zur Feststellung, dass in der Literatur offene Fragen existieren, die folgendermaßen zusammengefasst werden können (GIPOULIS 1998, S. 100):

- Sind Iterationen Folgen einer beschränkten menschlichen Fähigkeit zur Problemlösung und müssen in Kauf genommen werden?
- Sind Iterationen vorteilhaft für die Qualitätsverbesserung eines Produkts und müssen deswegen initiiert und unterstützt werden?

Die Frage, ob Iterationen in Kauf genommen werden müssen, ist eindeutig mit „nein“ zu beantworten. Iterationen können und müssen gesteuert werden, will man gute Produktentwicklung betreiben. Die zweite Frage von GIAPOULIS kann nicht pauschal beantwortet werden. Aus dem Analysekapitel der vorliegenden Arbeit gelangt man zu der Erkenntnis, dass sinnvolle Iterationen vorteilhaft, vermeidbare weniger vorteilhaft sein können. Die Unterstützung muss schwerpunktmäßig das Wahrnehmen und Steuern der Iterationen fördern.

GIPOULIS stützt sich ebenfalls auf den Zusammenhang der Abstraktionsgrade. Das 3-Ebenen-Modell wird mit einem Diagramm ähnlich dem von RUTZ erweitert (s. Bild 5-7).

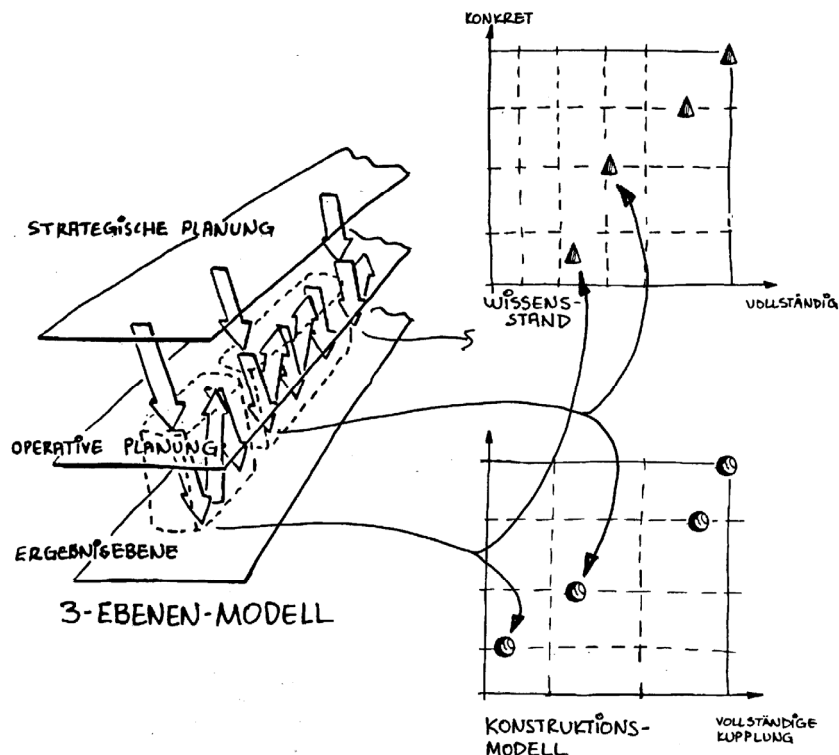


Bild 5-7: Festlegung von Zwischenergebnissen (GIPOULIS 1998, S. 149)

Damit können Entwickler nur ihr momentanes Vorgehen einordnen und den nächsten Folgeschritt vorsehen. Die Entwicklungsmethodik bietet bis hierhin lediglich deskriptive Ansätze an.

DYLLA (1991) und FRICKE (1993) beobachteten Studenten und Praxisingenieure beim Konstruieren unter Laborbedingungen. Auf die Auswertung nach konstruktionswissenschaftlichen und denkpsychologischen Kriterien folgen Einblicke in die Unterschiedlichkeit individueller Konstruktionsstile und eingesetzter Strategien. DYLLA (1991, S. 137ff) stellt ebenfalls im Diagramm mit Darstellung des Abstraktionsgrads verschiedene Strategien zur Lösungssuche dar (s. Bild 5-8).

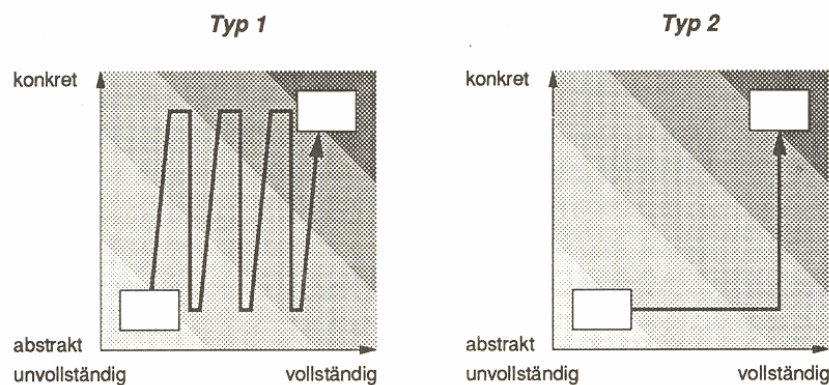


Bild 5-8: Mögliche Vorgehensweisen, um von einer unvollständigen, abstrakten zu einer vollständigen, konkreten Lösung zu kommen (idealisiert) (DYLLA 1991, S. 139)

Der links im Bild dargestellte Typ 1 möchte schnell zur konkreten Darstellung von Teillösungen kommen und nur bei auftauchenden Problemen und neuen Teilfunktionen wieder kurz auf abstraktere Darstellungen zurückgreifen. Typ 2 dagegen, rechts im Bild, erarbeitet alle Teillösungen auf relativ abstraktem Niveau, erstellt daraus ein Konzept, das erst zum Schluss konkretisiert wird.

GÜNTHER (1998, S. 130ff) greift diese Untersuchungen auf und versucht, die Vor- und Nachteile des Vorgehens zu belegen. Vergleicht man die Arbeit von DYLLA und GÜNTHER, so kann man die von GÜNTHER beschriebenen „Praxiskonstruktoren“ (P-Konstruktoren) eher Typ 1 zuordnen, die „methodisch-orientierten Entwickler“ (M-Konstruktoren) entsprechen eher Typ 2. Als Vorteil der P-Konstruktoren sieht GÜNTHER vorrangig die Zeitersparnis, die durch folgende Merkmale zustande kommt (GÜNTHER 1998, S. 134):

- Die Konstruktionsarbeit erfolgt frühzeitig auf konkreter Ebene. Es ist daher nicht notwendig, sich mit konzeptionellen Darstellungen zu beschäftigen, deren Beurteilung oft schwierig und zeitintensiv ist.
- Die Hauptarbeitszeit wird in die direkte Erarbeitung des Endergebnisses (Fein-Entwurf) gesteckt. Der Fein-Entwurf wird nicht formal optimiert.
- Zwischenergebnisse (zum Beispiel Darstellungen in der Konzeptphase) werden nur in geringem Umfang oder im Kopf erarbeitet. Bewertungen von Lösungen erfolgen im Kopf und werden nicht dokumentiert.

- Der Suchraum für Lösungen wird eng begrenzt, meist wird die erste prinzipielle Lösungsidee umgesetzt beziehungsweise eine Vorauswahl von Lösungsideen bereits im Kopf getroffen.
- Es werden keine optimalen, sondern einfache, gut funktionierende Lösungen angestrebt, die schnell aus dem Gedächtnis abrufbar sind.

Damit wird ein geringerer kognitiver Aufwand erreicht, da statt einer idealen eher einer schnellen Lösung nachgegangen wird. Die Risiken dieses Vorgehens sind nach GÜNTHER (1998, S. 133):

- Anforderungen werden aufgrund der unvollständigen Anfangsklärung nicht oder zu einem späten Zeitpunkt im Prozess erkannt.
- Teilfunktionen werden nicht im Zusammenhang erkannt oder falsch gewichtet.
- Es existiert keine Darstellung eines Konzepts, oder sie entsteht erst, nachdem bereits Teile des Entwurfs erarbeitet sind. Damit wird die Kompatibilität der Teillösungen erst im Entwurf erkennbar.
- Es entstehen umfangreiche Änderungen im bereits bestehenden Entwurf beim Erkennen neuer oder nicht beachteter Anforderungen.
- Es werden umfangreiche Änderungen im Entwurf beim Erkennen von inkompatiblen Teillösungen notwendig.

GÜNTHER (1998, S. 135) kommt zu folgendem Fazit: Wird in kurzer Zeit eine funktionierende, nicht unbedingt optimale Lösung benötigt und auf die Betrachtung und Dokumentation von Alternativen verzichtet, dann erscheint das beobachtete Vorgehen des P-Konstrukteurs ratsam, auch wenn es höhere Risiken birgt.

Ist es notwendig, ein Lösungsfeld systematisch zu bearbeiten, um eine abgesicherte, optimale, innovative und nicht nahe liegende Lösung zu finden und steht Zeit für die Bearbeitung mehrerer Konzepte zur Verfügung, dann sei eher das Vorgehen des M-Konstrukteurs zu empfehlen.

Dieser Ansicht kann sich der Autor der vorliegenden Arbeit nicht anschließen. Zum einen ist im Einzelfall zu prüfen, ob das Eingehen der Risiken tatsächlich gerechtfertigt ist. Zum anderen bestätigen eigene Erfahrungen nicht, dass das Vorgehen des M-Konstrukteurs tatsächlich mehr Zeit in Anspruch nimmt. Dies ist unter anderem wiederum eine Frage des routinierten Umgangs mit methodischen Vorgehensweisen.

5.2.2 Ansatz mit dem Münchener Vorgehensmodell

Das Münchener Vorgehensmodell zeigt sehr anschaulich, wie man selbst die Vorgehenschritte planen kann. Zusätzlich veranschaulicht es auch im Nachhinein die durchgeführte Vorgehensweise. LINDEMANN (2005, S. 42) beschreibt einen Standardweg der Problemlösung (s. Bild 5-9).

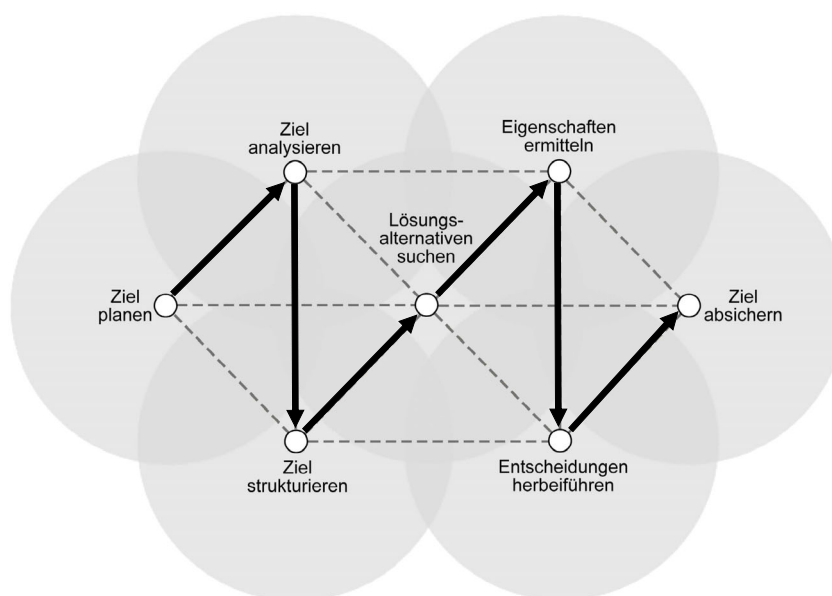


Bild 5-9: Standardweg der Problemlösung (nach LINDEMANN 2005, S. 42)

Um allerdings Rücksicht auf individuelle Vorgehensweisen und unterschiedliche Entwicklungssituationen nehmen zu können, sollte ein sequentielles Arbeiten mit dem Münchener Vorgehensmodell vermieden werden. Schließlich macht es beispielsweise nicht immer Sinn, mit dem Betrachten konkreter Lösungsalternativen so lange zu warten, bis die ersten drei Schritte der Zielplanung, -analyse und -strukturierung durchlaufen sind. Dies hat das obige Beispiel gezeigt: Nur so konnten die Versuchspersonen einen schnellen Eindruck von der Aufgabenstellung gewinnen.

Durch die genaue Aufschlüsselung von Iterationen, Divisionen und Rekursionen gelang der Autor zur Erkenntnis, dass der Standardweg des Modells sehr wohl seine stetige Berechtigung hat und nicht nur Anfängern als Anhaltspunkt gegeben werden sollte. Der Standardweg erweist sich stets als sinnvoll, da zur Bearbeitung eines Teilziels im Münchener Vorgehensmodell die davor liegenden Teilziele geklärt sein sollten. Beispielsweise ist es für eine Zielstrukturierung sinnvoll, das Ziel zuvor geplant und analysiert zu haben.

Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass Entwicklungsschritte mit anderer Teilzielverfolgung in einer rekursiven Darstellung verstanden werden. Sieht man beispielsweise die sinnvollen „Vorgriffe“ auf Lösungsalternativen als Rekursion und nicht als Iteration, so erscheint der Standardweg als prinzipiell sinnvoll.

Durch die Ergänzung der Intensität der Bearbeitung eines Schritts im Münchener Vorgehensmodell können wiederum die bislang als „Sprünge“ oder als „Auslassen“ eines Schritts dargestellten Vorgehensweisen schlüssig argumentiert werden. In manchen Entwicklungssituationen mag das Bearbeiten eines Schritts banal oder gar unsinnig sein, da alle relevanten Informationen vorliegen und bewusst sind. Damit ist aber dieser Schritt geklärt, kann „abgehakt“ und der Weg fortgesetzt werden.

Mit der Empfehlung, diesen Standardweg immer im Auge zu behalten, gewinnt das Münchener Vorgehensmodell an operativer Unterstützung. Möchte ein Entwickler zum Beispiel zur Suche nach Lösungsalternativen für seine Aufgabe zum nächsten Schritt

wechseln, sollte er überzeugt sein, dass die vorherigen Schritte Zielplanung, -analyse und -strukturierung ausreichend geklärt sind.

5.2.3 Umsetzung des Wahrnehmens und Steuerns von Iterationen

Der Standardweg des Münchener Vorgehensmodells ist Anhaltspunkt für das Vorgehen eines Entwicklers, da ihm Hilfestellung bei der Überprüfung seiner Vorgehensschritte geboten wird. Dies kann durch Fragestellungen, abgeleitet aus den Schritten des Münchener Vorgehensmodells, erfolgen. Will der Entwickler zum Schritt „Lösungsalternativen suchen“ übergehen, so kann er sich die Frage „Habe ich das Ziel ausreichend strukturiert?“ stellen. In Bild 5-3 sind die Punkte des Münchener Vorgehensmodells in Fragestellungen umformuliert.

Sollte die Fragestellung nicht einfach zu beantworten sein, können die in LINDEMANN (2005) gezeigten Unterkapitel als Fragestellungen herangezogen und umformuliert werden (s. Bild 5-4). Daraus ergeben sich Anregungen zum Wahrnehmen und Steuern der eigenen Situation. Dieser Ansatz steht somit in engem Zusammenhang mit dem Ansatz der reflexiven Dialoge. In beiden Fällen, sowohl zur Bedarfserkennung methodischer Vorgehensweise als auch zur bewussten Steuerung von Iterationen, muss eine Reflexion stattfinden.

Dabei sollte nicht nur der aktuell behandelte Vorgehensschritt in Frage gestellt werden, sondern auch alle bereits abgewickelten Schritte. Eventuell ergeben sich durch die erarbeiteten Ergebnisse neue Erkenntnisse, die eine Nachbesserung der Ergebnisse vorheriger Schritte erfordern. Eine Frage könnte dann zum Beispiel lauten: „Ist mein Ziel noch ausreichend analysiert?“ Damit können spätere Iterationen vermieden oder sinnvolle Iteration früher eingeleitet werden.

Dieser gedankliche Prozess kann sich nach mehrmaliger Anwendung zur impliziten Routine entwickeln. Das Erkennen vermeidbarer Iterationen und Einleiten sinnvoller Iterationen entfaltet sich zum routinierten Vorgehen.

Dieser Lösungsansatz wurde in zwei Konstruktionsversuchen überprüft (BRENNEIS 2005). Je Versuch bekamen zwei Versuchspersonen eine konstruktive Aufgabenstellung, die sie gemeinsam lösen sollten. Die Beobachter verfolgten das Geschehen, ohne einzugreifen.⁴⁷ Sie dokumentierten, an welchen Stellen im Vorgehen eine Entscheidung von den Versuchspersonen getroffen wurde, die eine vermeidbare Iteration später erforderlich machen wird. Zu diesen Stellen wurde notiert, innerhalb welchen Schrittes sich die Versuchspersonen befanden, zu welchem Schritt sie zurückkehren werden und welche Vermeidungsmaßnahmen hätten getroffen werden können. Bild 5-10 zeigt beispielhaft, wie die Versuchspersonen zum Zeitpunkt 1 eine vermeidbare Iteration initiieren, im Zeitpunkt 2 die Iteration ausführten und nach beendeter Entwicklungstätigkeit im Zeitpunkt 3 die Vermeidungsstrategien bestätigten.

⁴⁷ Lediglich zwei Gespräche zwischen Versuchspersonen und Beobachtern wurden zugelassen, um offene Punkte im Verlauf der Produktentwicklung zu klären.

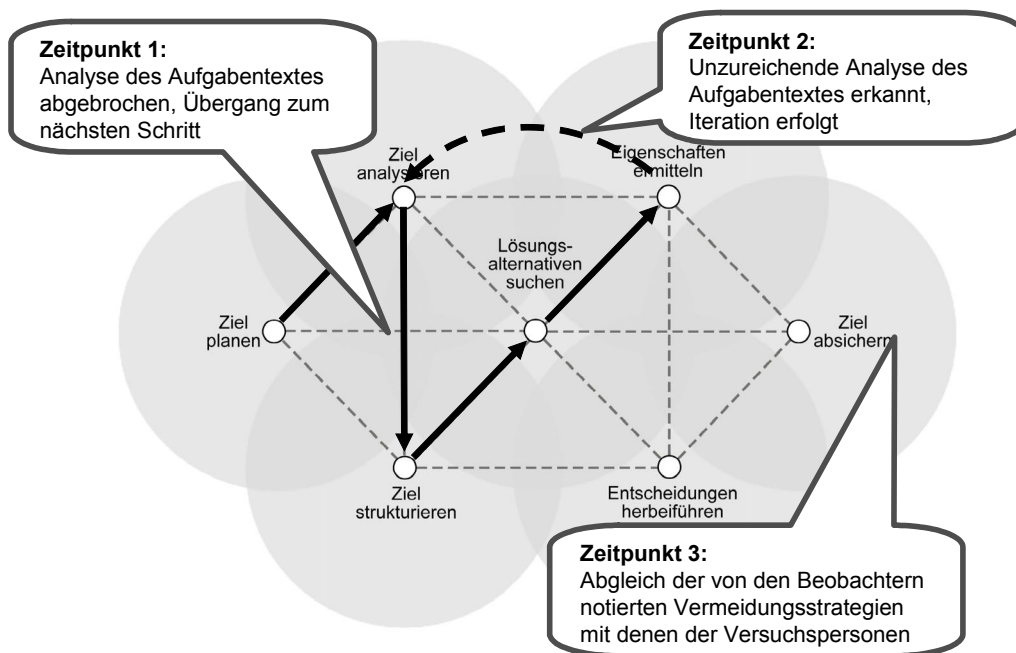


Bild 5-10: Vorhersage einer vermeidbaren Iteration

Die Beobachter erkannten zum Zeitpunkt 1, dass eine Iteration zurück zu „Ziel analysieren“ notwendig sein wird, aber vermeidbar gewesen wäre. Die Vermeidung hätte durch reflexive Fragen erkannt werden können:

- Habe ich die Anforderungen ermittelt?
Daraufhin hätten relevante Stellen im Aufgabentext hervorgehoben werden können.
- Habe ich die Anforderungen dokumentiert?
Daraufhin hätten die Anforderungen zusammengestellt werden können.
- Habe ich Zusammenhänge zwischen Anforderungen festgestellt?
Daraufhin hätten die geometrischen Zusammenhänge skizziert werden können.

Schließlich wurden zum Zeitpunkt 2 diese Schritte von den Versuchspersonen nachgeholt. Im abschließenden Interview zum Zeitpunkt 3 wurden sie befragt, welche Schritte im Vorgehen hätten besser und mit welchen Maßnahmen bewältigt werden können. Die Versuchspersonen bestätigten die von den Beobachtern notierten Vermeidungsstrategien.

Der Fragenkatalog für reflexive Kataloge schafft somit nicht nur ein Bewusstsein für die Methodenanwendung, sondern hilft auch beim Wahrnehmen und Steuern von Iterationen.

5.2.4 Kritische Betrachtung des Wahrnehmens und Steuerns von Iterationen

Für den Ansatz des Wahrnehmens und Steuerns von Iterationen lassen sich wesentliche Vor- und Nachteile finden:

Nachteile:

- Trotz der Förderung des Wahrnehmens von Iterationen kann dies nur subjektiv erfolgen. Man weiß nicht, bis zu welchem Grad man den jeweiligen Schritt bearbeitet hat. Ob der Schritt ausreichend behandelt wurde, bleibt Ermessenssache des Entwicklers.
- Dies liegt darin begründet, dass das „ob“ abgefragt wird, weniger das „inwieweit“. Es bleibt schwierig, allgemeingültige, objektive Messkriterien aufzustellen, an denen der Entwickler sein „inwieweit“ überprüfen kann.
- Da das Wahrnehmen und Steuern von Iterationen durch den Fragenkatalog der reflexiven Dialoge unterstützt werden kann, gelten auch deren Nachteile an dieser Stelle.

Vorteile:

- Das Münchener Vorgehensmodell erhält durch die bewusste Nutzung des Standardwegs und die Fragestellungen mehr hinweisenden Charakter.
- Ergebnisse werden häufiger in Frage gestellt und optimieren den Entwicklungsprozess.
- Vermeidbare Iterationen können leichter umgangen werden. Sinnvolle Iterationen werden an richtiger Stelle eingebaut.

Wenngleich die subjektive Wahrnehmung an dieser Stelle einen nicht zu unterschätzenden Einfluss ausübt, so wird dennoch ein höheres Maß an Objektivität ermöglicht. Der Fragenkatalog in Anlehnung an das Münchener Vorgehensmodell unterstützt den Entwickler bei der objektiven Betrachtung und dem Infragestellen seines Vorgehens.

5.3 Situative, flexible Methoden Anwendung durch Denkbausteine von Methoden

Das Fallbeispiel C deckte detailliert auf, dass der flexible Umgang mit Methode erforderlich ist, will man sie wirkungsvoll in unterschiedlichen Situationen einsetzen. Leider funktioniert es nur in wenigen Fällen, dass eine Methode „von der Stange“ verwendet werden kann. Das regelbasierte Vorgehen, einerseits notwendige Handlungsanleitung, ist andererseits die Ursache für Schwierigkeiten bei der Anwendung in unterschiedlichen Situationen.

