

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Lehrstuhl für Produktentwicklung

Zusammenhang zwischen Leistung in der Produktentwicklung und Variantenmanagement – Einflussmodell und Analysemethode

Katharina Gabriele Maria Kirner (geb. Eben)

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. Willibald A. Günthner
Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart

Die Dissertation wurde am 08.01.2014 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen am 06.06.2014 angenommen.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

ISBN 978-3-8439-1826-8

© Verlag Dr. Hut, München 2014
Sternstr. 18, 80538 München
Tel.: 089/66060798
www.dr.hut-verlag.de

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

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

1. Auflage 2014

VORWORT DES HERAUSGEBERS

Problemstellung

Eine effektive und effiziente Produktentwicklung sowie ein funktionierendes Variantenmanagement sind in vielen Unternehmen mit eigenen Produkten als Ziele zu erkennen. Dabei gilt es, ein aktives Variantenmanagement in der Entwicklungsorganisation zu verankern, da ansonsten diverse negative Auswirkungen zu erwarten sind. So kann es zu Leistungsdefiziten, beispielsweise in Form von Verzögerungen im Entwicklungsablauf, kommen. Derartige Leistungsdefizite lassen sich nach ihrer Identifizierung nachhaltig reduzieren, indem Ursachen im Variantenmanagement ausgeräumt werden.

Grundvoraussetzung dafür ist es, den Zusammenhang zwischen der Leistung in der Produktentwicklung und dem Variantenmanagement zu verstehen und abzubilden, um ihn gezielt handhaben zu können. Zur Visualisierung dieser Zusammenhänge sind systematische Hilfsmittel und Vorgehensweisen erforderlich. Zudem darf sich eine auf diesen Zusammenhängen aufbauende Leistungsmessung in der Produktentwicklung nicht nur auf einzelne Aspekte des Variantenmanagements, wie die Planung, Gestaltung oder Beherrschung von Vielfalt, beschränken. Vielmehr sollten auch daraus erhaltenen Ergebnisse direkt zur Verbesserung der Situation in der Entwicklungsorganisation nutzbar sein.

Zielsetzung

Aus dieser Problemstellung ergibt sich die Zielsetzung, ein Verständnis für den Einfluss des Variantenmanagements auf die Leistung in der Produktentwicklung zu erlangen. Die Abbildung dieses Verständnisses in einem Einflussmodell zur Visualisierung der Zusammenhänge zwischen Leistungsdefiziten in der Produktentwicklung und deren Ursachen innerhalb sowie außerhalb des Variantenmanagements, bildet die Grundlage für die Ermittlung und Bewertung von Leistungsdefiziten. Um diese Untersuchung und die Priorisierung von Leistungsdefiziten zu ermöglichen sowie die Auswahl möglicher Maßnahmen zur Verbesserung der Leistung zu unterstützen, ist eine systematische Analyseverfahren erforderlich.

Ergebnisse

Zur Abbildung des Zusammenhangs zwischen der Leistung in der Produktentwicklung und dem Variantenmanagement ist ein Einflussmodell entstanden. Auf der Grundlage von empirischen Daten wurden Ursache-Wirkungszusammenhänge zwischen Leistungsdefiziten und deren Ursprung im Variantenmanagement oder in Verbindung mit weiteren Aspekten innerhalb der Entwicklungsorganisation erarbeitet und abgebildet. Das Modell verknüpft Leistungsdefizite in sechs unterschiedlichen Kategorien mit möglichen Ursachen in acht Kategorien, welche in je drei bis acht Unterkategorien gegliedert sind. Dieses Einflussmodell ist der Ausgangspunkt des entwickelten methodischen Ansatzes zur Ermittlung von Symptomen von Leistungsdefiziten und deren Ursachen sowie der Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen. Innerhalb des An-

satzes wurden Vorgehensweisen zur deduktiven und induktiven Ermittlung, sowie zur Bewertung von Leistungsdefiziten und deren Ursachen erarbeitet. Weiterhin wird die Priorisierung der Analyseergebnisse zur Ableitung von Handlungsmöglichkeiten auf Basis eines Maßnahmenkatalogs unterstützt.