Was bedeutet „situative Anpassung“?

Wird die Methodenauswahl grundsätzlich richtig getroffen, kann die Methode im Anwendungsfall dennoch nicht „richtig funktionieren“. Beispielsweise ist es zur Generierung

kreativer Ideen grundsätzlich adäquat, eine Galeriemethode⁴⁸ durchzuführen. In einer individuellen Situation kann es sich jedoch ergeben, dass die an den Wänden befestigten, verschiedenen zu Papier gebrachten Lösungsideen sich teils auf das Gesamtproblem, teils auf verschiedene Teilprobleme beziehen. Bleibt dieser Punkt unbeachtet, werden bestimmte Teillösungen eventuell nicht zur weiteren Suche berücksichtigt, da sie im ungeordneten „Chaos“ untergehen. Zu erkennen, dass das sture Abarbeiten der Methodenschritte an dieser Stelle unsinnig wäre, erfordert unter Umständen viel Methodenkenntnis. Würde man sich auf das Abarbeiten der Methodenbeschreibung verlassen, wäre das Risiko des Scheiterns der Methode sehr hoch, da zum Beispiel der Großteil der gefundenen Lösungsideen sich nur auf ein Teilproblem bezieht.

Methoden „situativ anpassen“ kann unterschiedliche Formen annehmen. Im eben skizzierten Beispiel wurde eine Methode verwendet, die an einer bestimmten Stelle in der Anwendung keinen Schritt für die Strukturierung der Lösungsideen vorsieht. Es könnte nun ein zusätzlicher Schritt eingebaut werden, zum Beispiel eine Unterteilung der Lösungsideen in jene, die sich auf das Gesamtproblem beziehen, und andere, die bestimmte Teilprobleme aufgreifen. Eine erfolgreiche Fortführung der Galeriemethode könnte an dieser Stelle das sortierte Anbringen der Ideen an den Wänden sein.

Man könnte von Bausteinen sprechen, die in diesem Fall zusätzlich eingebaut werden. Neben der Ergänzung mit zusätzlichen Bausteinen können sich andere Vorgehensweisen eignen, die Methode situativ anzupassen: Es können Bausteine aus einer Methode weggelassen beziehungsweise ersetzt oder aber nur einzelne Bausteine angewendet werden.

Warum ist es schwierig, mit Bausteinen zu arbeiten?

So einfach das Ergänzen, Weglassen oder Ersetzen von Bausteinen erscheint: Der Umgang mit Bausteinen fällt unerfahrenen Methodenanwendern nicht leicht. Die gezeigten unterschiedlichen Bewusstseinshorizonte aus dem Analyseteil des Kapitels 3 deuten darauf hin, dass bei der situativen Anwendung von Methoden neben der ohnehin schon schwierigen „Methodenwelt“ auch noch eine „Bausteinwelt“ beherrscht werden muss. In Bild 5-11 ist eine situative Methodenanwendung schematisch dargestellt, bei der ein Methodenbaustein durch einen anderen ersetzt wird.

⁴⁸ Die Galeriemethode ist eine Kreativität unterstützende Methode, die vor allem auf der offenen, zeichnerischen Darstellung, wechselseitigen Anregungen und Gruppendiskussion von Lösungsideen beruht. Alle Ideen werden auf großen Papierbögen festgehalten und nebeneinander aufgehängt (LINDEMANN 2005, S. 239).

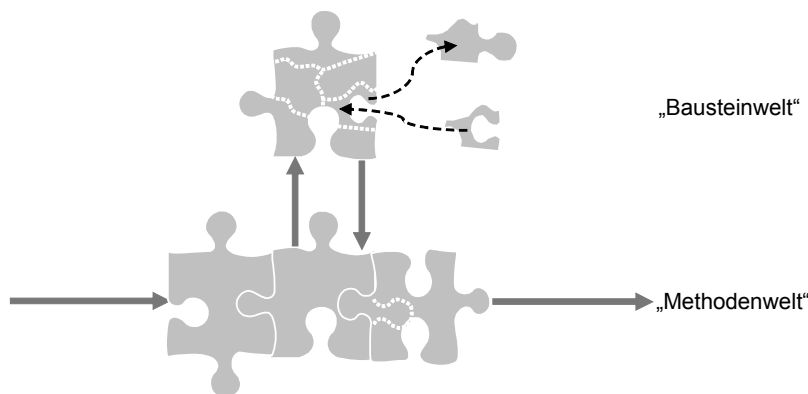


Bild 5-11: Beispiel für eine situative Methodenanwendung

Gibt es unendlich viele Bausteine innerhalb der Methoden?

Nachdem es schon unzählige Methoden gibt, wäre die Schlussfolgerung nahe liegend, die Aufschlüsselung der Methoden ergäbe ebenso mehr Bausteine. Demnach müsste dem Anwender ein noch wesentlich unüberschaubareres Feld an Entwicklungsmethodik bekannt sein. Tatsächlich ist das Gegenteil der Fall: Vergleicht man verschiedene Methoden, erkennt man wiederkehrende Schritte, die an unterschiedlicher Stelle verwendet werden. So ist die Gewichtung von Kriterien ein oft verwendeter Schritt: Sie wird bei Methoden zur Auswahl von Alternativen ebenso verwendet wie bei der Erstellung eines Portfolios⁴⁹. Während es eine Vielfalt an Methoden gibt, ist die Anzahl der enthaltenen Bausteine eher eine begrenzte. Aus einem Grundsortiment können aus verschiedenen Bausteinen unterschiedliche Methoden kombiniert werden.

Warum ist es von Vorteil, wenn der Anwender auch die Bausteine einer Methode kennt?

Bei den Methoden handelt es sich meist um „Spezialwerkzeuge“: Sie wurden aus einer Situation heraus für einen speziellen Einsatzzweck entwickelt. Da sich die Situationen in der Produktentwicklung nur zu einem begrenzten Maß verallgemeinern lassen, passt das Spezialwerkzeug nicht immer zu den zu reparierenden Problemen. In vielen Fällen wäre es vorteilhaft, auch ein Grundset an Werkzeugen zu haben, mit dem einfache, immer wiederkehrende Handgriffe erledigt werden können oder die Anwendung des Spezialwerkzeugs unterstützt werden könnte.

Hinzu kommt, dass die Entwicklungsmethodik eine Ansammlung unterschiedlichster Methoden bezüglich Anwendungsgebiet, Umfang oder Komplexität der Methode beinhaltet. Dem mit Methoden unerfahrenen Entwickler fällt es schwer, bei einem Sammelbegriff „Methode“ die „Äpfel von Birnen“ zu unterscheiden. Bild 5-12 zeigt eine mögliche Sortierung von Methoden hinsichtlich Detaillierungsgrad und operativer Einsetzbarkeit. Man kann darin erkennen, dass sehr unterschiedliche Methoden „Methoden“ genannt werden.

⁴⁹ Das Portfolio ist eine Methode, um eine Entscheidung auf Basis einer Analyse durch eine geeignete Darstellung vorzubereiten (LINDEMANN 2005, S. 257f).

Während beispielsweise die „Technische Evolution“⁵⁰ eher einen hinweisenden Charakter besitzt und vor allem für die strategische Ausrichtung eines Unternehmens herangezogen wird, ist eine Checkliste⁵¹ als operative Arbeitsmethode für den Einzelnen geeignet.

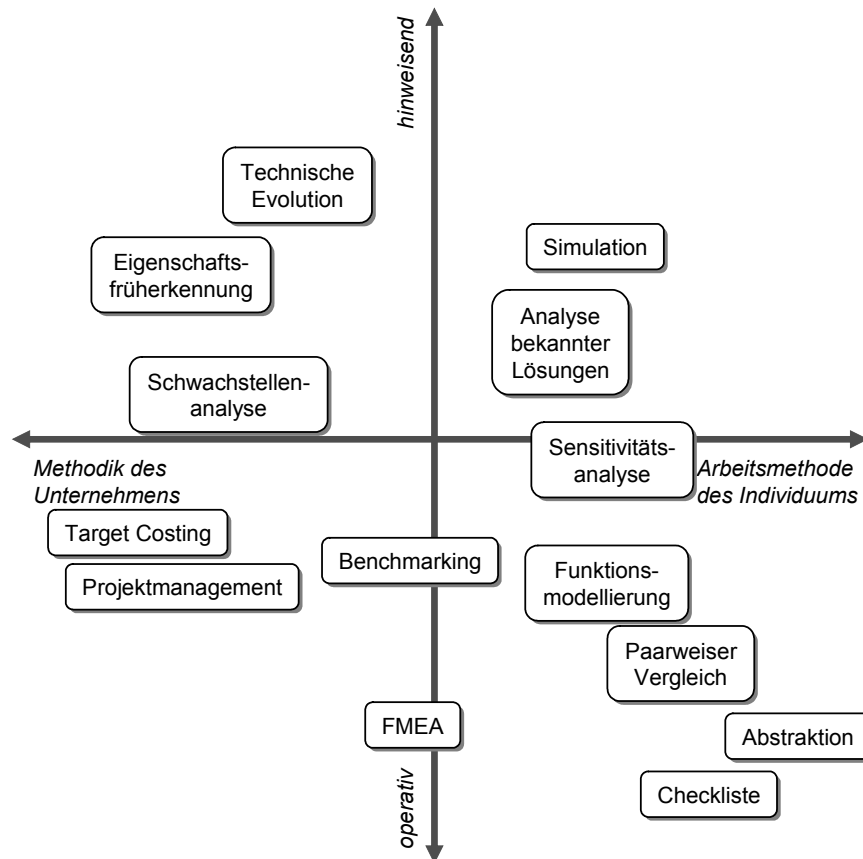


Bild 5-12: Mögliche Sortierung von Methoden (beispielhafte Methoden)

Würde der Entwickler ein „Gefühl“ für die Unterschiedlichkeit von Methoden besitzen, wie er es durch die Kenntnis über die Bestandteile von Methoden erhalten könnte, wäre es ihm möglich, routinierter damit umzugehen. Dieses Gefühl stellt sich derzeit nur nach einem steinigem Weg der Erfahrungssammlung ein.

Der Ansatz der Bausteine legt nahe, dass Situationen ebenfalls aus Bausteinen bestehen und damit ein einfacher Abgleich von Methoden- und Situationsbaustein zur passenden Anwendung führen könnten.

⁵⁰ Die Prinzipien der Evolution technischer Systeme erlauben grundsätzliche Vorhersagen über die zukünftige Entwicklung technischer Systeme (LINDEMANN 2005, S. 276).

⁵¹ Mittels Checklisten wird eine Hilfestellung bei der Bearbeitung von Aufgaben/Problemen gegeben sowie das Vergessen wichtiger Punkte vermieden (LINDEMANN 2005, S. 228f).

5.3.1 Bausteine der Methoden: Gibt es auch Bausteine von Situationen?

Die für die Methodenanwendung relevanten Situationen in der Produktentwicklung sind jene, die Problemcharakter haben. Wiederholen sich Problemstellungen in Entwicklungsprozessen? Lassen sich Probleme in allgemeingültige Kategorien einteilen? Ein kurzer Blick in die Literatur kann Aufschluss über existierende Definitionen geben, zeigt aber auch, dass die Kategorisierung von Situationen eine Frage des Betrachtungswinkels bleibt:

FUNKE (2003, S. 29ff) beschreibt, dass die Suche nach relevanten Unterscheidungsdimensionen eine lange Tradition besitzt und gibt einige Beispiele aus der Wissenschaft. Viele der Ansätze sind Kriterienkataloge, mit welchen sich Problemsituationen charakterisieren lassen. Damit kann allerdings kein Überblick über „alle“ Problemsituationen gewonnen werden.

Eine einleuchtende und mit guten Beispielen vollzogene Zweiteilung nimmt CROSS (1994, S. 10f) vor. Für die eine Seite wird als Beispiel ein Aussage des amerikanischen Präsidenten Kennedy von 1961 zitiert: Das Ziel sei, vor Ende des Jahrzehnts einen Mann auf dem Mond landen zu lassen und sicher wieder zurückzuholen. In diesem Fall ist das Ziel klar, aber der Weg, dies zu erreichen, völlig offen. Das andere Extrem wäre eine Äußerung wie: „Die Zangen rutschen immer ungewollt ab, können Sie das beheben?“ In diesem Fall ist das Ziel eher vage. Wie das Ergebnis aussehen wird, bleibt offen. Gewöhnlich sind alltägliche Problemstellungen von Entwicklern eine Mischung aus den beschriebenen Extremen. Schwierig wird es gerade dann, wenn das Problem nicht definiert oder unstrukturiert ist (ill-defined und ill-structured).

ULLMAN (1997, S. 23ff) zählt fünf verschiedene „Design“-Situationen auf:

- Selection Design (Bauteile, -gruppen aus Katalogen auswählen)
- Configuration Design (bestehende Teile / Gruppen verbinden)
- Parametric Design (ausrechnen)
- Original Design (Neues schaffen)
- Redesign (Überarbeitung)

GRABOWSKI & GEIGER (1997, S. 65) unterscheiden zwischen direkten und indirekten Konstruktionstätigkeiten. Direkte Konstruktionstätigkeiten sind Konzeption / Entwurf, Gestaltung, Berechnung und Dokumentation. Indirekte Konstruktionstätigkeiten sind Beschaffung und Aufbereitung von Informationen, Wissenserwerb und Koordination im Entwicklerteam.

Die unterschiedlichen Kategorisierungen zeigen zwei Dinge: Zum einen ist erkennbar, dass mit unterschiedlichen Sichten eine Problemkategorisierung versucht wurde. Dies führt zu unterschiedlichen Ergebnissen, die zwar für eine Sicht ihre Berechtigung haben, aber für eine andere wenig Unterstützung bieten. Zum anderen wird klar, dass für die Bausteinebene von Methoden keine passende Sicht angeboten wird. Mit zunehmendem Detaillierungsgrad lassen sich keine allumfassenden Kategorien finden, die Situationen werden zu individuell und sind von unzähligen Parametern abhängig.

RESTREPO & CHRISTIAANS (2003) gehen auf die Eigenschaften der Entwickler ein und unterscheiden problemorientierte und lösungsorientierte Entwickler. Dies führe dazu, dass jedes Problem von jedem Entwickler anders interpretiert wird. Entwicklungsprobleme seien anders als mathematische Problemstellungen, da verschiedene Ergebnisse denkbar seien. Eine Kategorisierung sei also überhaupt nicht möglich.

Ähnlich sieht es DORST (2003): Er kommt zu der Erkenntnis, dass es nicht funktionieren kann, Probleme in eine Taxonomie zu überführen. Zu unterschiedlich seien die Situationen, als dass ein allgemeingültiges Schema gefunden werden könne. Deshalb beschränkt sich DORST auf „kritische Situationen“.

Ein Abgleich von Methoden- und Situationsbausteinen, worauf zum Beispiel der Ansatz von GRÖBER (1992) basiert, kann an dieser Stelle nicht funktionieren (s. Bild 5-13). Es lassen sich keine allgemein gültigen Situationen finden, die der Gegenüberstellung von Methoden oder Methodenbestandteilen gerecht werden.

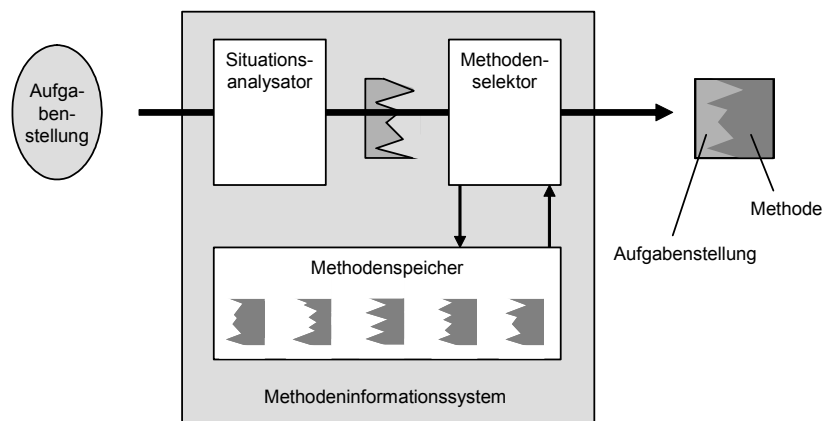


Bild 5-13: Methoden-Situationsabgleich nach GRÖBER (1992, S. 41)

5.3.2 Ansatz der Bausteine von Methoden

Methoden in Einzellelemente der Methoden zu zerlegen ist kein neuartiger Gedanke. Einige Arbeiten auf dem Gebiet der Entwicklungsmethodik greifen dies auf:

AMBROSY (1997, S. 85ff) beschreitet ebenfalls den Weg des Methodenbaukastenkonzepts. Managementtätigkeiten werden in „Elementartätigkeiten“ aufgespalten. Ebenso werden Methoden in „Elementarmethoden“ zerlegt. Eine bestimmte Managementtätigkeit sei eine Kombination aus einzelnen Tätigkeiten. Durch die Zuordnung von Elementartätigkeit und -methode könne eine Managementmethode aufgebaut werden (s. Bild 5-14).

Elementartätigkeiten	Elementarmethoden																								
	ABC-Analyse (Pareto-Analyse/Lorenz-Kurve)	Ablaufmodelle	Analogiemethode	Attributliste	Berechnen	Black-Box-Methode	Checklisten	Datensammelblätter	Dendogramm (Baumdiagramm)	Diagramme (allg.)	Fragetechnik	Graphen	Histogramm	Kontrolldiagramm	Matrix-Diagramm	Messen	Morphologie	Multimomentstudie	Phasengliederung	Rangfolge	Simulieren	Streuungsdiagramm	Tabellen	Top-Down/Bottom-Up	Ursache-Wirkungs-Diagramm
kombinieren																									
sammeln/suchen/vervollständigen		1	1	1				1	1	1		1	1											1	1
vergleichen										1			1	1	1			1		1		1	1		
zerlegen									1									1							1
festlegen/auswählen	1																1								
gewichten/priorisieren	1								1			1	1	1					1		1				
logische Ketten aufzeigen		1										1			1										1
ordnen/klassif./strukturieren/sort.	1	1					1		1			1			1				1	1			1	1	1
Analogie schließen/Gegensatz finden			1																						
abstrahieren/konkretisieren		1				1			1			1										1			1
Eigenschaften erkennen	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1	1			1	
darstellen/dokumentieren		1		1		1	1		1	1		1	1	1	1		1	1		1		1	1		1
variieren				1													1								

Bild 5-14: Zuordnung von Elementarmethoden zu Elementartätigkeiten (AMBROSY 1997, S. 86)

Aus der Reihe der Elementarmethoden lässt sich erkennen, dass beliebige Methoden (hier die Methoden des Managements) gewählt wurden. Der unterschiedliche Umfang der Elementarmethoden wird zum Beispiel bei „Rangfolge“ und „Ablaufmodelle“ klar: Während sich „Rangfolge“ auf das Ordnen verschiedener Elemente bezieht, kann „Ablaufmodelle“ eine komplexe Darstellung von Geschäftsprozessen bedeuten. Auch die Verschachtelung verschiedener Elementarmethoden ist nicht auszuschließen („Dendogramm“ und „Diagramme (allg.)“). Der in der vorliegenden Arbeit angedeutete Konflikt der Situationskategorisierung wird bei AMBROSY durch Elementartätigkeiten gelöst. Unberücksichtigt bleiben jedoch die individuellen Vorgehensweisen. Im Analyseteil wurde auf die Unterscheidung von Intention und Operation (die Operation entspräche der Elementartätigkeit) hingewiesen, der bei diesem Ansatz keine Rechnung getragen wird. Letztendlich stehen dem Anwender für eine Tätigkeit verschiedene Methoden zur Wahl, weshalb das Methodenauswahlproblem erhalten bleibt.

Von Elementartätigkeiten spricht auch ZANKER (1999, S. 57ff). Er benötigt sie, um sowohl Aufgaben als auch Methoden damit zu beschreiben. Durch das gemeinsame Element „Elementartätigkeit“ können Aufgaben und Methoden abgeglichen werden (Schlüssel-Schloss-Prinzip). Um Methoden auch mit der Entwicklungsumgebung abgleichen zu können, werden „Methodenmerkmale“ eingeführt. „Methodenmerkmale“ und „Elementartätigkeiten“ führen zum Aufspalten von Methoden in ihre Bestandteile, um der flexiblen Anwendung gerecht zu werden. Hieraus ergeben sich drei Verwendungsmöglichkeiten (s. Bild 5-15):

- Elementarmethoden zur Unterstützung einzelner Tätigkeiten
- Anpassung von Methoden an spezielle Randbedingungen
- neue Methoden durch Kombination von (Elementar-)Methoden

Diese Ansätze können je nach Komplexität der Aufgabe, Bedeutung der Aufgabe oder zur Verfügung stehender Zeit angewendet werden.

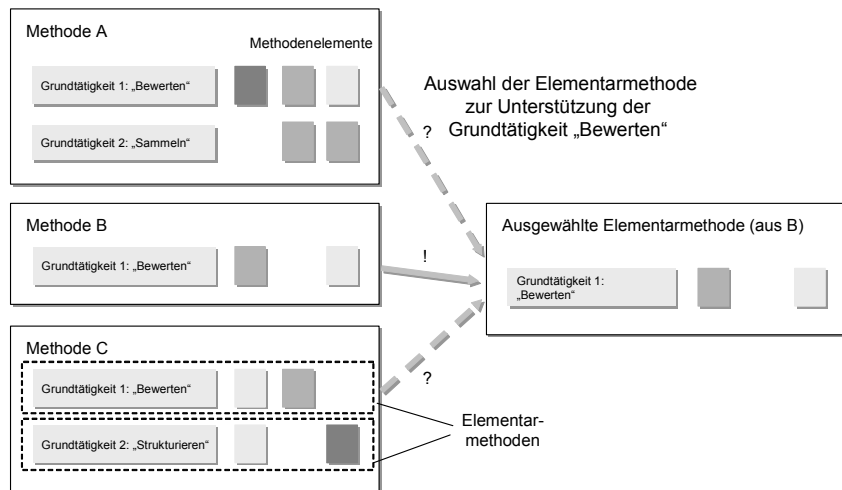


Bild 5-15: Situative Anwendung, Anpassung und Neukombination von Methoden nach ZANKER (1999, S. 88)

Ebenso wie der Ansatz von AMBROSY, basiert dieser auf einem Abgleich von Elementarmethode und Situation (Tätigkeit, Entwicklungsumgebung). Wie bereits dargestellt, verfolgen Methoden nicht nur eine Operation (Tätigkeit), sondern unterstützen eine Intention des Anwenders, die individuell ausfällt. Die Motivation des Anwenders ist in seltenen Fällen die Tätigkeit. Vordringlich zu betrachten ist das Ergebnis der Tätigkeit (Intention), weniger der Weg dorthin. ZANKER überlässt die Zusammenstellung von Elementarmethoden dem Anwender und bietet kein „Elementarmethodenset“.

Der Elementarmethodengedanke wird von GERST (2002, 73ff) aufgegriffen. GERST sieht den Weg darin, Elementarfunktionen als Grundelemente bestehender Methoden zu definieren. Er spezialisiert sich auf die Methoden der Strategieentwicklung. Die Elementarfunktionen basieren auf der ablauforientierten Funktionsmodellierung nach EHRENSPIEL (2003, S. 368ff) und auf den Elementartätigkeiten „Ändern“, „Wandeln“, „Vereinigen“ und „Speichern“. Es folgen Beispiele für Elementarfunktionen von Methoden der Strategieentwicklung, jedoch keine Übersicht über alle Elementarfunktionen.

An der Universität in Dresden entstand durch ESSWEIN (2004) eine Vorlesungsreihe, die sich intensiv mit dem „Method-Engineering“, also dem Entwickeln von Methoden beschäftigt. Diskutiert werden Methodenfragmente, die sich zu Methoden kombinieren lassen. Durch diesen Ansatz können beliebig viele Methoden generiert werden. Auch dem Vorgehen zum Vergleich und der Bewertung unterschiedlicher Methoden wird Aufmerksamkeit geschenkt. Allerdings liegt der Anwendungsbereich dieser Ausführungen in den Wirtschaftswissenschaften. Ein Transfer in die Produktentwicklung würde allem Anschein nach ohnehin einer „Neuentwicklung“ der Methodenfragmente entsprechen.

Bestehende Ansätze in Richtung „Bausteine von Methoden“ eignen sich nicht, um die flexible Handhabung von Entwicklungsmethodik unter Berücksichtigung der Intention des Anwenders ausreichend zu unterstützen.

5.3.3 Umsetzung der Denkbausteine von Methoden

Das „Extrahieren“ der Denkbausteine von Methoden soll mehreren Anforderungen genügen:
Die Bausteine sollten

- alle ähnlich grundlegend sein und sich nicht auf unterschiedlichen Niveaus befinden. Als Niveau bietet sich der Bewusstseinshorizont „Denkeinheit“ an.
- keine Überschneidung aufzeigen, so dass es nicht möglich ist, einen Baustein durch andere Bausteine teilweise zu ersetzen.
- auf ihrem Niveau nicht weiter zerlegbar sein.
- möglichst komplett sein, das heißt, es sollten sich alle Denkanregungen von Methoden abbilden lassen.

Wie sieht das Set an Denkbausteinen aus?

Auf Basis der Methodenanwendung des Autors in unterschiedlichen Projekten wurden die Erfahrungen des routinierten Umgangs mit Methodenbestandteilen zusammengetragen. Das so entstandene Set an Bausteinen wurde in einem anschließenden Versuch überprüft (SUN 2005): Vier Mitarbeiter des Lehrstuhls für Produktentwicklung, alle mit hoher Methodenerfahrung, zerlegten jeweils in einem Selbstversuch vier in Umfang und Anwendungsgebiet unterschiedliche Methoden der Produktentwicklung, ohne zuvor das bereits vorhandene Ergebnis des Autors zu kennen. Das Resultat der vier Versuchspersonen wurde dem bestehenden Bausteinset gegenübergestellt. Diese Anregungen führten letztendlich zum abschließenden Entwurf der Denkbausteine von Methoden. Wenngleich die oben genannten Ziele angestrebt wurden, wie beispielsweise die Vollständigkeit der Denkbausteine, so bleibt dennoch Raum für weitere Überprüfungen und Weiterentwicklungen des Denkbausteinsets. Die Denkbausteine als Ergebnis dieser Arbeit sind:

- *Definiere das Ziel!*



Generell ist bei jeder Methodenanwendung die Klärung des Ziels der Anwendung erforderlich, insbesondere dann, wenn es notwendig ist, zu Beginn der Methode das Ziel explizit darzustellen oder sich bewusst zu machen. Dies ist stets ratsam, wenn man Gefahr läuft, das Ziel aus den Augen zu verlieren, wenn etwa ein tiefes Problembewusstsein notwendig ist, weitere Maßnahmen festgelegt werden müssen oder falls bei der Methodenanwendung im Team von allen Teilnehmern die gleiche Zielvorstellung wünschenswert ist.

Typisches Beispiel: Ziel zu Beginn eines Brainstormings definieren.

- *Kontrolliere das Ziel!*



Zum Abschluss eines Vorgehensschritts kann sowohl das Ergebnis als auch das Vorgehen betrachtet werden. Man wird die Qualität des Schritts anhand des gewünschten Ergebnisses oder Vorgehens vergleichen (Soll- / Ist-Abgleich). Der Baustein wird vor allem zur kritischen Betrachtung eingebaut, wenn etwa ein Prüfen des Methodenergebnisses gefordert ist, getroffene Annahmen in Frage gestellt werden sollen

oder die Betrachtung der Plausibilität angeregt werden soll.

Typisches Beispiel: Kontrolle der errechneten Zahlen einer Bewertungsmethode durch die Plausibilitätsanalyse.

- *Betrachte die Abstraktionsgrade!*



Bei der Analyse komplexer Sachverhalte müssen oft Details ausgeblendet werden, um die Kapazitäten des Gedächtnisses für die wesentlichen Eigenschaften nutzen und so das Ganze verstehen zu können. Ebenso kann es erforderlich sein, einen niedrigeren Abstraktionsgrad einzunehmen, um von einer allgemeinen Ebene in eine detaillierte wechseln und so die Details verstehen zu können. In der Entwicklung von Produkten werden reale Gegebenheiten oft anhand von Modellen abgebildet, die bei weitem nicht alle Faktoren der kompletten Natur wiedergeben können. Ein Produkt wird beispielsweise in Form eines physikalischen Modells abstrahiert dargestellt. Typisches Beispiel: Betrachtung des Abstraktionsgrads bei der Funktionsmodellierung.

- *Betrachte die Teilsysteme!*



Komplexe Systeme, zum Beispiel Produkte oder Organisationen, können in ihre Teilsysteme zerlegt werden. Damit erhält man einen strukturierten Blick auf das System und kann betrachtete Teilsysteme dem Ganzen zuordnen.

Typisches Beispiel: Betrachtung der Teilsysteme eines Systems bei der Erstellung einer Baumstruktur.

- *Betrachte Relationen!*



Die Bestandteile eines Systems stehen in irgendeiner Form in Beziehung zueinander. Diese kann beispielsweise eine elektrische Verbindung oder ein stofflicher Zusammenschluss, aber genauso gut eine gemeinsame Abteilung zweier Personen sein. Bei der Betrachtung von Relationen wird der kausale Zusammenhang eines Systems aufgedeckt. Das Denken in Zusammenhängen wird damit unterstützt.

Typisches Beispiel: Betrachtung der Relationen zwischen den Elementen einer Zeile und denen einer Spalte innerhalb einer Matrix.

- *Generiere Alternativen!*



Bei der Generierung einer Lösung für ein Problem kann die Suche nach mehreren Lösungen hilfreich sein. Oft ist die erste gefundene Lösung nicht die Beste, weshalb das Denken in Alternativen in Methoden eingebaut wird. Man findet diesen Baustein vorrangig bei Methoden zur Lösungssuche, aber auch in Analysemethoden, beispielsweise um das Denken in alternativen Ursachen zu fördern („Was könnte noch der Grund hierfür sein?“).

Typisches Beispiel: Generierung von Alternativen bei der Kreativitätsmethode 6-3-5.

- *Generiere Kombinationen!*



Verschiedene Lösungsideen können Vor- und Nachteile aufweisen. Gelegentlich ist nicht die eine oder andere Idee die optimale, sondern eine Kombination aus beiden. Auch die Kombination von Ideen kann zu neuen Denkansätzen führen. Das Generieren von Kombinationen kann demnach nicht nur Teillösungen zu einer Gesamtlösung zusammenführen, sondern auch Teilideen zu einer neuen Teilidee reifen lassen. Typisches Beispiel: Generierung von Kombinationen beim Morphologischen Kasten.

- *Ermittle Kriterien!*



Kriterien werden zur klaren Beschreibung verwendet. Sie finden sich zum Beispiel in Methoden der Aufgabenklärung ebenso wieder wie in Bewertungsmethoden. Der Effekt, der dabei genutzt wird, ist die Schärfung eines noch unklaren Verständnisses, wodurch schwammige Aussagen in konkrete Kriterien überführt werden. Kriterien finden vielfach in Teammethoden Anwendung, damit bei den Teilnehmern ein gemeinsames, konkretes Verständnis hergestellt werden kann.

Typisches Beispiel: Ermittlung der Kriterien, die eine Produktlösung erfüllen soll.

- *Ermittle Wertigkeiten!*



Der Wert eines Produkts, einer Idee oder eines Gedankens muss bestimmt werden, um über die Qualität zu entscheiden. Er wird meist an Kriterien gemessen. Demnach kann beispielsweise der Wert eines Produkts in Teilwertigkeiten angegeben werden. Ziel ist dabei, das subjektive Wertgefühl klar zu formulieren.

Typisches Beispiel: Ermittlung von Wertigkeiten von Lösungsalternativen bei der Punktbewertung.

- *Ermittle Wichtigkeiten!*



Unterschiedliche Forderungen, die an ein Produkt gestellt werden, können unterschiedlich bedeutend sein. Manche Forderungen sind unabdingbar und entscheidend, andere können zwar wünschenswert, aber weniger wichtig sein. Diese unterschiedliche Gewichtung kann man mit Wichtigkeiten ausdrücken. Wichtigkeiten werden in Methoden verwendet, wenn beispielsweise die Anforderungen an ein Produkt unterschiedliche Bedeutung haben oder Prioritäten gesetzt werden sollen.

Typisches Beispiel: Ermittlung von Wichtigkeiten bei der gewichteten Punktbewertung.

- *Ermittle Rangfolgen!*



Die Entscheidung, welche Maßnahmen priorisiert werden sollen, ist gelegentlich nicht leicht erkennbar oder von subjektiven Empfindungen geprägt. Deshalb werden Auswahlsschritte in Methoden oft durch die Ermittlung einer Rangfolge unterstützt. Rangfolgen können aber auch bei der Strukturierung auftreten, wenn etwa eine Hierarchisierung von Teilsystemen erfolgen soll.

Typisches Beispiel: Ermittlung der Rangfolge der wichtigsten Maßnahmen innerhalb einer ABC-Analyse.

- *Ermittle Einschränkungen!*



Stehen mehrere Alternativen zur Auswahl oder sind nicht alle anstehenden Punkte aufgrund der begrenzten Ressourcen weiter bearbeitbar, muss eine Auswahl erfolgen. Dinge sind auszusortieren, um die Aktivitäten auf sinnvolle Maßnahmen einzuschränken. Durch die Einschränkung werden priorisierte Dinge weiterverfolgt, weniger wichtige Dinge hinten angestellt oder aussortiert.

Typisches Beispiel: Ermittlung von Einschränkungen bei der Anwendung von Reduktionsstrategien im Morphologischen Kasten, um sich auf sinnvolle Lösungskombinationen zu konzentrieren.

- *Hole Informationen ein!*



Um einen geplanten Vorgehensschritt ausführen zu können, ist es meist hilfreich oder gar notwendig, nicht vorhandene Informationen einzuholen. Entwickler vergessen gelegentlich, dass die Suche nach Informationen eine gute Möglichkeit wäre, um das Vorgehen zu beschleunigen. Deshalb wird in Methoden die Informationsbeschaffung als expliziter Schritt eingebaut. Angeregt werden damit zum Beispiel die Recherche, die Nutzung des Wissens anderer Mitarbeiter (Interdisziplinarität) oder die Befragung externer Spezialisten.

Typisches Beispiel: Nutzung der Ideen anderer bei der Galeriemethode.

- *Lagere Wissen aus!*



Da das menschliche Gehirn nur begrenzte Aufnahme- und Verarbeitungskapazität besitzt, nutzen Methoden oft den Effekt der Auslagerung gedanklicher Prozesse. Mit der Auslagerung können zu eigenem Wissen erarbeitete, komplexe Zusammenhänge beherrschbar werden, zum Beispiel durch grafische Verdeutlichungen in Form von Skizzen oder Diagrammen der gedanklichen Überlegungen. Durch die Dokumentation, die auch in Textform erfolgen kann, wird möglicherweise eine präzise Formulierung erreicht. Zusätzlich können die dokumentierten Dinge leichter wieder gefunden und verwendet werden.

Typisches Beispiel: Auslagern wichtiger Punkte in Form einer Checkliste, um zum Beispiel Dinge nicht zu vergessen oder wichtige Punkte anderen Personen klar vermitteln zu können.

Bei der Erstellung von Methoden wurden bewusst diese Effekte in Form von Denkanstößen eingebaut, um damit dem Anwender „auf die Sprünge zu helfen“. Zum Beispiel wird in Methoden bewusst der Schritt „Ermittle Kriterien!“ eingebaut, damit der Anwender seine „vagen“ Vorstellungen in „harte“ Kriterien fasst. In Bild 5-16 sind die Denkbauklöcher einer Methode beispielhaft extrahiert dargestellt.

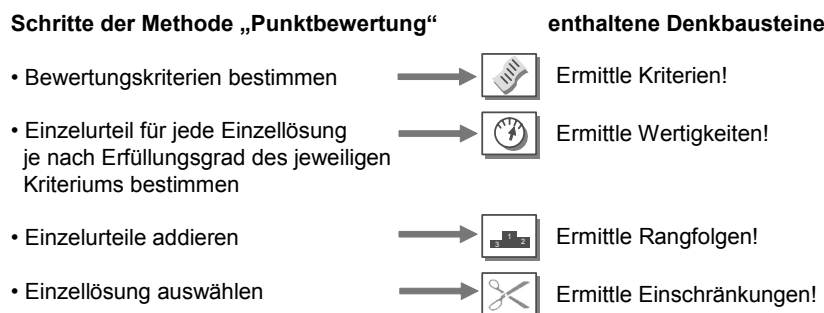


Bild 5-16: Beispiel für Denkbauklöcher in der Methode „Punktbewertung“

Mit einer Punktbewertung können aus einer Menge alternativer Lösungen der oder die Favoriten hinsichtlich der Erfüllung einer bestimmten Anzahl von Kriterien ermittelt werden (LINDEMANN ET AL. 2004). Die Methode sieht mehrere Schritte vor, um eine quantitative Aussage über die bestehenden Alternativen zu ermitteln. Zunächst werden die Bewertungskriterien bestimmt, welche sich an den Anforderungen sowie der aktuellen Entscheidungssituation orientieren. Über die einzelnen Kriterien werden für jede Lösungsalternative Einzelurteile gebildet, indem je nach Erfüllungsgrad Punktwerte vergeben werden. Die Bildung des

Gesamturteils ergibt sich durch die Addition der Einzelpunkte. Die Punktesumme der verschiedenen Alternativen dient als Entscheidungshilfe bei der Auswahl einer Lösung.

Das Beispiel zeigt, dass die in der Methode „Punktbewertung“ enthaltenen Denkbausteine alle ähnlichen Aufforderungscharakter haben, nämlich „Ermittle...!“. Dies liegt am generellen Charakter der Bewertungsmethode, deren Zweck die Ermittlung von Aussagen über die Qualität der Lösungen ist. Es gibt weitere Denkopoperationen mit anderen Charakteren. Neben ermittlungsorientierten Denkbausteinen sind beispielsweise generierungsorientierte vorhanden, also Denkbausteine, die neue Lösungswege eröffnen sollen.⁵² In Bild 5-17 ist die Strukturierung der Bausteine in fünf Gruppen dargestellt. Neben den schon erwähnten ermittlungs- und generierungsorientierten Denkbausteinen gibt es ziel-, betrachtungs-, und informationsorientierte Denkbausteine. Die Strukturierung unterstützt die Vorstellung, dass derartige Bausteine für unterschiedliche Denkopoperationen eingesetzt werden. Sie entsprechen den Intentionen, die in bestehenden Methoden stecken.

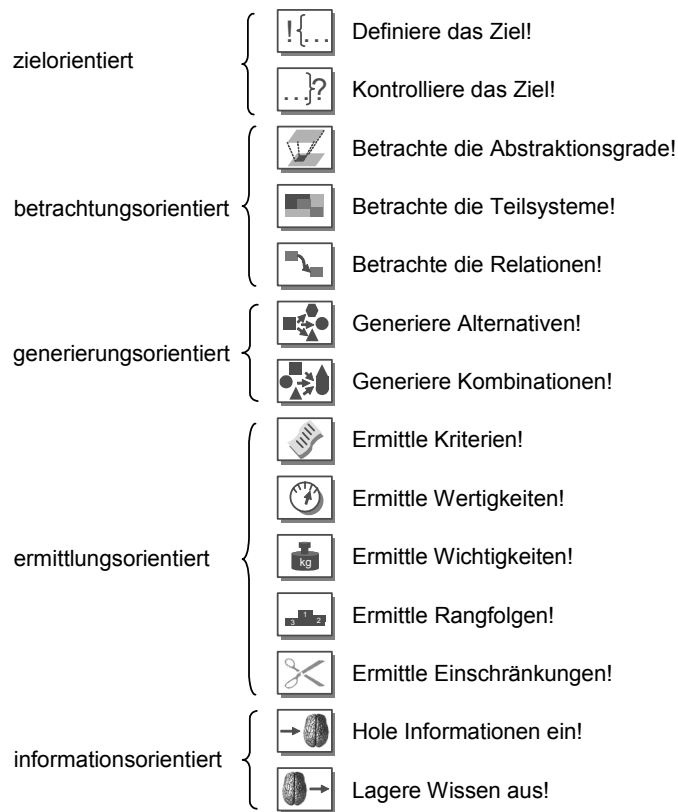


Bild 5-17: Strukturierung der Denkbausteine in fünf Kategorien

Entwickler, die mit Methoden routiniert umgehen können, setzen gezielt denjenigen Baustein in ihr Vorgehen ein, der die für das Weiterkommen in der jeweiligen Situation erforderliche

⁵² In der Literatur sind hinsichtlich der Denkvorgänge sehr differierende Kategorisierungen zu finden (CROSS 1994, S. 165ff, ERIS 2002, S. 5-97, OSSIMITZ 2000, S. 52, RUTZ 1985, S. 69, SCHAUB 2003). Sie dienen als Anregung für die Strukturierung der Denkbausteine von Methoden, um die verschiedenen Charaktere abbilden zu können.

Denkoperation auslöst. In diesem Zusammenhang wird gelegentlich von „Heurismen“ gesprochen. DÖRNER (1989, S. 239) setzt „Heurismen“ mit „Findeverfahren“ gleich. Wenngleich der Begriff „Heurismus“ in der Entwicklungsmethodik häufig verwendet wird, ist nicht klar definiert, welche „Findeverfahren“ enthalten sind oder sein sollen. EHRENSPIEL (2003, S. 51) beschreibt treffend, dass die „Heuristische Kompetenz“ der verbleibende Sammelbegriff menschlicher Problemlösefähigkeit ist. Der Autor möchte aufgrund der unklaren Verwendung des Begriffs „Heurismus“ bewusst auf dessen Verwendung verzichten, wenngleich eine Affinität zu Denkbausteinen feststellbar ist.

Wie können die Denkbausteine vermittelt werden?

Will man Denkbausteine Entwicklern vermitteln, sind dazu verschiedene Wege denkbar. Ähnlich wie bei den Methoden, könnte man auch bei den Denkbausteinen eine Beschreibung angeben, in welcher Situationen dieser oder jener Denkbaustein eingesetzt werden kann. Methoden werden unter anderem mit deren jeweiligen „Inputs“ (Was brauche ich für diese Methode?) und „Outputs“ (Welches Ergebnis bringt die Methode?) beschrieben. Es empfiehlt sich jedoch nicht, mit Denkbausteinen ebenso zu verfahren, da ihre Einsatzmöglichkeiten noch vielfältiger als die von Methoden sind. Zudem wurde zuvor festgestellt, dass sich Situationen nicht kategorisieren lassen.

Da bereits die Auswahl von Methoden dem Entwickler große Probleme bereiten kann, erscheint die Auswahl eines Denkbausteins noch schwieriger. Im Idealfall würde man dem Entwickler für seine Situation eine Karte mit dem passenden Denkbaustein „aus dem Denkbausteinquartett“ zuspiesen. Jedoch scheidet eine weitere Person als ständiger Vorgehensbegleiter allein schon aufgrund des hohen zeitlichen Aufwands aus.

Zielführender ist, die Denkbausteine in Form eines „Einmaleins“ zu vermitteln. Werden Methoden vorgestellt (etwa bei einem Workshop oder im Rahmen einer Vorlesung an der Hochschule), wird zusätzlich der „Quellcode“ der Methoden aufgedeckt: Nach der Beschreibung der Methode wird auf die Denkbausteine verwiesen, die in dieser Methode enthalten sind. Der Entwickler bekommt dadurch ein klareres Bild jener Denkanstöße, die Methoden auslösen sollen. Mit jeder weiteren Methode, die ihm vermittelt wird, kann er die Denkbausteine identifizieren und erschließt sich das „Einmaleins der Methoden“ (s. Bild 5-18). Da erfahrene Methodenanwender bereits erfolgreich mit diesen Denkbausteinen agieren, kann damit für den unerfahrenen Entwickler der Weg zur Routine in methodischer Vorgehensweise verkürzt und Steine aus dem Weg geräumt werden.