Folgerungen für die industrielle Praxis

Das auf der Grundlage empirischer Untersuchungen erarbeitete Verständnis für den Zusammenhang der Leistung in der Produktentwicklung und dem Variantenmanagement, stellt in seiner Abbildung als Einflussmodell eine realistische Orientierungshilfe dar. Unternehmen können die Erkenntnisse zu möglichen Ursachen von Leistungsdefiziten in definierten Kategorien nutzen, um die eigene Leistung zu bewerten und Handlungsbedarf für die Verbesserung zu ermitteln. Dies wird durch den Ansatz zur Ermittlung von Leistungsdefiziten und deren Ursachen durch dessen systematisches und logisches Vorgehen unterstützt. Dabei wird zur Vereinfachung der unternehmensinternen Datenerhebung, sowohl eine quantitative als auch eine qualitative Bewertung ermöglicht. Der Ansatz schafft weiterhin eine direkte Verbindung zwischen der Leistungsmessung und der Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen aus einem Maßnahmenkatalog. Somit kann nicht nur ein unternehmensspezifisches Bild der Zusammenhänge zwischen Leistungsdefiziten und deren Ursachen im Variantenmanagement erzeugt, sondern durch die Verknüpfung der Analyseergebnisse mit dem Maßnahmenkatalog auch die Anwendung neuer Werkzeuge und Vorgehensweisen motiviert werden.

Folgerungen für Forschung und Wissenschaft

Das in der vorliegenden Arbeit vorgestellte Einflussmodell stellt einen Zusammenhang zwischen der Leistungsmessung in der Produktentwicklung und dem Variantenmanagement in Verbindung mit Erfolgsfaktoren der Produktentwicklung her. Somit wird zum einen ein Verständnis für eben diesen Zusammenhang geschaffen. Zum anderen werden durch die Verknüpfung zwischen Leistungsdefiziten und deren Ursachen Ansatzpunkte für die Verbesserung der Leistung geschaffen. Die Erkenntnisse aus dem Einflussmodell nutzt der im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Ansatz, um die Leistungsmessung, welche den Einfluss des Variantenmanagements berücksichtigt, mit nachfolgenden Schritten zur Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen zu verbinden.

Garching, Oktober 2014

Prof. Dr.-Ing Udo Lindemann

Lehrstuhl für Produktentwicklung
Technische Universität München

DANKSAGUNG

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Produktentwicklung der Technischen Universität München in der Zeit von März 2008 bis Februar 2013. Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann für das in mich gesetzte Vertrauen. Die große gestalterische Freiheit in der Projektarbeit in Verbindung mit stets konstruktiver Kritik war die Grundlage für das Gelingen meiner Arbeit. Herrn Prof. Dr.-Ing. Gunter Reinhart, Ordinarius für Betriebswissenschaften und Montagetechnik an der Technischen Universität München, danke ich für die Übernahme der Zweitberichterstattung. Für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes und die damit verbundene organisatorische Abwicklung des Promotionsverfahrens gilt mein Dank Herrn Prof. Dr.-Ing Willibald A. Günthner vom Lehrstuhl für Materialfluss und Logistik der Technischen Universität München.

Meinen ehemaligen Kolleginnen und Kollegen am Lehrstuhl für Produktentwicklung danke ich herzlich für die offene und freundschaftliche Atmosphäre und die gute Zusammenarbeit. Stellvertretend möchte ich Katharina Helten, Phillip Schrieverhoff, Alexander Reik und Julia Rølofsen für die gemeinsame Bearbeitung des Projekts „Lean Development in KMU“ danken. In diesem Rahmen gilt mein Dank auch Herrn Dr. Georg Liedl vom Kompetenzzentrum Mittelstand e. V., sowie den Projektpartnern Herrn Manfred Billenstein und Herrn Jürgen Stracke, Metz-Werke GmbH & Co KG, Herrn Ralph Bergner und Herrn Manfred Murr, RIBE GmbH & Co. KG, Herrn Bernd Härtlein und Herrn Helmut Schröder, E-T-A Elektrotechnische Apparate GmbH, Herrn Dr. Stefan Weiß, Agensis Unternehmensberatung, Herrn Dr. Reimer Nagel und Herrn Dr. Anton Lindner, Spinner GmbH, Herrn Martin Lottes, Tadano Faun GmbH, sowie Herrn Friedrich Obermeyer, Zeitlauf GmbH antriebstechnik & Co KG für die sehr gute Zusammenarbeit und die Unterstützung bei der Evaluierung der Ergebnisse meiner Arbeit. Darüber hinaus danke ich Herrn Bernhard Schirdewahn, Schreiner Group GmbH & Co. KG, Herrn Dr. Josef Ponn, Hilti Entwicklungsgesellschaft mbH, Herrn Dr. Anthimos Giapoulis und Herrn Markus Unterreiner, Brückner Maschinenbau GmbH & Co. KG, sowie Herrn Peter Vogel und Herrn Dr. Knut Martens, Grob-Werke GmbH & Co. KG, ebenfalls für Ihre Unterstützung bei der Evaluierung. Ich danke auch den von mir betreuten zahlreichen Studentinnen und Studenten, stellvertretend Marc Windheim, Kathrin Kreitmaier, Robert Reding und Carles Zamora Riera, für ihre Unterstützung.