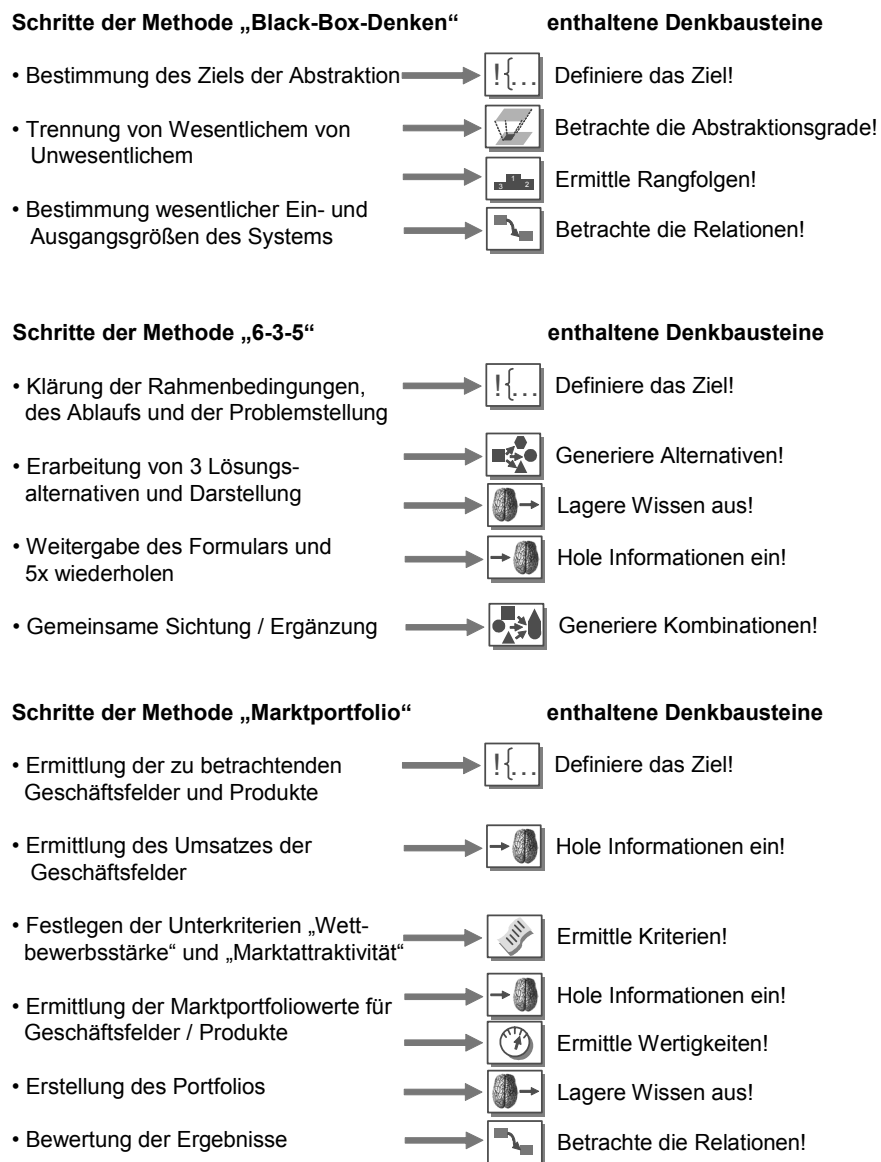


Bild 5-18: Aufzeigen des „Quellcodes“ von Methoden in Form von Denkbausteinen

5.3.4 Kritische Betrachtung der Methodenbausteine

Eine kritische Betrachtung des Ansatzes der Denkbausteine von Methoden lässt wesentliche Vor- und Nachteile erkennen:

Nachteile:

- Neben der „Methodenwelt“ wird eine „Denkbausteinwelt“ eingeführt, die zunächst die Entwicklungsmethodik komplexer erscheinen lässt.
- Die Vermittlung von Methoden wird umfangreicher, da zusätzliche Inhalte vermittelt werden müssen.

- Der Vermittler von Methoden muss entscheiden, ob die zusätzliche Vermittlung der Denkbausteine gewünscht wird. Es mag nicht immer sinnvoll sein, dass Entwickler einen derart hohen Kenntnisstand bezüglich Entwicklungsmethodik erreichen sollen, da zum Beispiel nur eine begrenzte Anzahl an Methoden erlernt und für die jeweilige Funktion im Unternehmen angewendet werden muss.

Vorteile:

- Die Bandbreite an Methoden erfordert derzeit ein hohes Maß an Methodenkenntnis, um Unterschiede, zum Beispiel hinsichtlich des Anwendungsaufwands, feststellen zu können. Eine Offenlegung des kleinsten gemeinsamen Nenners von Methoden in Form von Denkbausteinen erhöht die Transparenz der Methoden.
- Die flexible Anwendung von Methoden wird erleichtert, ist man sich der den Methoden zugrunde liegenden Denkbausteine bewusst.
- Die Denkbausteine erleichtern das Kombinieren von Methodenelementen zu einer individuellen Methode für die eigenen Bedürfnisse.

Den Aufwand der Vermittlung der Denkbausteine von Methoden einzugehen ist dann sinnvoll, wenn die methodische Vorgehensweise des Entwicklers gefördert werden soll. Dies muss nicht in jedem Fall zutreffen. Wenngleich der Wunsch nach methodisch arbeitenden Entwicklern in Frage gestellt werden kann: Stimmen aus der Praxis ist häufig zu entnehmen, dass eine klarer strukturierte Vorgehensweise der Mitarbeiter gewünscht wird.

5.4 Fazit dieses Kapitels

- Bedarfserkennung von Methodik wird durch reflexive Dialoge unterstützt. Die Diskussionspunkte in einem reflexiven Dialog können durch Fragestellungen angeregt werden. Das Münchener Vorgehensmodell bietet eine Orientierung, welche Schritte bei der Problemlösung betrachtet werden können. Daraus lassen sich unmittelbar Fragen für reflexive Dialoge ableiten.
- Iterationen im Vorgehen müssen beherrscht werden. Dadurch sind vermeidbare Iterationen zu erkennen und sinnvolle Iterationen einzubauen. Auch hierzu dienen das Münchener Vorgehensmodell und die abgeleiteten Fragestellungen, da durch die Reflexion eine Entscheidung bezüglich Iterationen getroffen werden kann.
- Methoden können in Bausteine zerlegt werden, die sich in Summe auf eine begrenzte Anzahl beschränken. Das Bewusstsein über Denkbausteine von Methoden stärkt das Verständnis für die Wirkmechanismen von Methoden. Damit wird eine routinierte Anwendung unterstützt.

6 Anwendung der Lösungsansätze

Die in Kapitel 5 vorgestellten Lösungsansätze wurden in zwei Fallbeispielen angewendet. Im Fallbeispiel E handelt es sich um einen Entwicklungsprozess, der gezielt mit reflexiven Dialogen unterstützt wurde. Unter anderem ließen sich dadurch Iterationen im Vorgehen des Entwicklers vermeiden. Das Fallbeispiel F stellt eine Methodenentwicklung vor. Dabei wurden Denkbausteine von Methoden eingesetzt und zu einer individuellen Methode für ein Unternehmen kombiniert. Die Fallbeispiele stellen Anwendungsbeispiele dar, um die Umsetzung der Lösungsansätze zu verdeutlichen. Eine vollständige Verifikation der Lösungsansätze gelingt dadurch nur in begrenztem Maße.

6.1 Fallbeispiel E: Entwicklung eines Fahrradanhängers

Im Rahmen einer Studienarbeit am Lehrstuhl für Produktentwicklung wurde von einem Studenten der Fachrichtung Maschinenwesen, derzeit im Hauptdiplomstudium, ein Fahrradanhänger entwickelt. Die Rolle des Betrachters wurde von zwei Betreuern der Studienarbeit, dem Autor der vorliegenden Arbeit und einem weiteren Assistenten des Lehrstuhls, übernommen. Das fachliche Wissen des Entwicklers zeichnete sich vor allem durch hohen Kenntnisstand über bestehende Fahrradkonzepte und Komponenten sowie durch eine vielseitige Fahrpraxis aus. Auch das Fahren mit einem Fahrradanhänger zählte zu seinen Erfahrungen, da er selbst einen Lastenanhänger besaß. Das ursprüngliche Vorgehen des Studenten konnte jedoch als wenig strukturiert, seine Erfahrungen mit Entwicklungsmethodik als gering angesehen werden.

6.1.1 Ausgangssituation

Die Ausgangssituation der Produktentwicklung konnte mit folgendem Szenario beschrieben werden:

Rad fahren hat sich in den letzten eineinhalb Jahrzehnten zu einem Breitensport entwickelt. Viele Personen, die bisher alleine oder mit anderen Erwachsenen Bergsport betrieben haben, besitzen inzwischen Familien mit Kleinkindern. Durch die Verwendung von Fahrradanhängern lässt sich ein Ausflug der gesamten Familie ermöglichen. Bestehende Anhängersysteme schränken den Einsatzbereich vieler Mountainbikes jedoch stark ein und verhindern bisweilen das Befahren bestimmter Streckenabschnitte.

Es sollten existierende Systeme kritisch überprüft und ein für Bergradtouren taugliches Anhängersystem für Kleinkinder entwickelt werden. Hierzu wurden zunächst Marktrecherchen angestellt, um zu vermeiden, ein schon existierendes System erneut zu entwickeln. Als Potenzial der Ausgangssituation ergab sich, dass ein zufrieden stellendes Anhängersystem für den Einsatz auf schmalen Bergpfaden (Singletrails) zum Transport von Kleinkindern nicht

existierte. Der Lösungsweg in Richtung eines gefederten „Einspuranhängers“, also eines Anhängers, dessen Rad in der Spur des Fahrrads läuft, wurde gemeinsam beschlossen.

6.1.2 Welches Vorgehen war geplant?

Das Ziel der Studienarbeit war die Anfertigung eines Prototyps des konzipierten Anhängers. Um sicherzustellen, dass das Produkt eine hohe Marktakzeptanz erreichen würde, war folgendes Vorgehen geplant:

- In einer Marktrecherche sollte geklärt werden, welche Anhängersysteme bereits existierten, welche Detaillösungen dabei verwendet wurden und welche Schwachstellen den Einsatz auf Bergpfaden behindern würden.
- Um aufzudecken, welche Zielgruppe als Produkthanwender in Frage kam, war eine Marktbefragung geplant. Damit sollte sichergestellt werden, dass das Produkt den Kundenwünschen entspricht.
- Die Anforderungen an das Produkt mussten geklärt, gesammelt und aus den beiden vorangegangenen Schritten ergänzt werden.
- Um den Rahmen einer Studienarbeit nicht zu sprengen, sollten Entwicklungsschwerpunkte gesetzt werden, die vornehmlich Berücksichtigung bei der Konzipierung des Anhängers finden sollten.
- Es war gefordert, Lösungsalternativen für das gesuchte Anhängersystem zu generieren und zu Konzeptideen zusammenzutragen.
- Die Konzeptideen waren kritisch zu untersuchen und zu bewerten. Damit sollte eine Entscheidung für eine zu realisierende Konzeptlösung getroffen werden.
- Die Detaillierung der Konzeptidee war erforderlich, um daraus einen Prototyp in der Lehrstuhlwerkstatt fertigen zu können.
- Anhand des Prototyps sollte die Zielerreichung bewertet werden.

Mit diesen Schritten war das prinzipielle Vorgehen schon zu einem erheblichen Anteil vorgegeben, der Pfad für eine strukturierte Vorgehensweise vorbestimmt. In Bild 6-1 sind die geplanten Schritte anhand des Münchener Vorgehensmodells dargestellt.

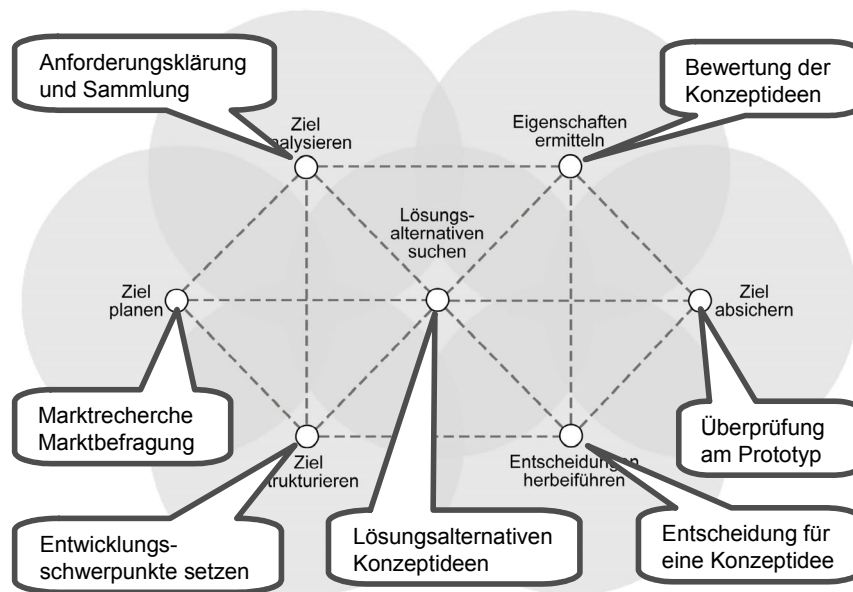


Bild 6-1: Geplante Entwicklungsschritte zur Entwicklung eines Anhängersystems

Obwohl diese Aufgabe in Form einer Semesterarbeit an der Universität bearbeitet wurde, stellte sie eine realistische Entwicklungssituation dar; denn auch in der Realität muss zunächst die Zielrichtung der Produktentwicklung bestimmt werden. Die Erwartungen des Kunden sind zu Beginn ebenso unklar wie das Wissen über bestehende Lösungen des Markts. Die zeitliche Einschränkung der Arbeit entsprach einem Zeitdruck, wie er ebenso in Entwicklungsabteilungen zu finden ist.

6.1.3 Wie wurden reflexive Dialoge angewendet und Iterationen gesteuert?

Die Anwendung der Lösungsansätze „reflexiver Dialog“ und „Wahrnehmen und Steuern von Iterationen“ sollen an Situationen der Entwicklung des Fahrradanhängers aufgezeigt werden. Hierzu werden zwei Schritte des Vorgehens herausgegriffen: „Anforderungsklä rung“ und „Suchen nach Lösungsalternativen“.

Wie konnte die Anforderungsklä rung verbessert werden?

Trotz einer Marktanalyse und der Marktbefragung wurde die Anforderungsklä rung vom Entwickler nur unzureichend erfüllt. Wichtige Anforderungen wurden nicht betrachtet. Es musste zu einem möglichst frühen Zeitpunkt erkannt werden, dass zur Suche nach Lösungsalternativen noch fehlende Anforderungen identifiziert und aufgenommen werden müssen. Nach Ansicht des Entwicklers allerdings konnte die Lösungssuche trotz rudimentärer Anforderungssammlung beginnen. Aus seiner Sicht war die Lösungssuche der logische, nächste Schritt.

In die wöchentliche Besprechung aller Beteiligten (Entwickler und Betrachter) über den Fortschritt der Arbeit konnten reflexive Dialoge eingebaut werden. Dabei wurden Fragen in Anlehnung an das Münchener Vorgehensmodell angewendet (s. Bild 5-4). Im Wesentlichen

stand die Frage „Habe ich das Ziel ausreichend analysiert?“ beziehungsweise „Habe ich das Ziel ausreichend strukturiert?“ zur Diskussion. Durch weiterführende Fragen konnte der Entwickler zur Reflexion angeregt werden:

- Habe ich die Anforderungen ermittelt?
Daraufhin wurden Crashanforderungen der StVZO⁵³ zugrunde gelegt, die entscheidende Auswirkungen auf die Gestaltung des Konzepts hatten. Ebenso wurden ein Spritzwasser- und ein Staubschutz berücksichtigt.
- Habe ich die Anforderungen dokumentiert?
Durch die Anregung dieser Frage wurden die Anforderungen erstmalig dokumentiert. Die Anforderungen spielten dadurch bei der Konzeptbewertung („Eigenschaften ermitteln“) eine wichtige Rolle. In diesem Schritt wurden Bewertungskriterien aufgestellt, die auf den Kernanforderungen basierten. Ohne eine dokumentierte Anforderungssammlung hätte eine erneute Recherche und Diskussion um Anforderungen stattgefunden.
- Habe ich Zusammenhänge zwischen Anforderungen erkannt?
Hier konnte beispielsweise eine ergiebige Diskussion um die Bodenfreiheit des Anhängers geführt werden. Besonders auf Bergpfaden spielt diese Anforderung eine bedeutende Rolle. Allerdings konnte kein beliebiger Wert angenommen werden. Es wurde geklärt, welche Bodenfreiheit ein übliches Mountainbike erreicht. Daraus konnte abgeleitet werden, welcher Böschungswinkel zwischen Fahrrad und Anhänger realisierbar sein sollte. Als Böschungswinkel wurde der Winkel zweier Ebenen eines Bodens bezeichnet, die mit dem Fahrrad-Anhänger-Gespann ohne Kollision der Rahmenteile mit dem Boden realisiert werden können. Wäre die Überlegung erst zum Zeitpunkt der Konzeptbewertung oder gar am Prototypen angestellt worden, hätte dies die Überarbeitung der Konzepte beziehungsweise des gesamten Prototyps bedeuten können.

Als Ergebnis der reflexiven Dialoge wurde an dieser Stelle eine intensivere Anforderungsklä- rung erzielt. Der Entwickler wurde animiert, sich Gedanken zu wichtigen Überlegungen vor der Lösungssuche zu machen. Er schlussfolgerte, dass die Anforderungen in Form einer Anforderungsliste gesammelt werden können. Schlussendlich wurde dadurch eine Dokumentation mit Anforderungen und zugehörigen Werten (beispielsweise Anforderung „Bodenfreiheit“, Wert „25 cm“) erreicht.

Durch die Anwendung des reflexiven Dialogs wurden spätere Iterationen vermieden. Gefährdet war beispielsweise der Schritt der Bewertung der Lösungsalternativen, da ohne die Klärung der Anforderungen die wichtigsten Bewertungskriterien nicht verwendet worden wären. Die Bewertung hätte entweder ein „verfälschtes“ Resultat ergeben, oder aber es wären durch die Suche nach Bewertungskriterien Anforderungen erkannt worden, die eine erneute Lösungssuche erfordert hätten.

⁵³ Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung

Wie konnte die Suche nach Lösungsalternativen verbessert werden?

Bei der Lösungssuche beschränkte sich der Entwickler zunächst auf eine Lösung je Teilsystem. Er präsentierte also je eine Lösung zum Rahmenkonzept, eine zur Aufhängung des Reifens und eine zur Anbindung an das Fahrrad. Dieses Ergebnis war allerdings hinsichtlich eines qualitativ guten Entwicklungsprozesses unbefriedigend. Es stellte sich heraus, dass der Entwickler nach einer gefundenen Lösung die weitere Suche nach Alternativen einstellte. Er selektierte nicht aus mehreren gefundenen Lösungsmöglichkeiten die beste, obendrein waren die präsentierten Teillösungen aus Sicht der Betrachter nicht „der Weisheit letzter Schluss“.

Die Optimierung der Lösungssuche wurde in der wöchentlichen Besprechung ebenfalls in Form von reflexiven Dialogen ausgelöst. Im Wesentlichen galt es hier, die Frage zu erörtern: „Habe ich ausreichend viele Lösungsalternativen gesucht?“ Folgende weiterführende Fragen waren Anleitung zur Reflexion:

- Habe ich bestehende Lösungen gefunden?
Mit dieser Frage wurde der Entwickler erneut mit den bereits am Markt bestehenden Lösungen konfrontiert. Zum einen wurden die in der Marktrecherche analysierten, existierenden Lösungen, die inzwischen bei der Lösungssuche wieder verdrängt worden waren, wieder ins Gedächtnis gerufen. Zum anderen wurde die Option erkannt, bestehende Bauteile zu verwenden. Daraufhin wurde angedacht, die Gestaltung von Gelenkverbindungen nicht komplett neu zu entwickeln, sondern sich existierender Lösungen in Konstruktionskatalogen zu bedienen.
- Habe ich neue Lösungen generiert?
Erst diese Fragestellung regte den Entwickler zum Denken in Alternativen an. Weiterführende Fragen, die den Entwickler zu kritischer Betrachtung seiner Lösungsideen bewogen, waren: „Was sind Nachteile dieser Lösung?“, „Wie könnte man dieses Problem noch auf anderem Wege lösen?“ Die Frage nach neuen Lösungen provozierte überdies eine Lösungssuche in verschiedenen Ebenen (vgl. Bild 3-5). Damit gelangte der Entwickler von einer Variation des Profilquerschnitts der Rahmenkonstruktion zu verschiedenen, prinzipiellen Möglichkeiten, einen Rahmen zu konzipieren. So war plötzlich neben der Lösung eines Doppelrohr- auch ein Einrohrrahmen denkbar, oder man konnte durch eine entsprechend stabile Sitzschale eventuell komplett auf den Rahmen verzichten.
- Habe ich die Lösungsalternativen geordnet und kombiniert?
Durch den reflexiven Dialog mit der Ordnung und Kombination der Lösungsalternativen wurde ein wichtiger Fortschritt im Vorgehen erreicht. Der Entwickler generierte inzwischen gute, alternative Lösungsideen, die allerdings auf unterschiedlichen Blättern und Zetteln, zum Teil auf bestehenden Dokumenten oder auf Schreibtischunterlagen skizziert worden waren. Die Suche nach den gefundenen Lösungen im Gespräch mit den Betrachtern offenbarte die chaotische und damit zeitraubende Handhabung der Ergebnisse. Der Entwickler verlor schlichtweg den Überblick über seine gefundenen Lösungsalternativen. Zu Bewertungsschritten waren Lösungen plötzlich nicht mehr angeführt. Sie wurden nach erfolgter Erinnerung der Betrachter

wieder herausgesucht. Der Hinweis auf die Ordnung der Lösungen mit Hilfe der Reflexion führte zu einer Übersicht, welche die Kombination und Bewertung von Teillösungen zuließ.

Aufgrund der reflexiven Dialoge wurde eine qualitativ bessere Lösungssuche erreicht. Der Entwickler erkannte durch die reflexiven Dialoge den Bedarf an der Anwendung von Methoden: Die Variation von Lösungen zur Entwicklung eines Lösungskatalogs, die Betrachtung existierender Lösungen und ein Morphologischer Kasten zur Ordnung und Kombination von Teillösungen wurden aufgrund der Gespräche angewendet.

Ohne die Verbesserung der Lösungssuche wären Iterationen im Vorgehen erforderlich gewesen. Hätte man sich auf eine Lösung zur Bewertung beschränkt, wäre eine Leistungsbeurteilung mangels Vergleichbarkeit erschwert gewesen; denn gerade in der Konzeptphase sind Aussagen über die Eigenschaften einer Lösung zum Teil noch sehr spekulativ. Der Vergleich verschiedener Lösungen bietet aber den Vorteil, dass ein Gefühl für Vor- und Nachteile von Lösungen entwickelt wird. Der Entwickler hingegen generierte ursprünglich keine Lösungsalternativen. Wäre an dieser Stelle die Suche nach Lösungen abgebrochen worden, um zur Bewertung überzugehen, wäre schnell klar geworden, dass auch andere, vermutlich bessere Lösungen denkbar wären. Rasch wäre man von der Bewertung der Lösungen zu einer Suche nach weiteren Lösungen umgekehrt, da vom Gefühl her „noch mehr drin sein muss“.

Die Wahrnehmung der unzureichenden Lösungssuche zu einem noch späteren Zeitpunkt, zum Beispiel beim Prototypenbau, hätte wesentlich dramatischere Auswirkungen zur Folge gehabt, da im Ernstfall ein Rücksprung zur Lösungssuche zu diesem Zeitpunkt einen hohen Zeitverlust bedeutet hätte.

Wurden noch weitere Schritte unterstützt?

Prinzipiell wurde durch die Regelmäßigkeit der reflexiven Dialoge jeder Schritt des Vorgehens unterstützt. Bei der Marktrecherche und Marktbefragung wurde reflektiert, ob das Ziel ausreichend geplant wurde. Man betrachtete kritisch, ob die Möglichkeiten zur Suche nach existierenden Anhängersystemen ausgenutzt worden waren oder welche Zielgruppe sich für eine Fragenbogenaktion eignen würde.

Durch die Reflexion der Zielstrukturierung wurden Entwicklungsschwerpunkte gesetzt. So wurde mit dem Fahrradanhänger des Entwicklers ein Fahrversuch durchgeführt, der wichtige Erkenntnisse hinsichtlich des Fahrverhaltens erbrachte. Ebenso wurden durch reflexive Dialoge mit Hilfe eines Metallspielzeugbaukastens eine Modellbildung des Systems „Fahrrad und Anhänger“ sowie ein Expertengespräch mit einem Mitarbeiter des Lehrstuhls für Mechanik initiiert. Dadurch konnten Spielräume für die zukünftige Entwicklung schon zu einem frühen Zeitpunkt festgelegt werden.

Schließlich löste das Vorgehen auch eine tief gehend methodische Bewertung der Lösungskonzepte aus. Die systematische Aufstellung von Bewertungskriterien schränkte ausufernde Diskussionen um Vor- und Nachteile von Lösungen wesentlich ein.

6.1.4 Ergebnis der Entwicklung

Will man das Ergebnis des intervenierenden Vorgehens durch die Betrachter mit dem Vorgehen, wie es ohne den Eingriff in das Vorgehen stattgefunden hätte, vergleichen, muss man sich im Klaren sein, dass eine vollständig abgesicherte Beweisführung nicht möglich ist. Wie im Aufbau der vorliegenden Arbeit (Kapitel 1) bereits ausgeführt, kann unmöglich vollständig rekonstruiert werden, wie das Vorgehen ohne Intervention erfolgt wäre.

Jedoch auch ohne den Anspruch auf vollständige Beweisbarkeit lassen sich entscheidende Hinweise auf eine Optimierung des Vorgehens finden. Diese wurden im vorigen Teilkapitel auszugsweise bereits beschrieben. Eine Möglichkeit, dies zu untermauern, ist der Vergleich der ursprünglichen Lösungsidee des Entwicklers mit dem Ergebnis nach erfolgten, reflexiven Dialogen. In Bild 6-2 sind die Rahmenkonzepte vor und nach der methodischen Entwicklung dargestellt.

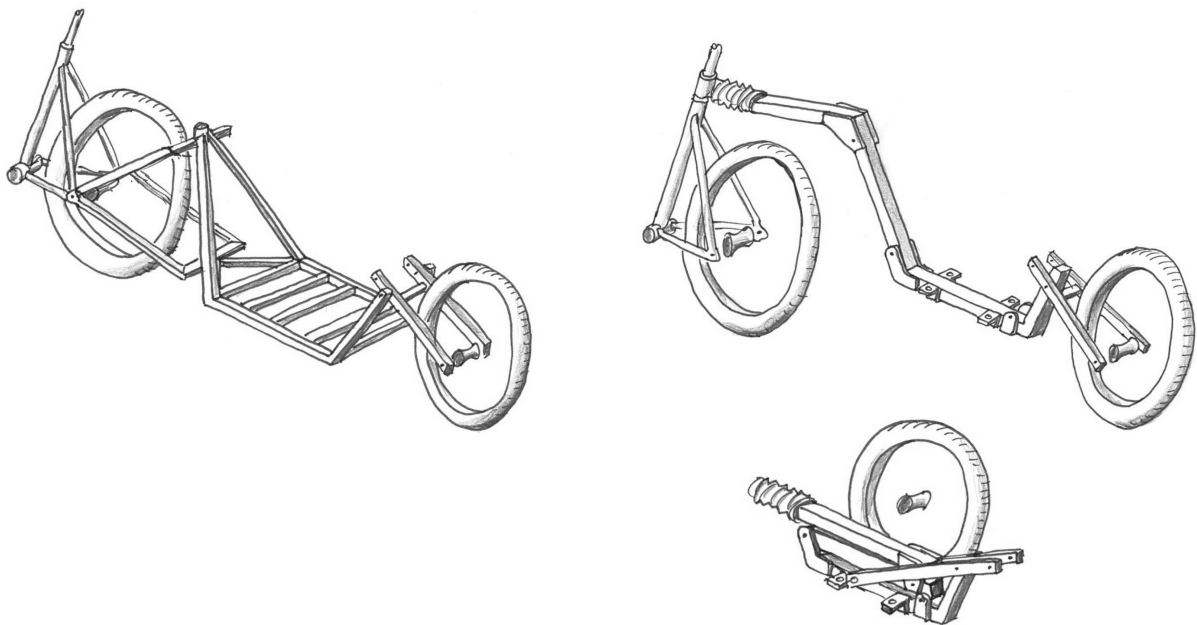


Bild 6-2: Vergleich der Rahmenkonzepte vor der methodischen Vorgehensweise (links) und danach (rechts)

Aus dieser Gegenüberstellung lassen sich Verbesserungen feststellen, die auf das methodische Vorgehen zurückzuführen sind. Als wesentlicher Entwicklungsschwerpunkt wurde die Frage nach der Anbindung des Anhängers an das Fahrrad identifiziert. Wichtig war dabei die Entscheidung für einen der beiden prinzipiellen Lösungswege: Anbindung an der Hinterradnabe oder an die Sattelstange des Fahrrads? Diese Fragestellung wurde durch das methodische Vorgehen bei der Zielstrukturierung als entscheidend erkannt und deshalb eine Modellbildung des Fahrrads inklusive Anhänger mit Hilfe eines Metallbaukastens vorgenommen. Damit wurden verschiedene Anordnungen der Anbindung an das Fahrrad beziehungsweise unterschiedliche Anordnungen der Drehachsen simuliert und Eigenschaften erkannt. Anhand des Vergleichs der Konzepte vor und nach der methodischen Vorgehensweise (s. Bild 6-2) ist ersichtlich, dass die Anbindung des Anhängers ursprünglich an der Hinterradachse des Fahrrads vorgesehen war. Aufgrund der erfolgten Zielstrukturierung ging man auf eine Anbindung des Anhängers am Sattelrohr des Fahrrads über. Da der Schwerpunkt eines mit sitzendem Kind beladenen Anhängers höher als bei einem mit Gepäck

beladenen liegt, ist durch die höhere Anbindung ein geringeres Torsionsmoment um die Fahrtrichtungsachse zu erwarten. Daraus resultierte die Untersuchung verschiedener Drehachsenanordnungen, wobei prinzipielle Tendenzen des Fahrverhaltens erkannt wurden.

Der Vergleich der Rahmenkonstruktionen beweist als weiteres Beispiel die positive Wirkung der methodischen Vorgehensweise auf Veränderungen des Konzepts. Das ursprüngliche Rahmenkonzept basiert auf einem doppelt angeordneten Profil mit Querverstrebungen. Im Rahmen der methodischen Lösungssuche wurden Alternativen erarbeitet und Ideen variiert. Damit fand man potenziell bessere Ideen. Die Entscheidung fiel letztendlich auf ein Einrohrrahmenkonzept. Dieses vereinigt mehrere Vorteile: Es bedarf weniger Material- und Fertigungsaufwand. Ein geringeres Gewicht des Rahmens kommt dem Kraftaufwand des Radfahrers und den Fahreigenschaften zu Gute. Im zusammengeklappten Zustand ergibt sich ein geringeres Packmaß.

Zum Zeitpunkt der Fertigstellung der vorliegenden Arbeit befand sich die Entwicklung des Anhängers in der Detailkonstruktion. Der reale Prototyp wird eine aussagekräftigere Bewertung des Konzepts zulassen.

6.2 Fallbeispiel F: Bewertung von Verpackungskonzepten

Bei einem Zulieferunternehmen in der Kommunikationstechnik sollte das Verpackungswesen optimiert werden. Der Entwicklungsleiter des Unternehmens wünschte eine Methode, womit Verpackungen hinsichtlich ihrer ökologischen Auswirkungen und verursachenden Kosten bewertet werden können. Ein Team von sechs Leuten, bestehend aus zwei Mitarbeitern des Lehrstuhls und vier Studenten, entwickelte dafür eine individuelle Methode zur Bewertung von Verpackungen. Es bot sich an, die Methode anschließend in einem Computerprogramm zur einfacheren Anwendung abzubilden (BAUER 2002, FÜRST 2002, HUBER 2002, MEIWALD 2002).

Wenngleich diese Methode im Team und nicht von einem einzelnen Entwickler entwickelt wurde, lässt sich an ihr sehr deutlich die Verwendung von Denkbausteinen aufzeigen. Das Fallbeispiel eignet sich gut, da die Denkbausteine explizit in Form einer konfigurierten Methode dokumentiert wurden. Das Ergebnis, die individuelle Methode, lässt Abschnitte bestehender Methoden erkennen. Durch das Arbeiten mit Denkbausteinen wurde die Selektion eines passenden Methodenabschnitts für den jeweiligen Schritt ermöglicht. Zur Entwicklung der Methode wurden für das Unternehmen nicht nur Denkbausteine zur Methode zusammengesetzt, sondern zu deren „Herstellung“ verwendet, beispielsweise bei Diskussionen oder Workshops. Im Fallbeispiel soll jedoch das Augenmerk auf den direkt in die Methode eingebauten Denkbausteinen liegen.

6.2.1 Ausgangssituation

Das Unternehmen verwendete Verpackungen, um die produzierten Produkte (Zulieferkomponenten) ohne Beschädigungen an den Kunden zur Endmontage zu senden. Es wurden unterschiedliche Materialien verwendet, wie Kartonagen oder Styroporelemente. Die

Festlegung der Gestalt der Verpackung lag im Aufgabenbereich des Entwicklers. Er fertigte neben der Zeichnung des Produkts auch jene für die dazugehörige Verpackung an. Bislang wurden sehr unterschiedliche Verpackungen verwendet.

Nun beabsichtigte das Unternehmen, das Verpackungswesen zu optimieren. Dazu sollte der Entwickler bei der Festlegung der Verpackung unterstützt werden. Für ihn war unklar, welche Verpackungsalternative kostengünstiger sein würde und welche nicht. Da das Unternehmen großes Interesse an umweltfreundlicher Entwicklung hatte, sollte eine Möglichkeit gefunden werden, mit der der Entwickler die Verpackung hinsichtlich ökologischer und ökonomischer Eigenschaften bewerten kann.

Die Methode wurde in enger Abstimmung mit dem Entwicklungsleiter und weiteren Mitarbeitern entwickelt. Es sollte sichergestellt werden, dass die entwickelte Lösung zur Bewertung der Verpackungen die Erwartungen des Unternehmens erfüllt. Mit beispielhaften, im Unternehmen vorhandenen Verpackungen konnte die Methode angewendet und damit das Ergebnis der Anwendung überprüft werden.

6.2.2 Wie wurden die Denkbausteine von Methoden angewendet?

Die Verwendung einzelner Denkbausteine soll anhand eines kausalen Aufbaus der Methode erläutert werden. Denkbausteine wurden für den jeweils erforderlichen Schritt der zu entwickelnden Methode eingesetzt.

Wie können ökologische und ökonomische Eigenschaften einer Verpackung beschrieben werden?

Diese grundlegende Frage stellte sich durch die Forderung, die Eigenschaften bewerten zu können. Zuerst musste dafür Verständnis geschaffen werden, welche Eigenschaften damit genau gemeint waren. Der passende Denkbaustein für diese Frage war „**Ermittle Kriterien!**“ Das Aufstellen von Kriterien zur Beschreibung der ökologischen und ökonomischen Eigenschaften konkretisierte die Forderung. So legte man als ökonomische Kriterien die Materialkosten, den Personalaufwand oder die Lagerkosten fest. Als ökologische Kriterien legte man sich beispielsweise auf die Umweltverträglichkeit des Stoffs, die Recyclingfreundlichkeit oder die Ergonomie der Handhabung fest. Der Denkbaustein wurde dem späteren Anwender der Methode bereits vorgegeben, da er im Anwendungsfall nicht selbst nach Kriterien suchen musste. Sie wurden schon zur Erstellung der Methode ermittelt.

Das Kriterium „Umweltverträglichkeit des Stoffs“ sah vor, jeden in der Verpackung verwendeten Stoff (Karton, Styropor etc.) anzugeben. Damit wurde der Denkbaustein „**Betrachte Teilsysteme!**“ beim Anwender aktiviert. Er zerlegt bei Anwendung der Methode seine Verpackungsvariante gedanklich in deren Teilsysteme.

Welche Eigenschaften besitzt eine Verpackungsvariante?

Anhand der Kriterien konnte nun eine Verpackungsvariante beschrieben werden. Die Kriterien gaben diejenigen Informationsarten vor, die für die Beschreibung hinsichtlich

ökonomischer und ökologischer Eigenschaften benötigt wurden. Der Anwender wurde angeregt, zur Beantwortung der Kriterien für eine Verpackungsvariante den Denkbaustein „Hole Informationen ein!“ zu benutzen, sofern ihm die Informationen noch nicht bekannt waren. Hatte er die Informationen ermittelt, konnte er diese als Ausprägung des jeweiligen Kriteriums angeben. Er wendete damit den Denkbaustein „Ermittle Wertigkeiten!“ an. In Bild 6-3 sind beispielhaft die Wertigkeiten zu einigen Kriterien für eine Verpackungsvariante dargestellt.

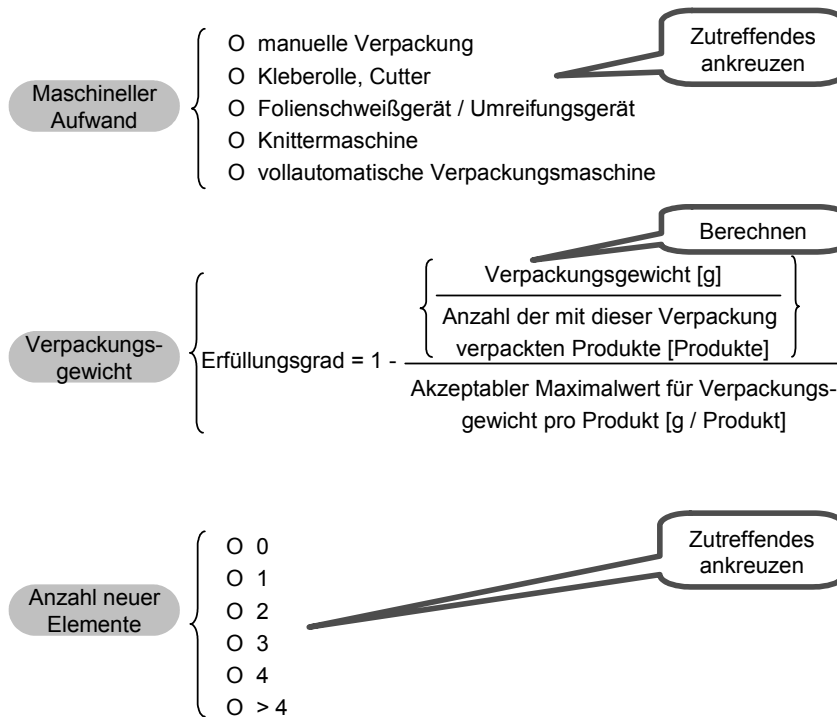


Bild 6-3: Kriterien und ihre Wertigkeiten

Bei der Entwicklung der Methode wurde ein hoher zeitlicher Aufwand in das Kriterium „Stoff“ investiert. Der Anwender der Methode sollte nämlich bei Angabe des bei seiner Verpackungsvariante verwendeten Stoffs eine Aussage über dessen Umweltverträglichkeit erhalten. Auf der Basis bestehender Kennzahlen zu Umweltauswirkungen (BRAND 1999, STAHEL & LÜTZELSCHWAB 1998) war eine Bewertung verschiedener Verpackungsmaterialien möglich. Der Anwender der Methode brauchte also lediglich das verwendete Material anzugeben und erhielt die zugehörige Wertigkeit zur Umweltverträglichkeit des verwendeten Stoffs, ohne selbst recherchieren zu müssen.

Wie kann die Abhängigkeit von Kriterien berücksichtigt werden?

Die Abhängigkeit von Kriterien kann anhand eines Beispiels am einfachsten erklärt werden. Betrachtete man beispielsweise die drei Kriterien Umweltverträglichkeit des Stoffs, Recyclingfreundlichkeit und Entsorgung, so wurden Abhängigkeiten klar. Alle drei Kriterien waren relevant für die Umweltverträglichkeit. Jedoch durfte die Recyclingfähigkeit nicht unabhängig von der Entsorgung gesehen werden. Vielmehr ist sie ein Aspekt der Entsorgung. Ein weiterer war die Verschnittmenge bei der Herstellung. Hätte man diese Abhängigkeiten

nicht berücksichtigt, wäre eventuell eine Überbewertung einiger Kriterien unerkannt geblieben. Nachdem mehrere Kriterien für „Entsorgung“ gefunden worden waren, aber „Stoff“ keine weiteren Kriterien benötigte, wäre die Entsorgung ein verhältnismäßig überrepräsentierter Aspekt gewesen.

Einen Ausweg daraus bot eine Strukturierung der Kriterien. Sie entstand durch die Denkbausteine „**Betrachte Relationen!**“, womit Abhängigkeiten erkannt wurden. Mit dem Denkbaustein „**Betrachte Abstraktionsgrade!**“ wurde beispielsweise erkannt, dass „Recyclingfreundlichkeit“ ein Unterkriterium von „Entsorgung“ ist. Als Ergebnis der Strukturierung entstand ein Baumdiagramm, wie es in Bild 6-4 zu sehen ist.

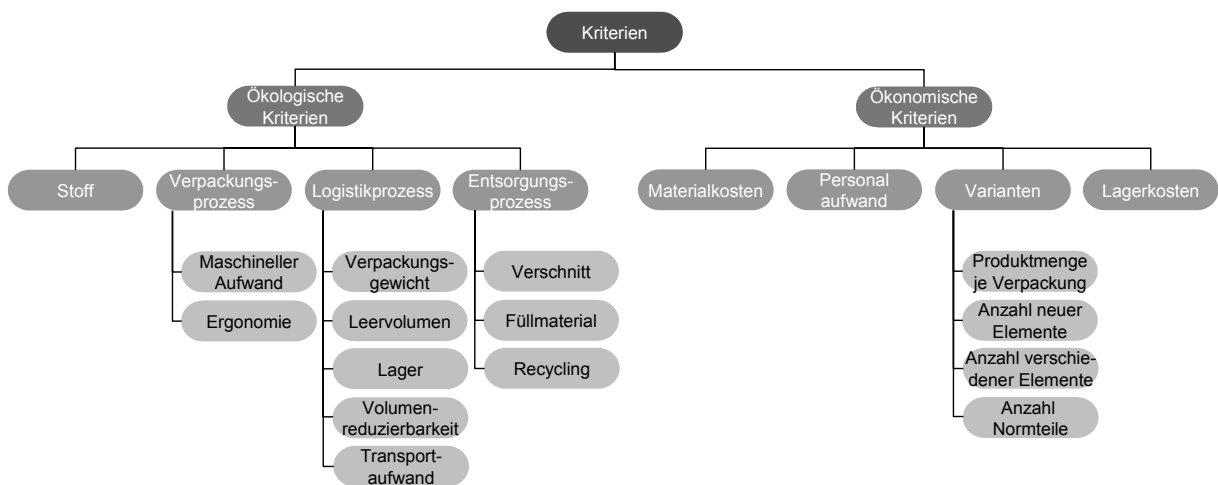


Bild 6-4: Baumdiagramm zur Strukturierung der Kriterien

Wie können Verhältnismäßigkeiten der Eigenschaften einer Verpackungsvariante betrachtet werden?

Die Eigenschaften einer Verpackungsvariante, also die Kriterien mit ihren Wertigkeiten, waren nun in strukturierter Form vorhanden. Allerdings waren noch folgende Fragen unklar: Ist die Umweltverträglichkeit des Stoffs wichtiger als die Recyclingfreundlichkeit? Wie bedeutend ist die Ergonomie der Handhabung? Diese Fragen durchleuchteten die Verhältnismäßigkeit der Kriterien zueinander. Um hier Klarheit zu schaffen, wurde der Denkbaustein „**Ermittle Wichtigkeiten!**“ verwendet. Bei der Konzipierung der Methode wurden in gemeinsamer Diskussion mit den Mitarbeitern des Unternehmens die Kriterien gewichtet, abhängig davon, wie wichtig das jeweilige Kriterium für die Bewertung gesehen wurde. Es wurden jeweils auf die Kriterien der Ökologie und der Ökonomie 100 % zur Aufteilung auf die Unterkriterien gegeben, womit sich beispielsweise für das Kriterium „Umweltverträglichkeit des Stoffs“ eine Gewichtung von 40 % ergab.

Wie kann aus den ermittelten Eigenschaften eine Übersicht geschaffen werden?

Die Aussage, ob eine Verpackungsvariante ökologischer und ökonomischer ist als eine andere, wurde in Form der Kriterien in viele Einzelaussagen zerlegt. Damit konnte zu jeder

Verpackungsvariante eine differenzierte Aussage getroffen werden. Mit Hilfe der Wertigkeiten und Wichtigkeiten ließ sich ein Gesamtwert jeweils für die ökologischen und die ökonomischen Eigenschaften ermitteln: Die Summe der Wertigkeiten der Kriterien für eine Variante multipliziert mit der jeweiligen Wichtigkeit ergab einen Gesamtwert. Um dieses Ergebnis auch für unterschiedliche Varianten darzustellen, war eine grafische Dokumentation erforderlich. Der Denkbaustein „**Lagere Wissen aus!**“ führte zu einer Dokumentation und Veranschaulichung in Form eines Portfolios. Damit konnten verschiedene Verpackungsvarianten gegeneinander verglichen werden (s. Bild 6-5).

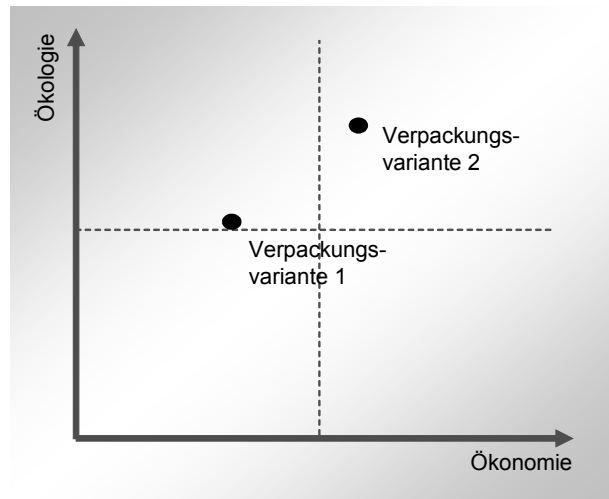


Bild 6-5: Portfolio zur Gegenüberstellung verschiedener Verpackungsalternativen

Diese Darstellung sollte den Entwickler anregen, das Bewertungsergebnis seiner Verpackungsvariante mit jenen anderer Varianten zu vergleichen. Wurde eine positiver bewertete Alternative im Vergleich zur eigenen Lösung gefunden, so war von Interesse, worauf das gute Abschneiden in der Bewertung zurückzuführen ist. Der Vergleich der einzelnen Kriterien sollte sehr schnell möglich sein, weshalb dazu der Denkbaustein „**Lagere Wissen aus!**“ als zusätzliche Anregung diente. Die Bewertungsergebnisse wurden in Spinnennetzdiagrammen dokumentiert (s. Bild 6-6).