Mein herzlicher Dank gilt meinen Eltern Hans und Resi Eben für ihre immense Unterstützung, während meines Studiums und vor allem der Evaluierung der Ergebnisse meiner Arbeit. Insbesondere danke ich meinem Vater für die Programmierung der Webseite für den Demonstrator und den Crash-Kurs in php und html und meiner Mutter für die Gestaltung des ccs. Meinem Mann Dominik Kirner danke ich aus vollem Herzen, dass er mir in allen Lebenslagen mit Verständnis und Geduld den Rücken stärkt und freihält, mich bei allen Entscheidungen unterstützt und mir so die Kraft und die Motivation gibt meine Ziele zu verfolgen und zu erreichen.

Aßling, November 2014

Katharina Kirner

Die folgenden Veröffentlichungen sind Teil der vorliegenden Forschungsarbeit:

- Eben, K.; Helten, K.; Lindemann, U.: Product Development Processes in Small and Middle-Sized Enterprises – Identification and Elimination of Inefficiencies Caused by Product Variety. In: Culley, S.J. et al. (Hrsg.): Proceedings of the 18th International Conference on Engineering Design ICED 2011, Kopenhagen, Dänemark, 15.-19.8.2011. Glasgow: Design Society. ISBN: 978-1-904670-29-2.
- Helten, K.; Eben, K.; Lindemann, U.: Identification and Design of Pilot Projects to Implement Lean Development. In: Culley, S.J. et al. (Hrsg.): Proceedings of the 18th International Conference on Engineering Design ICED 2011, Kopenhagen, Dänemark, 15.-19.8.2011. Glasgow: Design Society. ISBN: 978-1-904670-29-2.
- Lindemann, U. (Hrsg.): Forschungsbericht – Lean Development in KMU. bayme vbm 2012, München.*
- Lindemann, U. (Hrsg.): Leitfaden – Einführung von Lean Development in KMU. bayme vbm 2012, München.*
- Siyam, G. I.; Kirner, K. G. M.; Wynn, D. C.; Lindemann, U.; Clarkson, P. J.: Relating Value Methods to Waste Types in Lean Product Development. International Design Conference DESIGN 2012. Dubrovnik, Kroatien, 21.-24.05.2012 2012.
- Siyam, G. I.; Kirner, K. G. M.; Wynn, D. C.; Lindemann, U.; Clarkson, P. J.: Value and Waste Dependencies and Guidelines. 14th International DSM Conference - Gain competitive advantage by managing complexity. Kyoto, Japan, 13.-14.09.2012 2012.
- Kirner, K. G. M.; Lindemann, U.: Assessing the Performance of Product Development Processes in a Multi-project Environment in SME. International Conference on Research into Design ICoRD'13. Chennai, 07.-09.01.2013 2013.
- Kirner, K. G. M.; Siyam, G. I.; Lindemann, U.; Wynn, D. C.; Clarkson, P. J.: Information in Lean Product Development – Assessment of Value and Waste. International Conference on Research into Design ICoRD'13. Chennai, 07.-09.01.2013 2013.
- Siyam, G. I.; Kirner, K. G. M.; Wynn, D. C.; Lindemann, U.; Clarkson, P. J.: Lean product development in practice: Insights from 4 companies. The 19th International Conference on Engineering Design - ICED 13. Seoul, Südkorea, 19.-22.08.2013 2013.

* Die Autorin bearbeitete das Forschungsprojekt und verfasste die Publikation maßgeblich mit. Die Publikation wurde durch den Verband bayme vbm intern veröffentlicht. Sie ist nur für Verbandsmitglieder und somit nicht allgemein zugänglich.