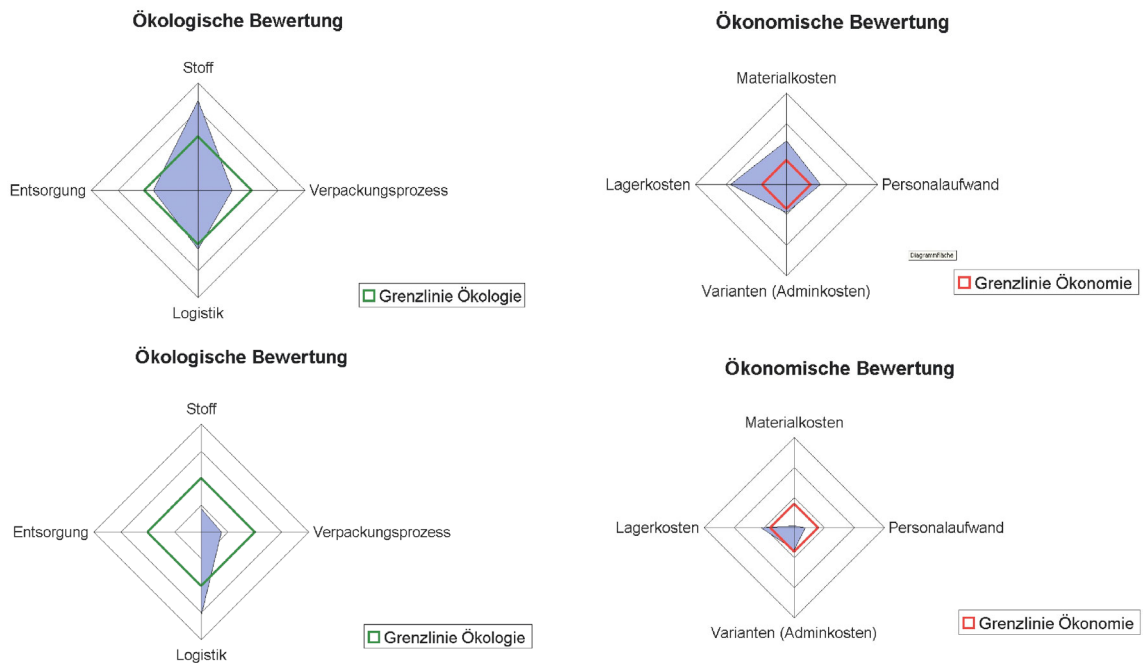


Bild 6-6: Spinnennetzdiagramme zur übersichtlichen Dokumentation der Bewertungsergebnisse

Welche Maßnahmen können aus dem Bewertungsergebnis abgeleitet werden?

Das Portfolio (s. Bild 6-5) zeigte verschiedene Bewertungen unterschiedlicher Verpackungsvarianten. Sollte der Entwickler eine Identifikation der besten Varianten wünschen, konnte er aus der Darstellung schnell eine Rangfolge ermitteln. Das Ergebnis des Portfolios unterstützte damit den Denkbaustein „**Ermittle Rangfolgen!**“. Wurde ein Favorit erkannt, konnte daraus das Optimierungspotenzial für die eigene Variante abgeleitet werden.

Insgesamt wurde durch die Methode erreicht, dass der Entwickler nicht nach der ersten gefundenen Lösung die Suche nach weiteren Möglichkeiten einer Verpackung seines Produkts abbricht. Die Methode gab ihm den Anstoß, seine Variante mit anderen zu vergleichen, womit der Denkbaustein „**Generiere Alternativen!**“ als Folgeschritt zum Tragen kam. Bild 6-7 zeigt die enthaltenen Denkbausteine, die zur Entwicklung dieser Methode eingebaut wurden.

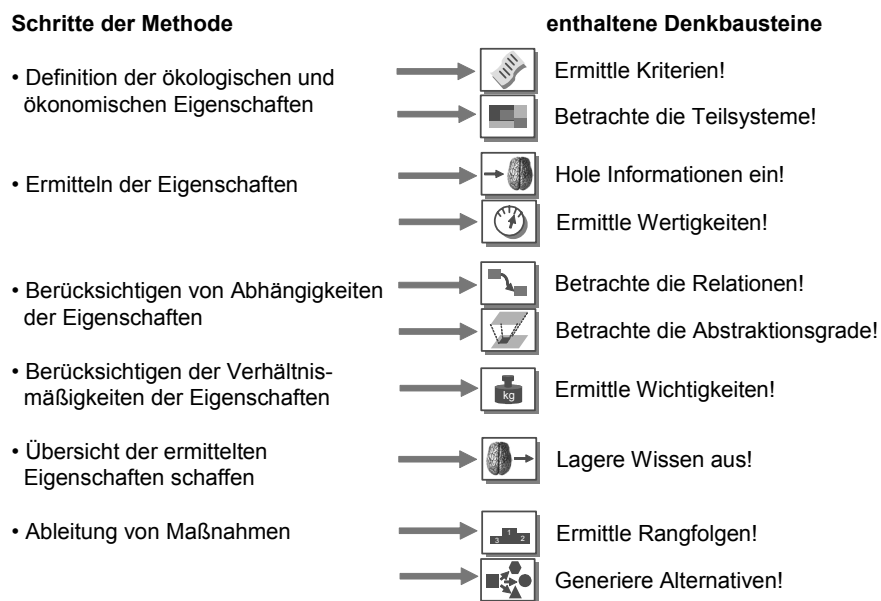


Bild 6-7: Enthaltene Denkbausteine bei der Entwicklung einer Methode

6.2.3 Ergebnis der Anwendung von Methodenbausteinen

Die einzelnen Denkbausteine wurden zu einer individuellen Methode für das Unternehmen gebündelt. Um den Entwickler bei der Bewertung von Verpackungsvarianten zu unterstützen, sollte die Methode möglichst aufwandsarm durchführbar sein. Einige Methodenschritte waren schon „vorgedacht“, das heißt, der Entwickler musste die Gedanken nicht jedes Mal selbst anstellen. Dazu zählten beispielsweise die Festlegung und Gewichtung der Kriterien, die Ausprägungen der Stoffkennzahl für verschiedene Materialien oder die Überführung der Daten in eine grafische Darstellung. Hierzu eignete sich ein Tabellenkalkulationsprogramm. Um den Entwickler bei der Durchführung der Bewertung nicht mit unterschiedlichen Programmen und Dokumenten zu konfrontieren, wurde die komplette Methode in Form einer Datei auf Basis des Tabellenkalkulationsprogramms abgebildet. Der Entwickler musste lediglich die Informationen bereitstellen, um damit das Bewertungsschema „ausfüllen“ zu können. Erfahrungen im Projektteam zeigten, dass bei vorhandenen Daten die Benutzung des Schemas pro Verpackungsartikel nur circa fünf Minuten in Anspruch nahm.

Die Anwendung der Methode zeigte detailliert auf, welche Stärken und Schwächen eine betrachtete Verpackungsvariante hinsichtlich ökologischer und ökonomischer Kriterien besitzt. Darauf aufbauend konnte eine fundierte Entscheidung bezüglich des weiteren Vorgehens getroffen werden, ob zum Beispiel die Variante weiter optimiert, andere Varianten bevorzugt oder eine neue Variante entwickelt werden sollte.

Bestehende Methoden hätten diese Unterstützung nur unzureichend geboten. Durch die Entwicklung der Methode konnte dem Unternehmen eine individuelle Lösung für das Problem der Bewertung von Verpackungen angeboten werden. Die computerbasierte Methode wurde von dem Unternehmen später in die englische Sprache übersetzt und von den Mitarbeitern verwendet.

6.3 Fazit dieses Kapitels

- Zwei Fallbeispiele zeigen die Anwendung der Lösungsansätze. Im Fallbeispiel E kamen reflexive Dialoge zum Einsatz, die unter anderem ermöglichten, Iterationen im Vorgehen zu vermeiden. Fallbeispiel F beschreibt eine Anwendung der Denkbausteine von Methoden. Die Kombination der Denkbausteine zu einer expliziten Methode für ein Unternehmen verdeutlicht die durch die Anwendung der Methode erreichbaren Denkanstöße.
- Die beiden Fallbeispiele stellen einen ersten Schritt der Evaluierung der Lösungsansätze dar. Da sich die Anwendung auf diese Beispiele beschränkt, ist eine belastbare Evaluation nur eingeschränkt möglich. Die Fallbeispiele sollen jedoch zur Anwendung der Lösungsansätze ermutigen.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend werden die wesentlichen Ergebnisse der Kapitel wiedergegeben. Die fokussierten Aspekte dieser Arbeit und die vorgestellten und angewendeten Lösungsansätze werden komprimiert dargestellt. Mit dem daran anschließenden Ausblick gibt die Arbeit Anregungen für mögliche, weitere Verfahrensweisen der hier behandelten Schwierigkeiten der Methodenanwendung.

7.1 Zusammenfassung

Die Entwicklungsmethodik kann derzeit deutliche Erfolge bei ihrer Anwendung in der industriellen Praxis aufweisen. Methoden, wie zum Beispiel die „Fehlermöglichkeits- und Fehlereinflussanalyse“, haben sich etabliert. Jedoch ist eine methodische Arbeitsweise in der Praxis wenig verbreitet. Für das Ausbleiben von Methoden können viele Ursachen eine Rolle spielen. Es sind Schwierigkeiten zu identifizieren, die Entwickler davon abhalten, ihr gewohntes Vorgehen an geeigneter Stelle durch methodische Schritte zu unterstützen.

Welche Aspekte fokussiert diese Arbeit?

Mit der vorliegenden Arbeit stehen zwei Schwierigkeiten im Fokus der Aufmerksamkeit:

Zum einen gelingt es nicht jedem Entwickler, den Bedarf an methodischer Vorgehensweise selbst zu erkennen. Dies ist insofern als bedeutende Barriere zu sehen, als sämtliche „Angebote“ (zum Beispiel Methoden, Methodenauswahlprozeduren oder Methodenadaptionsempfehlungen) der Entwicklungsmethodik ohne Bedarfserkennung folglich nicht genutzt werden. Um die Barriere überwinden zu können, ist eine selbstkritische Betrachtung der erreichten Ergebnisse und der eigenen Vorgehensweisen erforderlich. Entwickler, die keine übergeordnete Perspektive einnehmen, haben Schwierigkeiten sich auf eine selbstkritische Betrachtung einzulassen.

Zum anderen ist eine umfassende Lernzeit notwendig, will man Methoden routiniert in seinem Vorgehen einsetzen. Erst mit hohem Kenntnisstand im Hinblick auf Wirkmechanismen von Methoden gelingt ein effizienter Einsatz in der Praxis, und die Entwicklungsmethodik kommt zu voller Entfaltung. Die Schwierigkeit hierbei ist, das zunächst stringente, von der Beschreibung der Methode vorgeschlagene Vorgehen aufzubrechen, um Anpassungen an die individuelle Situation vornehmen zu können. In guten Problemlöseprozessen werden einzelne Methodenbestandteile genutzt und situativ eingesetzt. Zur routinierten Methodenanwendung müssen diese Bestandteile von Methoden dem Anwender jedoch bekannt sein.

Bild 7-1 zeigt, dass die zentralen Themen der Arbeit zum einen am Anfang und zum anderen am Ende des Wegs zur Methodenanwendung stehen.

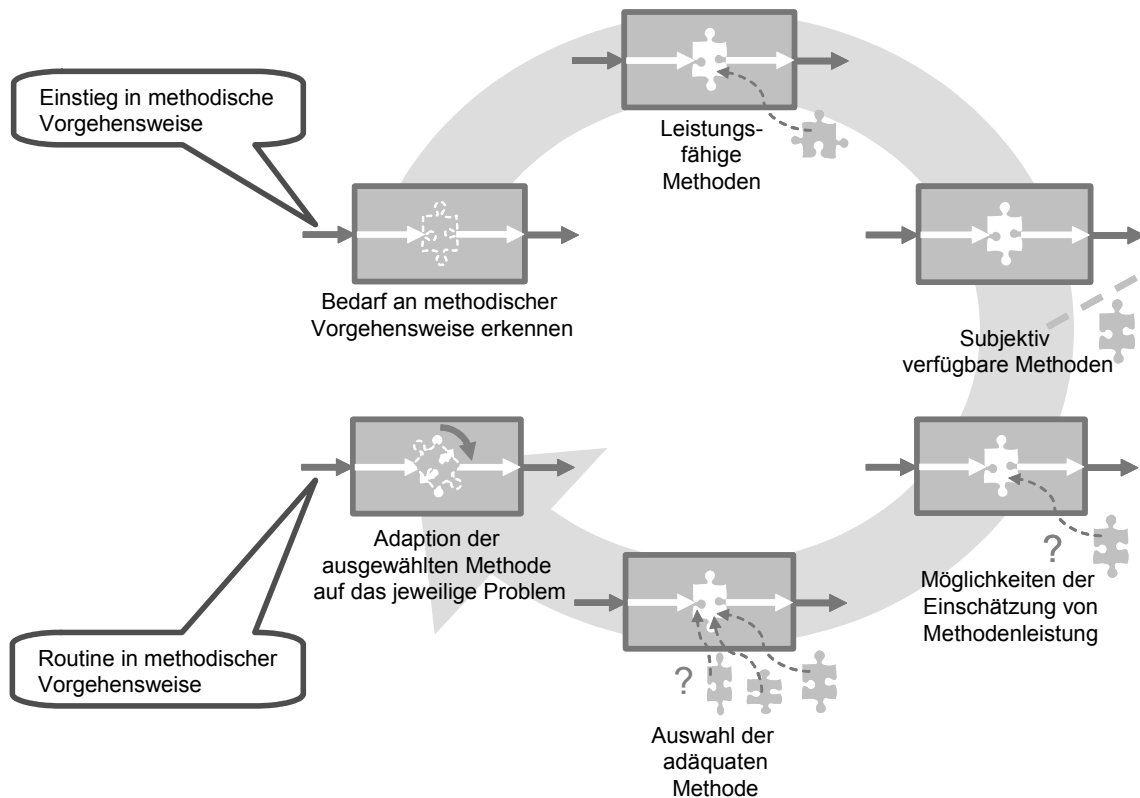


Bild 7-1: Zentrale Themen der Arbeit am Anfang und Ende der Methodenanwendung

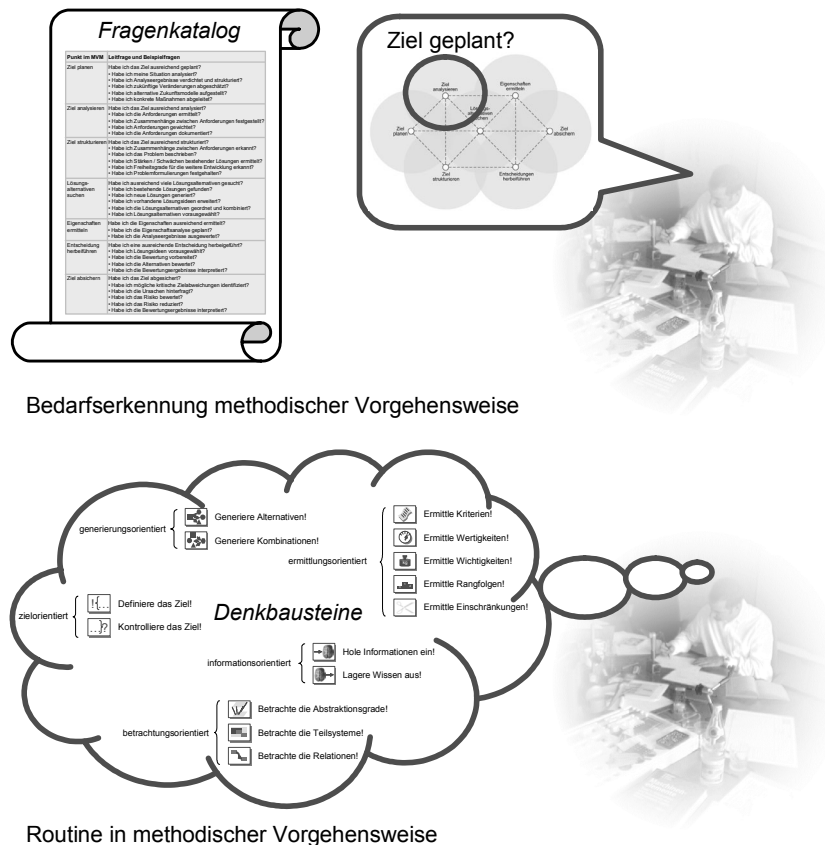
Welche Lösungsansätze bietet diese Arbeit?

Die Bedarfserkennung methodischer Vorgehensweise kann durch reflexive Dialoge unterstützt werden. Ein Betrachter dient dem Entwickler als Gesprächspartner, um sein Ergebnis und Vorgehen kritisch zu hinterfragen. Im reflexiven Dialog werden die Fragen gestellt, die den Entwickler zur Selbstreflexion bewegen. Nach mehrmaliger Anwendung wird der Entwickler voraussehen können, welche Fragen im nächsten reflexiven Dialog gestellt werden. Somit entwickelt sich die Reflexion mittels intervenierenden Vorgehens immer mehr zur Selbstreflexion. Das Münchener Vorgehensmodell bietet die Orientierung zum reflexiven Dialog. Geeignete Fragestellungen lassen sich daraus direkt ableiten.

Ein weiterer Lösungsansatz dieser Arbeit beschäftigt sich mit dem Wahrnehmen und Steuern von Iterationen im Vorgehen. Generell kann festgehalten werden, dass Iterationen nicht pauschal gut oder schlecht sind. Vielmehr muss zwischen sinnvollen und vermeidbaren Iterationen unterschieden werden. Es wurde aufgedeckt, dass der Begriff „Iteration“ bisweilen irreführend verwendet wird. Vielfach sind derartige, irreführend dargestellte Iterationen eigentlich eine Rekursion im Vorgehen oder eine Division des zu entwickelnden Systems in Teilsysteme. Diese präzisere Unterscheidung lässt erkennen, dass der Standardweg des Münchener Vorgehensmodells generell empfehlenswert ist. Während die Entwicklungsmethodik bezüglich Iterationen nur deskriptive Aussagen liefert, kann mit eben genannter Betrachtungsweise der reflexive Dialog als Maßnahme des Erkennens vermeidbarer Iterationen verwendet werden.

Mit Methoden erfahrene Entwickler kennen die Wirkmechanismen von Methoden genauer als sie Methodenbeschreibungen zunächst bieten. Methoden können in Bausteine zerlegt werden, die sich in Summe auf eine begrenzte Anzahl beschränken. Das Bewusstsein über Denkbau- steine von Methoden stärkt das Verständnis für die Wirkmechanismen von Methoden. Mit dieser Arbeit wird ein Set an Denkbausteinen aufgezeigt, womit sich bestehende Methoden leichter durchschauen und abwandeln lassen oder eigene Methoden kombiniert werden können. Der lange Lernprozess kann verkürzt werden, indem die Denkbau- steine von Methoden (s. Kapitel 5.3.3) unmittelbar bei der Methodenvermittlung mitgeliefert werden.

Bild 7-2 stellt die Lösungsansätze der Arbeit dar.



Bedarfserkennung methodischer Vorgehensweise

Routine in methodischer Vorgehensweise

Bild 7-2: Lösungsansätze der Arbeit

Erfolgte eine Überprüfung der erarbeiteten Lösungsansätze?

Die drei Lösungsansätze wurden hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile untersucht. Zum Teil wurden zur Überprüfung des eingeschlagenen Lösungswegs Versuche unternommen, die den Autor ermutigten, fortzuschreiten. Die Lösungsansätze wurden in der Projektarbeit des Autors erfolgreich angewendet. Dazu sind zwei Fallbeispiele in dieser Arbeit beschrieben: Im Fallbeispiel E wurde ein Fahrradanhänger entwickelt. Der verantwortliche Entwickler wurde dabei von zwei Betrachtern begleitet, die reflexive Dialoge in das Vorgehen einfügten. Die Praxis zeigte, dass damit Iterationen im Vorgehen vermieden werden konnten. Fallbeispiel F beschreibt eine Anwendung der Denkbausteine von Methoden zur Erstellung einer individuellen Bewertungsmethode. Die Kombination der Denkbausteine zu einer expliziten

Methode für ein bestimmtes Unternehmen verdeutlicht die durch die Methode erreichbaren Denkanstöße.

Die beiden Fallbeispiele stellen nur einen ersten Schritt der Evaluierung der Lösungsansätze dar. Da sich die Anwendung auf diese Beispiele beschränkt, ist eine belastbare Evaluation nur begrenzt möglich. Die Fallbeispiele sollen jedoch zur Anwendung der in dieser Arbeit vorgestellten Lösungsansätze ermutigen. Weitere Anwendungsfälle können bisher noch unberücksichtigte Aspekte ergeben und die Lösungsansätze zur Ausreifung bringen.

Aus wissenschaftlicher Sicht wird mit dieser Arbeit ein Beitrag zur Steigerung der Anwendbarkeit von Entwicklungsmethodik geleistet. Die Lösungsansätze verstärken den Reflexionscharakter methodischer Vorgehensweise und präzisieren die Betrachtung von iterativem und rekursivem Vorgehen. Eine Aufschlüsselung in Denkbausteine von Methoden verhilft der Undurchsichtigkeit der Methoden zu mehr Transparenz.

7.2 Ausblick

Als Folgeschritt zu dieser Arbeit könnte die Anwendung reflexiver Dialoge verstärkt eingesetzt werden. Dazu würden sich, wie im Fallbeispiel E beschrieben, sowohl Betreuungen von Studienarbeiten als auch Zusammenarbeiten mit Industriepartnern eignen. Eine bewusste, systematische Durchführung ermöglicht eine detaillierte Auswertung des Erfolgs der reflexiven Dialoge. Dabei könnten Einflussfaktoren untersucht werden, die eine bedeutende Auswirkung auf den Ablauf des Dialogs haben, etwa die Auswirkung der Emotionalität der Beteiligten.

Die Vermittlung der Denkbausteine von Methoden könnte unmittelbar in das Vorlesungsangebot integriert und der Mehrwert der Denkbausteine in Vorlesungs begleitenden Übungen zur Anwendung der Methoden der Produktentwicklung ermittelt werden. Dabei könnte evaluiert werden, inwieweit sich der Lernprozess zu routinierter Anwendung von Entwicklungsmethodik verkürzen lässt. Eine Überprüfung wäre in Form eines Problemlöseversuchs mit Versuchspersonen möglich, einmal mit, einmal ohne Kenntnis über Denkbausteine. Die Stimmigkeit des Denkbausteinsets würde sich gegebenenfalls dabei erweisen.

Die Lösungsansätze der Arbeit zielen darauf ab, Entwicklern zu methodischer Vorgehensweise zu verhelfen. Zu Beginn der Arbeit wurden beispielhaft die Problemlösungen von zehn Entwicklern geschildert. Mehrere Entwickler werden unter gleichen Rahmenbedingungen immer unterschiedliche Ergebnisse liefern. Um den entscheidenden Vorsprung des besten dieser Entwickler aufzuspüren, kommt man nicht umhin, dessen Denkvorgänge zu hinterfragen. Das Bestreben, Entwickler beim Problemlösen zu unterstützen, muss zwangsläufig die Betrachtung der Denkvorgänge mit einschließen. Die Entwicklungsmethodik dringt hier tief in die Wissenschaft der Psychologie vor. Die Kombination beider Fachgebiete scheint ein Erfolg versprechender Weg zu sein; denn Entscheidungspunkte innerhalb des persönlichen Vorgehens hängen in hohem Maße von Wahrnehmung und Verarbeitung von Situationen ab – also dem Denken.

Das Denken zu beeinflussen, ist wiederum sehr komplex und nur bedingt möglich. Dazu schreibt DÖRNER (1989, S. 277f) sehr treffend:

„Die Wahrscheinlichkeit, dass es einen bisher geheimen Kunstgriff gibt, der das menschliche Denken mit einem Schlag fähiger macht, der es mehr in die Lage versetzt, die komplizierten Probleme, die sich darbieten, zu lösen, ist praktisch wohl Null! Wir müssen mit dem Gehirn umgehen, welches wir bekommen haben. Wir haben keine 90 Prozent⁵⁴ ungenutzte Gehirnkapazität, und wir haben keinen verschütteten Zugang zu einer Schatzhöhle der Kreativitätstechniken, die wir nur zu öffnen brauchen, um auf einen Schlag kreativ und bei weitem intelligenter zu werden. Gäbe es so etwas, es würde genutzt. Es gibt auf der Welt kein Tier, welches auf drei Beinen herumläuft und ein viertes, äußerst nützliches Bein ungebraucht mit sich herumschleppt. Die Evolution oder wer sonst immer hat uns mit einem Gehirn versehen, welches so funktioniert, wie es funktioniert und nicht wesentlich anders.“

Zu Beginn der Arbeit steht die Frage: „Was unterscheidet gute von weniger guten Entwicklern?“ Der Autor hofft, dass die vorliegende Arbeit auf diese Frage mögliche Antworten beisteuert und insofern einen Beitrag zur Verbesserung der individuellen, methodischen Vorgehensweise in der Produktentwicklung leistet.

⁵⁴ Dörner berichtet kurz zuvor von Anzeigen in Funk- und Fernsehzeitschriften, in denen behauptet wird, dass wir nur 10 Prozent unseres geistigen Potenzials nutzen, und 90 Prozent brach lägen.

8 Literatur

8.1 Verwendete Literatur

ABELE, E.; ANDERL, R.; BERGER, C.; BIRKHOFFER, H.; GROCHE, P.; JAGER, J.; RÜTTINGER, B. (2004):

Symposium Environmentally-Friendly Product Development, Darmstadt, 27.-28.10.2004.
Darmstadt: TU Darmstadt 2004.

ABELE, E.; ANDERL, R.; BIRKHOFFER, H. (HRSG.) (2005):

Environmentally-Friendly Product Development. Methods and Tools. London: Springer 2005.

AMBROSY, S. (1997):

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

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

Integrated Product Development. Bedford: IFS 1987.

BADKE-SCHAUB, P.; DÖRNER, D. (2002):

Am Anfang war das Wort – oder doch das Bild – oder doch das Wort ... In: Hacker, W. (Hrsg.): Denken in der Produktentwicklung. Zürich: vdf 2002, S. 27-52.

BADKE-SCHAUB, P.; FRANKENBERGER, E. (1998):

„Human Factors“ Dimensionen in der Produktentwicklung. Plattform Menschen in komplexen Arbeitswelten, 1998. [entnommen am 01.10.2004, URL: <http://www.plattform-ev.de/>]

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

Management kritischer Situationen. Produkte erfolgreich gestalten. Berlin: Springer 2004.

BAYA, V. (1996):

Information Handling Behavior of Designers during Conceptual Design: Three Experiments. PhD Dissertation, Stanford University 1996.

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN (HRSG.) (2003):

IPP-Methodenblätter zum Download 2003. [entnommen am 21.10.2003, URL: <http://www.ipp-bayern.de/index.php?ID=93>]

BERGER, B. (2004):

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

BIRKHOFFER, H. (1991):

Methodik in der Konstruktionspraxis – Erfolge, Grenzen und Perspektiven. In: Hubka, V. (Ed.): International Conference on Engineering Design ICED 1991, Zürich (Schweiz), 27.-29.08.1991. Zürich: Heurista 1991, S. 224-233. (Schriftenreihe WDK Nr. 20)

BIRKHOFFER, H. (2004):

There is nothing as practical as a good Theory – An Attempt to deal with the Gap between Design Research and Design Practice. In: Marjanovic, D. (Ed.): International Design Conference Design 2004, Dubrovnik (Kroatien), 18.-21.05.2004. Zagreb: Sveucilisna tiskara 2004, S. 7-14.

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.): International Conference on Engineering Design ICED 2001, Glasgow (Großbritannien), 21.-23.08.2001. Glasgow: I Mech E 2001, S.457-464. (Schriftenreihe WDK Nr. 28)

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, S. 42-56.

BRAND, G. (1999):

Bewertung in Ökobilanzen mit der Methode der ökologischen Knappheit. Bern: BUWAL 1998. (Schriftenreihe Umwelt 297)

BRAUN, T. (2004):

Vorgehen zur Strategischen Produkt- und Prozessplanung. In: Gausemeier, J.; Lindemann, U.; Schuh, G. (Hrsg.): Planung der Produkte und Fertigungssysteme für die Märkte von morgen. Frankfurt am Main: VDMA 2004. S. 17-42.

BRAUN, T.; GAUSEMEIER, J.; LINDEMANN, U.; ORLIK, L.; VIENENKÖTTER, A. (2004):

Design Support by Improving Method Transfer – A Procedural Model and Guidelines for Strategic Product Planning in Small and Medium-sized Enterprises. In: Marjanovic, D. (Ed.): International Design Conference Design 2004, Dubrovnik (Kroatien), 18.-21.05.2004. Zagreb: Sveucilisna tiskara 2004, S. 143-148.

BRAUN, T.; LINDEMANN, U. (2003):

Supporting the Selection, Adaptation and Application of Methods in Product Development. In: Folkesson, A.; Gralén, K.; Norell, M.; Sellgren, U. (Eds.): International Conference on Engineering Design ICED 2003, Stockholm (Schweden), 19.-21.08.2003. Design Society 2003, CD-ROM.

BRAUN, T.; LINDEMANN, U. (2004):

Method Adaptation - A Way to improve Methodical Product Development. In: Marjanovic, D. (Ed.): International Design Conference Design 2004, Dubrovnik (Kroatien), 18.-21.05.2004. Zagreb: Sveucilisna tiskara 2004, S. 977-982.

BRERETON, M. F. (1998):

The Role of Hardware in Learning Engineering Fundamentals: An empirical Study of Engineering Design and Product Analysis Activity. PhD Dissertation, Stanford University 1996.

CARRIZOSSA, K.; ERIS, O.; MILNE, A.; MABOGUNJE, A. (2002):

Building the Design Observatory: a core instrument for Design Research. In: International Design Conference DESIGN 2002, Dubrovnik (Kroatien), 14.-17.05.2002. Zagreb: Sveucilisna tiskara 2002, S. 37-42.

CHARTER, M.; BELMANE, I. (1999):

Integrated Product Policy (IPP) and Eco-Product Development (EPD). In: Charter, M. (Ed.): The Journal of Sustainable Product Design, (1999) 10, S. 17-29.

CROSS, N. (1994):

Engineering Design Methods. Strategies for Product Design. Chichester: John Wiley & Sons 1994.

CROSS, N.; CHRISTIAANS, H.; DORST, K. (EDS.) (1996):

Analysing Design Activity. Chichester: Wiley 1996.

CUCINA, R. J.; SHAH, M. K.; BERRIOS, D. C.; FAGAN, L. M. (2001):

Empirical Formulation of a Generic Query Set for Clinical Information Retrieval Systems. In: Patel, V. et al. (Eds): Medinfo 2001. Amsterdam: IOS Press 2001. [entnommen am 20.10.2004, URL: http://www-smi.stanford.edu/pubs/SMI_Reports/SMI-2001-0955.pdf]

DANNHEIM, F. (1999):

Die Entwicklung umweltgerechter Produkte im Spannungsfeld von Ökologie und Ökonomie. Düsseldorf: VDI 1999. (Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 1 Nr. 320)

DIN (HRSG.) (1997):

DIN ISO 14040: Umweltmanagement – Ökobilanz – Prinzipien und allgemeine Anforderungen. Berlin: Beuth 1997.

DIN (HRSG.) (2000):

Birkhofer, H.; Spath, D.; Winzer, P.; Müller, D.: Umweltgerechte Produktentwicklung. Berlin: Beuth 2000.

DÖRNER, D. (1989):

Die Logik des Mißlingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen. Reinbek: Rowohlt 1989.

DORST, K. (2003):

The Problem of Design Problems. In: Design Thinking Research Symposium, Sydney (Australien), 17.-19.11.2003, Sydney: University of Technology 2003. [entnommen am 14.02.2004, URL: <http://www.designthinkingresearch.com>]

DUDENREDAKTION (HRSG.) (2001):

Duden. Die Deutsche Rechtschreibung. Band 1. Mannheim: Duden 2001.

DYLLA, N. (1991):

Denk- und Handlungsabläufe beim Konstruieren. München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 5)

EHRENSPIEL, K. (2003):

Integrierte Produktentwicklung. München: Hanser 2003.

ERIS, O. (2002):

Effective Inquiry for Innovative Engineering Design. Boston: Kluwer Academic 2004.

ERIS, O.; MABOGUNJE, A.; LEIFER, L.; JUNG, M.; KHANDELWAL, S.; NEELEY, L.; HUTTERER, P.; HESSLING, T. (2005):

Capturing and Reusing Tacit Knowledge via Video: a Paradigm Shift in Engineering Design Documentation. In: International Conference on Engineering Design ICED 2005, Melbourne (Australien), 15.-18.08.2005, (Abstract eingereicht).

ERNZER, M. (2001):

Die strategiebasierte Entwicklung umweltgerechter Entwicklung. Düsseldorf: VDI 2001. (Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 1 Nr. 349)

ERNZER, M.; OBERENDER, C.; BIRKHOFFER, H. (2002):

Methods to support EcoDesign in the Product Development Process. In: Going Green Care Innovation 2002, Vienna (Österreich), 25.-28.11.2002, Wien: Austrian Society for Systems Engineering and Automation 2002, CD-ROM.

ESSWEIN, W. (2004):

Methodenentwicklung. Skriptum zur Vorlesung. Dresden: TU Dresden 2004. [entnommen am 26.10.2004, URL: <http://wiseweb.wiwi.tu-dresden.de>]

FARGNOLI, M., PIGHINI, U. (2002):

Design for Environment: A Question of Costs and Benefits. In: Meerkamm, H. (Hrsg.): Symposium "Design for X", Neukirchen, 10.-11.10.2002, Erlangen: Lehrstuhl für Konstruktionstechnik 2002, S. 19-26.

FELDMANN, K.; MELZER, K. (2002):

Integrated Product Policy – New Challenges for Product Development and Treatment. In: Going Green Care Innovation 2002, Vienna (Austria), 25.-28.11.2002, Vienna: Austrian Society for Systems Engineering and Automation 2002, CD-ROM.

- FORZI, T.; PETERS, M.; WINKELMANN, K.; DIEHL, H.; HUTTERER, P. (2004):
An Approach for the Integration of Hard and Soft Factors within the Design of Knowledge Management in Entrepreneurial Networks. In: Workshop Wissens- und Erfahrungsmanagement im Rahmen des Treffens der Fachgruppe Wissensmanagement (FGWM) der Gesellschaft für Informatik, Berlin, 04.-06.10.2004. Berlin: Humboldt-Universität 2004. [entnommen am 09.11.2004, URL: <http://lwa.informatik.hu-berlin.de/fgwm.php>]
- FORZI, T.; WINKELMANN, K.; KILLICH, S.; HUTTERER, P.; CHWALLEK, C. (2003):
Etablierung der Dienstleistung Wissensmanagement in vernetzten Organisationsstrukturen. In: Luczak, H. (Hrsg.): Kooperation und Arbeiten in vernetzten Welten. Stuttgart: Ergonomia 2003, S. 261-265.
- FRICKE, G. (1993):
Konstruieren als flexibler Problemlöseprozess. Düsseldorf: VDI 1993. (Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 1 Nr. 227)
- FUNKE, J. (2003):
Problemlösendes Denken. Stuttgart: Kohlhammer 2003.
- GAUSEMEIER, J.; LINDEMANN, U.; REINHART, G.; WIENDAHL, H.-P. (2000):
Kooperatives Produktengineering. Paderborn: HNI 2000. (HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 79)
- GERST, M. (2002):
Strategische Produktentscheidungen in der integrierten Produktentwicklung. München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 52)
- GIAPOULIS, A. (1998):
Modelle für effektive Konstruktionsprozesse. Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 27)
- GOURVINHAS, R. P.; CORBETT, J. (1999):
A Discussion on why Design Methods have not been widely used within Industry. In: Lindemann, U.; Birkhofer, H.; Meerkamm, H.; Vajna, S. (Eds.): International Conference on Engineering Design ICED 1999, München, 24.-26.08.1999, München: Technische Universität 1999, S. 1167-1170. (Schriftenreihe WDK 26)
- GRABOWSKI, H.; GEIGER, K. (HRSG.) (1997):
Neue Wege zur Produktentwicklung. Stuttgart: Raabe 1997.
- GRAMANN, J. (2004):
Problemmodellierung und Bionik als Methode. München: Dr. Hut 2004. (Produktentwicklung München, Band 55)
- GRIEGER, S. (1996):
Strategien zur Entwicklung recyclingfähiger Produkte, beispielhaft gezeigt an Elektrowerkzeugen. Düsseldorf: VDI 1996. (Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 1 Nr. 270)

- GRÖBER, H. (1992):
Systematische rechnergestützte Ermittlung von Produkthanforderungen. Darmstadt: TU Darmstadt 1992.
- GÜNTHER, J. (1998):
Individuelle Einflüsse auf den Konstruktionsprozeß – Eine empirische Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung von Konstrukteuren aus der Praxis. Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 30)
- HACKER, W. (1998):
Allgemeine Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten. Bern: Hans Huber 1998.
- HACKER, W. (2002):
Konstruktives Entwickeln: Psychologische Grundlagen. In: Hacker, W. (Hrsg.): Denken in der Produktentwicklung. Zürich: vdf 2002, S. 11-25.
- HARBAUER, J. (2001):
Konzept zur Integration von Umwelt- und Recyclingaspekten in den verkürzten Entwicklungsprozeß komplexer Produkte. Erlangen-Nürnberg: Friedrich-Alexander-Universität 2001.
- HEIDEMANN, B. (2001):
Trennende Verknüpfung – Ein Prozessmodell als Quelle für Produktideen. Düsseldorf: VDI 2001. (Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 1 Nr. 351)
- HESELBACH, J.; HERRMANN, C.; MATEIKA, M. (2002):
An Approach for a Recycling Oriented Product Design. In: International Design Conference DESIGN 2002, Dubrovnik (Kroatien), 14.-17.05.2002. Zagreb: Sveucilisna tiskara 2002, S. 1323-1330.
- HIEBER, M. (2001):
Umwelt- und recyclinggerechte Produktentwicklung als Innovationsmotor. In: Schraft, R. D., Westkämper, E. (Hrsg.): Effizienzsteigerung in der Produktentwicklung, Stuttgart, 20.11.2001. Stuttgart: Fraunhofer IRB 2001. (Fraunhofer IPA Tagung F73)
- HUBKA, V.; EDER, E. (1992):
Einführung in die Konstruktionswissenschaft. Berlin: Springer 1992.
- HUTTERER, P. (2004):
Was brauchen Entwickler? - Eine Beobachtung vor der Entwicklung und Bereitstellung neuer Methoden und Tools. CiDaD News 1 (2004) 2, S. 3-4.
- HUTTERER, P.; ERIS, O.; JUNG, M.; LEIFER, L.; LINDEMANN, U.; MABOGUNJE, A. (2004A):
What do Designers really need? – An explorative Experiment before developing Teaching Tools and Methods. In: Cognition and Exploratory Learning in Digital Age CELDA 2004, Lisbon (Portugal), 15.-17.12.2004, S. 419-422.

- HUTTERER, P.; STÖBER, R.; DIEHL, H.; FORZI, T.; PETERS, M.; WINKELMANN, K. (2004B):
Angewandtes Wissensmanagement ist immer ein individueller Weg. Praxiserfahrungen und kritische Erfolgsfaktoren am Beispiel W.E.T. Automotive Systems AG. In: Gronau, N.; Petkoff, B.; Schildhauer, T. (Hrsg.): Wissensmanagement - Wandel, Wertschöpfung, Wachstum. Know-Tech 2004, München, 18.-19.10.2004. Berlin: GITO 2004, S.67-76.
- IHK FÜR MÜNCHEN UND OBERBAYERN (HRSG.) (2004):
Integrierte Produktpolitik. Die lebenswegbezogene Systemsichtweise. [entnommen am 13.09.2004, URL: <http://www.ipp-bayern.de/>].
- INTERNATIONAL SOCIETY FOR INDUSTRIAL ECOLOGY (ED.) (2004):
Journal of Industrial Ecology 8 (2004) 1. [entnommen am 29.09.2004, URL: <http://mitpress.mit.edu/catalog/item/default.asp?sid=2A965841-8397-4B52-A77E-60EC5364170E&ttype=4&tid=32>]
- JAHN, F. (2002):
Die Konstruktionslandkarte – Ein Hilfsmittel des Wissensmanagements für das Analysieren, Bewerten und Planen des Konstruierens. In: Hacker, W. (Hrsg.): Denken in der Produktentwicklung. Zürich: vdf 2002, S. 105-110.
- JAHN, F.; RÜCKERT, C.; GAEDEKE, O.; PIETZCKER, F. (2002):
Konstruieren methodisch lernen – Führt die konstruktionsmethodische Ausbildung schon im Studium zu besseren Lösungen? In: Hacker, W. (Hrsg.): Denken in der Produktentwicklung. Zürich: vdf 2002, S. 155-167.
- JÄNSCH, J.; BIRKHOFFER, H. (2004):
The Gap between Learning and Applying Design Methods. In: Marjanovic, D. (Ed.): International Design Conference Design 2004, Dubrovnik (Kroatien), 18.-21.05.2004. Zagreb: Sveucilisna tiskara 2004, S. 627-632.
- KREMER, A. (HRSG.) (2003A):
Der Dienstleistungsmanager im Netzwerk der Zukunft, Entwicklung und Etablierung einer neutralen Wissensmanagement-Instanz in vernetzten Organisationsstrukturen, GPS Schuh & Co. GmbH, Dezember 2003.
- KREMER, A. (HRSG.) (2003B):
Zwischenergebnisse zum Wissensmodell, den Analysestandards und für das Referenzmodell für den Service Provider, GPS Schuh & Co. GmbH, Dezember 2003.
- LINDEMANN, U. (2002):
Flexible Adaption of Methods within the Design Process. In: International Design Conference DESIGN 2002, Dubrovnik (Kroatien), 14.-17.05.2002. Zagreb: Sveucilisna tiskara 2002, S. 81-86.

LINDEMANN, U. (2003):

Methods are Networks of Methods. In: Folkesson, A.; Gralén, K.; Norell, M.; Sellgren, U. (Eds.): International Conference on Engineering Design ICED 2003, Stockholm (Schweden), 19.-21.08.2003. Design Society 2003, CD-ROM.

LINDEMANN, U. (2004A):

Action Orientation of Methods to Support Engineering Design. In: Rohatynski, R.; Jakubowski, J. (Eds.): Engineering Design in Integrated Product Development EDIPROD 2004 - Management of Design Complexity, Rydzyna (Polen), 07.-09.10. 2004. Zielona Gora: University Press 2004, S. 45-50.

LINDEMANN, U. (2004B):

Produktentwicklung und Konstruktion. Skriptum zur Vorlesung. Garching: TU München 2004.

LINDEMANN, U. (2005):

Methodische Entwicklung technischer Produkte. Berlin: Springer 2005.

LINDEMANN, U.; BRAUN, T.; PECQUET, N.; PONN, J. (2004):

CiDaD Competence in Design and Development. Garching: Technische Universität 2004. [entnommen am 08.11.2004, URL: <http://cidad2.pe.mw.tu-muenchen.de>]

LINDEMANN, U.; HUTTERER, P. (2004):

Environmental Problems: Motivation for SMEs towards Green Thinking? In: Horváth, I.; Xirouchakis, P. (Eds.): Tools and Methods of Competitive Engineering, Lausanne (Schweiz), 13.-17.04.2004, Rotterdam: Millpress 2004, S. 1161-1162.

LÜDCKE, R. (2003):

Effizienzverbesserung durch gezielte Führung in der Produktentwicklungspraxis: von der Beobachtung zum Reflexionskonzept. Düsseldorf: VDI 2003. (Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 1 Nr. 367)

MANN, D. (2002):

Changing the Game: Sustainability without Compromise. In: Charter, M.; Kajzer, I. (Eds.): Towards Sustainable Product Design, 7th International Conference, London (UK), 28.-29.10.2002.

MCALOONE, T. C. (2000):

Industrial Application of Environmentally Conscious Design. London: Professional Engineering 2000.

MILBERG, J. (2000):

Nachhaltiges Wirtschaften als Erfolgsmodell. Public Affairs Letter, (2000) 25. [entnommen im Dez. 2000, URL: <http://www.bmwgroup.com/publicaffairsletter>].

MÖRTL, M. (2002):

Entwicklungsmanagement für langlebige, upgradinggerechte Produkte. München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 51)

- MOTTE, D.; BJÄRNEMO, R. (2004):
The Cognitive Aspects of the Engineering Design Activity – A Literature Survey. In: Horváth, I.; Xirouchakis, P. (Eds.): Tools and Methods of Competitive Engineering, Lausanne (Schweiz), 13.-17.04.2004, Rotterdam: Millpress 2004, S. 1095-1096.
- OSSIMITZ, G. (2000):
Entwicklung systemischen Denkens. Theoretische Konzepte und empirische Untersuchungen. München: Profil 2000.
- PACHE, M.; RÖMER, A.; LINDEMANN, U.; HACKER, W. (2001):
Sketching Behaviour and Creativity in Conceptual Engineering Design. In: Culley, S.; Duffy, A.; McMahon, C.; Wallace, K. (Eds.): International Conference on Engineering Design ICED 2001, Glasgow (Großbritannien), 21.-23.08.2001. Glasgow: I Mech E 2001, S.461-468.
- PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. H. (2003):
Konstruktionslehre. Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung. Berlin: Springer 2003.
- PARAL, T. (2004):
Vom Markt zum Produkt. Karlsruhe: Technische Hochschule 2000. [entnommen am 08.11.2004, URL: <http://rpkalf4.mach.uni-karlsruhe.de/~paral/MAP/map.html>]
- PHLEPS, U. (1999):
Recyclinggerechte Produktdefinition – Methodische Unterstützung für Upgrading und Verwertung. Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 34)
- PULM, U. (2004):
Eine systemtheoretische Betrachtung der Produktentwicklung. München: Dr. Hut 2004. (Produktentwicklung München, Band 56)
- RESTREPO, J.; CHRISTIAANS, H. (2003):
Problem Structuring and Information Access in Design. In: Design Thinking Research Symposium, Sydney (Australien), 17.-19.11.2003, Sydney: University of Technology 2003. [entnommen am 14.02.2004, URL: <http://www.designthinkingresearch.com>]
- REYMER, I. M. M. J. (2001):
Improving Design Processes through Structured Reflection: A Domain-independent Approach. PhD Dissertation, Technische Universiteit Eindhoven 2001.
- RÜCKERT, C. (1997):
Untersuchungen zur Konstruktionsmethodik – Ausbildung und Anwendung. Düsseldorf: VDI 1997. (Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 1 Nr. 293)
- RUTZ, A. (1985):
Konstruieren als gedanklicher Prozess. München: Lehrstuhl für Konstruktion 1985.