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einführung	1
1.1 Problemstellung und Forschungsfragen	7
1.2 Zielsetzung und Anforderungen an zu erzielende Ergebnisse	8
1.3 Erfahrungsgrundlage und Forschungsmethodik	11
1.3.1 Erfahrungsgrundlage	11
1.3.2 Forschungsmethodik	13
1.4 Aufbau der Arbeit	27
2. Beschreibung Forschungsfeld – Stand der Forschung	29
2.1 Produktentwicklung – Prozesse und Management	29
2.1.1 Definitionen und Grundlagen	29
2.1.2 Leistungsbewertung in der Produktentwicklung	38
2.1.3 Erfolgsfaktoren in der Produktentwicklung	48
2.1.4 Zusammenfassung und Herausforderungen	50
2.2 Lean Product Development	53
2.2.1 Ursprünge des Lean Thinking und Lean Product Development	53
2.2.2 Lean Product Development und dessen Elemente	56
2.2.3 Leistung im Lean Product Development – Messen und Verbessern	71
2.2.4 Variantenmanagement im Lean Product Development	81
2.2.5 Zusammenfassung und Herausforderungen	85
2.3 Management von Produkt- und Variantenvielfalt	88
2.3.1 Definition Produkt- / Variantenvielfalt und Variantenmanagement	88
2.3.2 Herangehensweisen im Variantenmanagement	100
2.3.3 Ganzheitliche Variantenmanagementansätze	117
2.3.4 Erfolgsfaktoren des Variantenmanagements	119
2.3.5 Zusammenfassung und Herausforderungen	120
2.4 Zusammenfassung – Stand der Forschung	121
3. Bewertung der Leistung in der Produktentwicklung – Einflussmodell und Ansatz zur Bewertung der Symptome und Ursachen unzureichender Leistung sowie Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen (SUM-Ansatz)	127

3.1	Einflussmodell – Variantenmanagement und Leistung in der Produktentwicklung	127
3.1.1	Modellstruktur	127
3.1.2	Kategorien	130
3.1.3	Verknüpfung der Symptome und Ursachen unzureichender Leistung	141
3.2	SUM-Ansatz – Verbesserungsbedarf eigenständig ermitteln	178
3.2.1	Ziele und Wirkung des SUM-Ansatzes	179
3.2.2	Struktur des SUM-Ansatzes	180
3.3	Beschreibung der Vorgehenschritte des SUM-Ansatzes	182
3.3.1	Erfassung der Symptome geringer Leistung	182
3.3.2	Ermitteln der Ursachen von Symptomen geringer Leistung	188
3.3.3	Maßnahmenvorschlag und Methodensammlung	194
3.4	Umsetzung des SUM-Ansatzes im Demonstrator	198
3.5	Zusammenfassung – Einflussmodell und SUM-Ansatz	202
4.	Evaluierung – Einflussmodell und SUM-Ansatz	203
4.1	Diskussion von Einflussmodell und SUM-Ansatz im Vergleich zum Stand der Forschung	203
4.1.1	Diskussion Einflussmodell – Stand der Forschung	203
4.1.2	Diskussion SUM-Ansatz – Stand der Forschung	207
4.2	Diskussion von Einflussmodell und SUM-Ansatz in der industriellen Praxis	208
4.2.1	Anforderungen an Einflussmodell, SUM-Ansatz und Demonstrator	209
4.2.2	Diskussion Einflussmodell und SUM-Ansatz – industrielle Praxis	211
4.3	Fazit und Ableitung weiteren Handlungsbedarfs	216
5.	Zusammenfassung und Fazit	219
5.1	Zusammenfassung	219
5.2	Fazit und Ausblick	221
6.	Literatur	225
7.	Anhang	255
7.1	Abkürzungsverzeichnis	255
7.2	Abbildungsverzeichnis	256
7.3	Erfahrungsgrundlage der Autorin	258

7.3.1	Forschungsprojekte	258
7.3.2	Forschungskooperation mit der University of Cambridge	259
7.3.3	Betreuung von Studienarbeiten durch die Autorin	259
7.4	Erfolgsfaktoren aus dem Stand der Forschung	261
7.4.1	Erfolgsfaktoren – Produktentwicklungsprozesse	261
7.4.2	Erfolgsfaktoren – Variantenmanagement	268
7.5	Interviewleitfäden für die Evaluierung	273
7.5.1	Theoriebildung – Interviewleitfaden zum Variantenmanagement	273
7.5.2	Evaluierung – Interviewleitfaden zur Anforderungsermittlung	274
7.5.3	Evaluierung – Interviewleitfaden zur Demonstrator-Anwendung	276
7.6	Unterschiedliche Verschwendungsdefinitionen in der Literatur	277
7.7	Einflussmodell	281
7.7.1	Metamodell des Einflussmodells (SU-MDM)	281
7.7.2	Symptom und Ursachen DMM (SU-DMM)	282
7.8	Maßnahmenmatrix	292
7.9	SUM-Ansatz – papierbasierter Leitfaden	294
7.9.1	SUM-Ansatz – Formblatt F1	304
7.9.2	SUM-Ansatz – Formblatt F2 mit Beispiel	305
7.9.3	SUM-Ansatz – Kurzbeschreibung Symptome unzureichender Leistung	308
7.9.4	SUM-Ansatz – Kurzbeschreibung Ursachen unzureichender Leistung	309
7.10	SUM-Ansatz – Maßnahmenkatalog	313
8.	Dissertationsverzeichnis des Lehrstuhls für Produktentwicklung	341