SCHAUB, H. (2003):

Simulation als Entscheidungshilfe: Systemisches Denken als Werkzeug zur Beherrschung von Komplexität. In: Strohschneider, S. (Hrsg.): Entscheiden in kritischen Situationen. Frankfurt: Polizeiwissenschaft 2003, S. 55-79.

SCHNEIDER, M. (2001):

Methodeneinsatz in der Produktentwicklungs-Praxis. Düsseldorf: VDI 2001. (Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 1 Nr. 346)

SCHÖN, D. A. (1983):

The Reflective Practitioner. USA: Basic Books 1983.

SCHÖN, D. A. (1987):

Educating the Reflective Practitioner. San Francisco: Jossey-Bass 1987.

SCHRODA, F.; SACHSE, P. (2000):

Die Konstruktionslandkarte. Planung, Dokumentation und Selbstreflexion des Konstruktionsprozesses. Konstruktion (2000) 3, S. 48-50.

SIEMENS AG (2001):

Siemens im Dow Jones Sustainability Group Index. [entnommen am 19.10.2001, URL: http://www.siemens.de/page/1,3771,252460-0-999_3_253051-0,00.html]

SOLBACH, D. (1998):

Integrierter Umweltschutz, internationale Wettbewerbsfähigkeit und Standortqualität. Regensburg: Transfer 1998.

STAHEL, U., LÜTZELSCHWAB, L. K. (1998):

Bewertung von Ökoinventaren für Verpackungen. Bern: BUWAL 1998. (Schriftenreihe Umwelt 300)

STEINHILPER, R. (1988):

Produktrecycling im Maschinenbau. Berlin: Springer 1988.

STETTER, R. (2000):

Method Implementation in Integrated Product Development. München: Dr. Hut 2000. (Produktentwicklung München, Band 41)

STEVENS, A. (2004):

Moving EcoDesign forward by Balancing, Environmental Concerns, Engineering and Design Opportunities and Economic Interest. In: Horváth, I.; Xirouchakis, P. (Eds.): Tools and Methods of Competitive Engineering, Lausanne (Schweiz), 13.-17.04.2004, Rotterdam: Millpress 2004, S. 19-27.

TANG, J.C. (1989):

Toward an understanding of the use of shared workspaces by design teams. PhD Dissertation, Stanford University 1989.

- TISDALE, T. (1998):
Selbstreflexion, Bewusstsein und Handlungsregulation. Weinheim: Beltz 1998.
- ULLMAN, D. G. (1997):
The Mechanical Design Process. USA: McGraw-Hill 1997.
- UNIVERSITY OF STRATHCLYDE (ED.) (2004):
Digital Libraries for Global Distributed Innovative Design Education and Teamwork DIDET.
[entnommen am 14.10.2004, URL: <http://dmem1.ds.strath.ac.uk/didet/>]
- VDI (HRSG.) (1997):
VDI-Richtlinie 2222 Blatt 1: Konstruktionsmethodik - Methodisches Entwickeln von Lösungsprinzipien. Düsseldorf: VDI 1997.
- VDI (HRSG.) (2002):
VDI-Richtlinie 2243: Recyclingorientierte Produktentwicklung. Düsseldorf: VDI 2002.
- VIERTLBÖCK, M. (2000):
Modell der Methoden und Hilfsmiteleinführung im Bereich der Produktentwicklung. München: Dr. Hut 2000. (Produktentwicklung München, Band 42)
- WALLMEIER, S. (2001):
Potenzial in der Produktentwicklung. Möglichkeiten und Grenzen von Tätigkeitsanalyse und Reflexion. Düsseldorf: VDI 2001. (Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 1 Nr. 352)
- WENDE, A. (1994):
Integration der recyclingorientierten Produktgestaltung in den methodischen Konstruktionsprozess. Düsseldorf: VDI 1994. (Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 1 Nr. 239)
- WETZSTEIN, A.; HACKER, W. (2002):
Sprachgestützte Reflexion verbessert die Entwurfsergebnisse unabhängig von ihrer Entstehungsstrategie. In: Hacker, W. (Hrsg.): Denken in der Produktentwicklung. Zürich: vdf 2002, S. 143-153.
- WIMMER, R.; ZÜST, R.; STRASSER, CH. (2002):
The Application of the ECODESIGN PILOT and Methodical Support for the Implementation of ECODESIGN in Products. In: International Design Conference DESIGN 2002, Dubrovnik (Kroatien), 14.-17.05.2002. Zagreb: Sveucilisna tiskara 2002, S. 1357-1364.
- WULF, J. (2002):
Elementarmethoden zur Lösungssuche. München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 50)
- ZANKER, W. (1999):
Situative Anpassung und Neukombination von Entwicklungsmethoden. Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 36)

ZÜST, R.; WIMMER, W. (2004):

ECODESIGN PILOT – Methods and Tools to improve the Environmental Performance in Product Design. In: Horváth, I.; Xirouchakis, P. (Eds.): Tools and Methods of Competitive Engineering, Lausanne (Schweiz), 13.-17.04.2004, Rotterdam: Millpress 2004, S. 67-72.

8.2 Betreute Studienarbeiten

BAUER, M. (2002):

Analyse und Verbesserung des Verpackungswesens eines mittelständischen Unternehmens. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Semesterarbeit 2002. (Nr. 2048)

BERGER, B. (2004):

Lifetime Modelling of Technical Products. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Diplomarbeit 2004. (Nr. 965)

BRENNEIS, O. (2005):

Beobachtung und Auswertung von Tätigkeiten in der Produktentwicklung. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Semesterarbeit 2005.

BUSL, M. (2003):

Neukonzeptionierung einer Siebanlage in der Abwasseranwendung. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Semesterarbeit 2003. (Nr. 1988)

EL ALAMI, A. (2003):

Entwicklung eines Konzepts zum Methodentransfer in KMU. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Semesterarbeit 2003. (Nr. 2057)

FÜRST, R. (2002):

Analyse und Verbesserung des Verpackungswesens eines mittelständischen Unternehmens. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Semesterarbeit 2002. (Nr. 2050)

FÜRST, R. (2003):

Koordination und Prototypenbau eines Packagekonzepts zur Elektromechanik von Bremssteuerungen für Schienenfahrzeuge. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Semesterarbeit 2003. (Nr. 2034)

FÜRST, R. (2004):

Methodische Unterstützung der Wissensprozesse bei Unternehmensfusionen. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Diplomarbeit 2004. (Nr. 964)

FRICK, C. (2002):

Entwicklung materialsparender Konzepte für Siebbandpressen. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Semesterarbeit 2002. (Nr. 1940)

GERL, T. (2002):

Optimierung der Schnittstellengestaltung von Bremssteuerungsmodulen von Schienenfahrzeugen. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Diplomarbeit 2002. (Nr. 919)

HELLER, J. (2003):

Koordination und Prototypenbau eines Packagekonzepts zur Elektromechanik von Bremssteuerungen für Schienenfahrzeuge. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Semesterarbeit 2003. (Nr. 2033)

HOCHMANN, M. (2002):

Methodische Optimierung der Temperaturbilanz an einem AkkuPack. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Semesterarbeit 2002. (Nr. 1947)

HUBER, M. (2002):

Analyse und Verbesserung des Verpackungswesens eines mittelständischen Unternehmens. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Semesterarbeit 2002. (Nr. 2051)

JUNG, M. (2004):

Exploration of possibilities to facilitate capture and reuse of design-process-data. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Diplomarbeit 2004. (Nr. 980)

KERSCHBAUMER, M. (2004):

Methodische Unterstützung der Abbildung von Projektmanagementprozessen in einem PDM-System. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Diplomarbeit 2004. (Nr. 982)

KÖRNER, F. (2003):

Entwicklung und Evaluierung von Methodenbausteinen zur Unterstützung des individuellen Vorgehens in der Produktentwicklung. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Semesterarbeit 2003. (Nr. 2072)

KRAUSEN, L. (2003):

Gegenüberstellung von Produktentwicklungsprozessen in KMU und Großunternehmen. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Semesterarbeit 2003. (Nr. 2053)

MEIWALD, T. (2002):

Analyse und Verbesserung des Verpackungswesens eines mittelständischen Unternehmens. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Semesterarbeit 2002. (Nr. 2049)

MEIWALD, T. (2003):

Untersuchungen zur Bedämpfung von Rohrschwingungen mittels Elektromagnetischer Wechselfelder. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Semesterarbeit 2003. (Nr. 2089)

MOUJIB, M. (2003):

Konstruktion eines Info-Terminals für den PE-Lehrstuhl. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Semesterarbeit 2003. (Nr. 1955)

PECHER, M. (2002):

Entwicklung alternativer Konzepte für Türflügel von Schienenfahrzeugen. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Semesterarbeit 2002. (Nr. 1935)

PULS, P. (2002):

Entwicklung eines montage- und demontagefreundlichen Kabelbaumkonzepts für Bremssteuerungen von Schienenfahrzeugen. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Semesterarbeit 2002. (Nr. 1949)

RIED, V. (2002):

Entwicklung reparaturfreundlicher Konzepte für Siebbandpressen. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Semesterarbeit 2002. (Nr. 1948)

SCHNEIDER, S. (2001):

Schallmanagement für dieselhydraulische Lokomotiven - Integration in den Konstruktions- und Entwicklungsprozess. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Diplomarbeit 2001. (Nr. 901)

SEGERER, M. (2005):

Entwicklung eines Fahrradanhängers für den Offroad-Bereich. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Semesterarbeit 2005. (Nr. 2162)

SUN, W. (2005):

Entwicklung und Evaluierung von Methodenbausteinen zur Unterstützung des individuellen Vorgehens in der Produktentwicklung. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Semesterarbeit 2005. (Nr. 2172)

THANNHUBER, A. (2005):

Untersuchung von Entwicklungstätigkeiten in der Praxis. München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Semesterarbeit 2005. (Nr. 2156)

9 Dissertationsverzeichnis des Lehrstuhls für Produktentwicklung

Lehrstuhl für Produktentwicklung

Technische Universität München, Boltzmannstraße 15, 85748 Garching

Dissertationen betreut von

- Prof. Dr.-Ing. W. Rodenacker,
- Prof. Dr.-Ing. K. Ehrlenspiel und
- Prof. Dr.-Ing. U. Lindemann

- D1 COLLIN, H.:
Entwicklung eines Einwalzenkalenders nach einer systematischen Konstruktionsmethode.
München: TU, Diss. 1969.
- D2 OTT, J.:
Untersuchungen und Vorrichtungen zum Offen-End-Spinnen.
München: TU, Diss. 1971.
- D3 STEINWACHS, H.:
Informationsgewinnung an bandförmigen Produkten für die Konstruktion der Produktmaschine.
München: TU, Diss. 1971.
- D4 SCHMETTOW, D.:
Entwicklung eines Rehabilitationsgerätes für Schwerstkörperbehinderte.
München: TU, Diss. 1972.
- D5 LUBITZSCH, W.:
Die Entwicklung eines Maschinensystems zur Verarbeitung von chemischen Endlosfasern.
München: TU, Diss. 1974.
- D6 SCHEITENBERGER, H.:
Entwurf und Optimierung eines Getriebesystems für einen Rotationsquerschneider mit allgemeingültigen Methoden.
München: TU, Diss. 1974.
- D7 BAUMGARTH, R.:
Die Vereinfachung von Geräten zur Konstanthaltung physikalischer Größen.
München: TU, Diss. 1976.

- D8 MAUDERER, E.:
Beitrag zum konstruktionsmethodischen Vorgehen durchgeführt am Beispiel eines Hochleistungsschalter-Antriebs.
München: TU, Diss. 1976.
- D9 SCHÄFER, J.:
Die Anwendung des methodischen Konstruierens auf verfahrenstechnische Aufgabenstellungen.
München: TU, Diss. 1977.
- D10 WEBER, J.:
Extruder mit Feststoffpumpe – Ein Beitrag zum Methodischen Konstruieren.
München: TU, Diss. 1978.
- D11 HEISIG, R.:
Längencodierer mit Hilfsbewegung.
München: TU, Diss. 1979.
- D12 KIEWERT, A.:
Systematische Erarbeitung von Hilfsmitteln zum kostenarmen Konstruieren.
München: TU, Diss. 1979.
- D13 LINDEMANN, U.:
Systemtechnische Betrachtung des Konstruktionsprozesses unter besonderer Berücksichtigung der Herstellkostenbeeinflussung beim Festlegen der Gestalt.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1980. (Fortschritt-Berichte der VDI-Zeitschriften Reihe 1, Nr. 60)
Zugl. München: TU, Diss. 1980.
- D14 NJOYA, G.:
Untersuchungen zur Kinematik im Wälzlager bei synchron umlaufenden Innen- und Außenringen.
Hannover: Universität, Diss. 1980.
- D15 HENKEL, G.:
Theoretische und experimentelle Untersuchungen ebener konzentrisch gewellter Kreisringmembranen.
Hannover: Universität, Diss. 1980.
- D16 BALKEN, J.:
Systematische Entwicklung von Gleichlaufgelenken.
München: TU, Diss. 1981.
- D17 PETRA, H.:
Systematik, Erweiterung und Einschränkung von Lastausgleichslösungen für Standgetriebe mit zwei Leistungswegen – Ein Beitrag zum methodischen Konstruieren.
München: TU, Diss. 1981.

- D18 BAUMANN, G.:
Ein Kosteninformationssystem für die Gestaltungsphase im Betriebsmittelbau.
München: TU, Diss. 1982.
- D19 FISCHER, D.:
Kostenanalyse von Stirnzahnrädern. Erarbeitung und Vergleich von Hilfsmitteln zur Kostenfrüherkennung.
München: TU, Diss. 1983.
- D20 AUGUSTIN, W.:
Sicherheitstechnik und Konstruktionsmethodiken – Sicherheitsgerechtes Konstruieren. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz 1985.
Zugl. München: TU, Diss. 1984.
- D21 RUTZ, A.:
Konstruieren als gedanklicher Prozeß.
München: TU, Diss. 1985.
- D22 SAUERMAN, H. J.:
Eine Produktkostenplanung für Unternehmen des Maschinenbaues.
München: TU, Diss. 1986.
- D23 HAFNER, J.:
Entscheidungshilfen für das kostengünstige Konstruieren von Schweiß- und Gußgehäusen.
München: TU, Diss. 1987.
- D24 JOHN, T.:
Systematische Entwicklung von homokinetischen Wellenkupplungen.
München: TU, Diss. 1987.
- D25 FIGEL, K.:
Optimieren beim Konstruieren.
München: Hanser 1988.
Zugl. München: TU, Diss. 1988 u. d. T.: Figel, K.: Integration automatisierter Optimierungsverfahren in den rechnerunterstützten Konstruktionsprozeß.

Reihe Konstruktionstechnik München

- D26 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 KITTSSTEINER, H.-J.:
Die Auswahl und Gestaltung von kostengünstigen Welle-Nabe-Verbindungen.
München: Hanser 1990. (Konstruktionstechnik München, Band 3)
Zugl. München: TU, Diss. 1989.
- D29 HILLEBRAND, A.:
Ein Kosteninformationssystem für die Neukonstruktion mit der Möglichkeit zum Anschluß an ein CAD-System.
München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 4)
Zugl. München: TU, Diss. 1990.
- D30 DYLLA, N.:
Denk- und Handlungsabläufe beim Konstruieren.
München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 5)
Zugl. München: TU, Diss. 1990.
- D31 MÜLLER, R.:
Datenbankgestützte Teileverwaltung und Wiederholteilsuche.
München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 6)
Zugl. München: TU, Diss. 1990.
- D32 NEESE, J.:
Methodik einer wissensbasierten Schadenanalyse am Beispiel Wälzlagerungen.
München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 7)
Zugl. München: TU, Diss. 1991.
- D33 SCHAAL, S.:
Integrierte Wissensverarbeitung mit CAD – Am Beispiel der konstruktionsbegleitenden Kalkulation.
München: Hanser 1992. (Konstruktionstechnik München, Band 8)
Zugl. München: TU, Diss. 1991.
- D34 BRAUNSPERGER, M.:
Qualitätssicherung im Entwicklungsablauf – Konzept einer präventiven Qualitätssicherung für die Automobilindustrie.
München: Hanser 1993. (Konstruktionstechnik München, Band 9)
Zugl. München: TU, Diss. 1992.

- D35 FEICHTER, E.:
Systematischer Entwicklungsprozeß am Beispiel von elastischen Radialversatzkupplungen.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 10)
Zugl. München: TU, Diss. 1992.
- D36 WEINBRENNER, V.:
Produktlogik als Hilfsmittel zum Automatisieren von Varianten- und Anpassungskonstruktionen.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 11)
Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D37 WACH, J. J.:
Problemspezifische Hilfsmittel für die Integrierte Produktentwicklung.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 12)
Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D38 LENK, E.:
Zur Problematik der technischen Bewertung.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 13)
Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D39 STUFFER, R.:
Planung und Steuerung der Integrierten Produktentwicklung.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 14)
Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D40 SCHIEBELER, R.:
Kostengünstig Konstruieren mit einer rechnergestützten Konstruktionsberatung.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 15)
Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D41 BRUCKNER, J.:
Kostengünstige Wärmebehandlung durch Entscheidungsunterstützung in Konstruktion und Härterei.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 16)
Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D42 WELLNIAK, R.:
Das Produktmodell im rechnerintegrierten Konstruktionsarbeitsplatz.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 17)
Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D43 SCHLÜTER, A.:
Gestaltung von Schnappverbindungen für montagegerechte Produkte.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 18)
Zugl. München: TU, Diss. 1994.

- D44 WOLFRAM, M.:
Feature-basiertes Konstruieren und Kalkulieren.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 19)
Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D45 STOLZ, P.:
Aufbau technischer Informationssysteme in Konstruktion und Entwicklung am Beispiel eines elektronischen Zeichnungsarchives.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 20)
Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D46 STOLL, G.:
Montagegerechte Produkte mit feature-basiertem CAD.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 21)
Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D47 STEINER, J. M.:
Rechnergestütztes Kostensenken im praktischen Einsatz.
Aachen: Shaker 1996. (Konstruktionstechnik München, Band 22)
Zugl. München: TU, Diss. 1995.
- D48 HUBER, T.:
Senken von Montagezeiten und -kosten im Getriebebau.
München: Hanser 1995. (Konstruktionstechnik München, Band 23)
Zugl. München: TU, Diss. 1995.
- D49 DANNER, S.:
Ganzheitliches Anforderungsmanagement für marktorientierte Entwicklungsprozesse.
Aachen: Shaker 1996. (Konstruktionstechnik München, Band 24)
Zugl. München: TU, Diss. 1996.
- D50 MERAT, P.:
Rechnergestützte Auftragsabwicklung an einem Praxisbeispiel.
Aachen: Shaker 1996. (Konstruktionstechnik München, Band 25)
Zugl. München: TU, Diss. 1996 u. d. T.: Merat, P.: Rechnergestütztes Produktleitsystem
- D51 AMBROSY, S.:
Methoden und Werkzeuge für die integrierte Produktentwicklung.
Aachen: Shaker 1997. (Konstruktionstechnik München, Band 26)
Zugl. München: TU, Diss. 1996.
- D52 GIAPOULIS, A.:
Modelle für effektive Konstruktionsprozesse.
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 27)
Zugl. München: TU, Diss. 1996.

- D53 STEINMEIER, E.:
Realisierung eines systemtechnischen Produktmodells – Einsatz in der Pkw-Entwicklung
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 28)
Zugl. München: TU, Diss. 1998.
- D54 KLEEDÖRFER, R.:
Prozeß- und Änderungsmanagement der Integrierten Produktentwicklung.
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 29)
Zugl. München: TU, Diss. 1998.
- D55 GÜNTHER, J.:
Individuelle Einflüsse auf den Konstruktionsprozeß.
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 30)
Zugl. München: TU, Diss. 1998.
- D56 BIERSACK, H.:
Methode für Kraftleinleitungsstellenkonstruktion 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 STÖBER, 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 ABMANN, 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 Hilfsmiteleinführung im Bereich der Produktentwicklung.

München: Dr. Hut 2000. (Produktentwicklung München, Band 42)

Zugl. München: TU, Diss. 2000.

D69 COLLIN, H.:

Management von Produkt-Informationen in kleinen und mittelständischen Unternehmen.

München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 43)

Zugl. München: TU, Diss. 2001.

D70 REISCHL, C.:

Simulation von Produktkosten in der Entwicklungsphase.

München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 44)

Zugl. München: TU, Diss. 2001.

- D71 GAUL, H.-D.:
Verteilte Produktentwicklung – Perspektiven und Modell zur Optimierung.
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 45)
Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D72 GIERHARDT, H.:
Global verteilte Produktentwicklungsprojekte – Ein Vorgehensmodell auf der operativen Ebene.
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 46)
Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D73 SCHOEN, S.:
Gestaltung und Unterstützung von Community of Practice.
München: Utz 2000. (Produktentwicklung München, Band 47)
Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D74 BENDER, B.:
Zielorientiertes Kooperationsmanagement.
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 48)
Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D75 SCHWANKL, L.:
Analyse und Dokumentation in den frühen Phasen der Produktentwicklung.
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 49)
Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D76 WULF, J.:
Elementarmethoden zur Lösungssuche.
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 50)
Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D77 MÖRTL, M.:
Entwicklungsmanagement für langlebige, upgradinggerechte Produkte.
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 51)
Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D78 GERST, M.:
Strategische Produktentscheidungen in der integrierten Produktentwicklung.
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung, Band 52)
Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D79 AMFT, M.:
Phasenübergreifende bidirektionale Integration von Gestaltung und Berechnung.
München: Dr. Hut 2003. (Produktentwicklung, Band 53)
Zugl. München: TU, Diss. 2002.

- D80 FÖRSTER, M.:
Variantenmanagement nach Fusionen in Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus.
München: TU, als Diss. eingereicht 2003
- D81 GRAMANN, J.:
Problemmodelle und Bionik als Methode.
München: Dr. Hut 2004. (Produktentwicklung, Band 55)
Zugl. München: TU, Diss. 2004.
- D82 PULM, U.:
Eine systemtheoretische Betrachtung der Produktentwicklung.
München: Dr. Hut 2004. (Produktentwicklung, Band 56)
Zugl. München: TU, Diss. 2004.