1. Einführung

Unternehmen sehen sich im Wettbewerbsumfeld mit sich schnell ändernden Kundenanforderungen und einem rapide wachsenden Produktangebot von Wettbewerbern konfrontiert. So erfordert der Markt eine ständig steigende Produktdiversifizierung (SUZUE & KOHDATE 1990, S. 1, PILLER 2006). Kundenbedürfnisse nehmen eine immer bedeutendere Stellung ein: Um möglichst kundenorientierte Produkte anbieten zu können, ist eine Strategie für die Beherrschung des Kosten- und Nutzenverhältnisses zunehmend wichtiger (RATHNOW 1993, S. 2). Nach KERSTEN 2002 hat das Streben nach einem weltweit individuellen Angebot für Kunden in der Vergangenheit zu einer Erhöhung der Varianten- und damit Teilevielfalt geführt, wodurch sich ebenfalls die Komplexität in allen Unternehmensbereichen erhöht hat (KERSTEN 2002, S. 1).

Auf ein Unternehmen wirken somit eine Vielzahl an strategischen Faktoren aus dem Wettbewerbsumfeld (PILLER 2006, S. 54; Bild 1-1). Eine Hauptherausforderung stellt der wachsende Preisdruck dar. Dieser ergibt sich durch Wettbewerbsprodukte auf ähnlichem Technologie- und Qualitätsniveau oder Wettbewerb aus Niedriglohnländern sowie Preisdruck beim Kunden selbst. Darüber hinaus stellt der internationale Wettbewerb mit einer zunehmenden Anzahl an Konkurrenten und der Internationalisierung der Absatzmärkte eine Herausforderung dar. Komplexität und Dynamik bei unternehmerischen Entscheidungen steigen: Der Bedarf an Innovation und die Nachfrage nach erweiterten Funktionalitäten sowie nach höherwertiger Leistung steigt. Nicht zuletzt spielen die wachsenden und zunehmend individuellen Kundenwünsche eine wichtige Rolle. (PILLER 2006, S. 54)

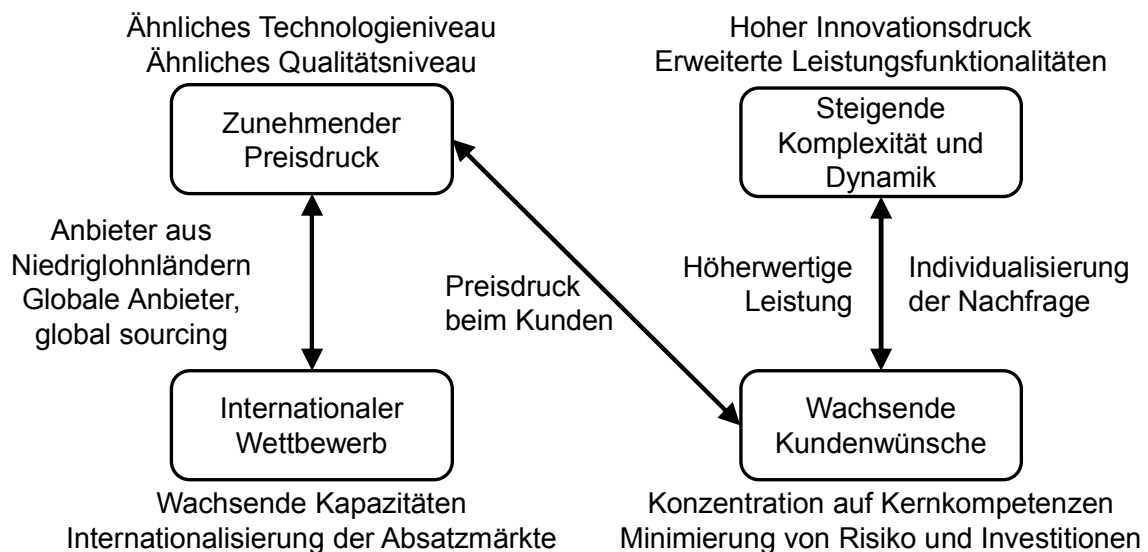


Bild 1-1: Wettbewerbsstrategische Faktoren (PILLER 2006, S. 54)

Es reicht für einen optimalen Umgang mit der der Produkt- und Variantenvielfalt nicht aus Variantenmanagement punktuell in einen Unternehmensbereich einzuführen. So ist es, bspw.

entscheidend, dass die Produktstrategie und das Variantenmanagement im Leistungserstellungsprozesses ineinander greifen (RATHNOW 1993, S. 4). Es gilt die Marktbedürfnisse zu erfüllen und gleichzeitig die Arbeitszeitkosten und den Prozessaufwand zu minimieren (SUZUE & KOHDATE 1990, S. 1). Nur so können die Kosten für die Umsetzung der Produkt- und Variantenvielfalt sowohl in der Entwicklung und Produktion als auch bei der gesamten Auftragsabwicklung in einem geeigneten Verhältnis zum Nutzen der Vielfalt, in Form ausreichender Absatzzahlen, gehalten werden. Variantenmanagement umfasst somit nicht nur die Reduzierung und Beherrschung der Vielfalt, sondern auch deren langfristige Planung und Gestaltung (GROTKAMP 2010, S. 24 ff.).

Ein ganzheitliches Variantenmanagement entsprechend der Produktstrategie ist nach MEYER & LEHNERD 1997 entscheidend: Durch die Fokussierung auf die Entwicklung einzelner Produkte kann eine nachhaltige Standardisierung, z. B. durch Kommunalität oder Modularisierung, nicht gesichert werden (MEYER & LEHNERD 1997, S. 2). Für gleiche Änderungen besteht die Gefahr, dass unterschiedliche Materialien verwendet und Technologien aufwändig für einzelne Produkte entwickelt werden (MEYER & LEHNERD 1997, S. 2).

Nach RATHNOW 1993 ergibt sich aus der Definition der Variantenvielfalt¹ nicht nur welche Erfolge ein Unternehmen am Markt theoretisch erzielen kann, sondern es lässt sich daraus auch die optimale Gestaltung der Unternehmensstruktur ableiten (RATHNOW 1993, S. 2). Eine Änderung der geplanten Vielfalt und deren Ausgestaltung (RATHNOW 1993, S. 2), bzw. der Produktstruktur (SUZUE & KOHDATE 1990, S. 34 ff.) macht eine Änderung an der Unternehmensstruktur erforderlich, um den optimalen Umgang mit der Produkt- und Variantenvielfalt zu garantieren. Allerdings sind diese Änderungen nach RATHNOW 1993 nur mit hohem Aufwand und möglicherweise gegen Widerstände innerhalb des Unternehmens durchzuführen (RATHNOW 1993, S. 2).

Die erhöhte Komplexität aufgrund der Produkt- und Variantenvielfalt zieht nicht nur einen höheren Aufwand der Geschäftsprozesse nach sich, sondern auch eine Erhöhung der Wahrscheinlichkeit von Fehlern oder Störungen (KERSTEN 2000). So besteht die Gefahr, dass die Produktkosten anwachsen, dagegen die Qualität sinkt und die Durchlaufzeiten in Entwicklung und Produktion steigen (KERSTEN 2000).

Die Erhöhung von Entwicklungszeiten als Folge einer erhöhten Komplexität in den Produktentwicklungsprozessen bestätigen u. a. MEYER & LEHNERD 1997, WILDEMANN 2012 und SCHUH 2005. Nach MEYER & LEHNERD 1997 äußert sich dies nicht nur durch eine fehlende Kommunikation übergeordneter Zielstellungen, sondern auch darin, dass zu viele Personen im Produktentwicklungsablauf mitentscheiden, oder sich unterschiedliche Gruppen gegenseitig nicht als glaubwürdig empfinden (MEYER & LEHNERD 1997, S. 232). Darüber hinaus ist den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Produktentwicklungsprozess unklar, oder abteilungsübergreifende Anstrengungen werden nicht koordiniert bzw. der Teamansatz nicht gelebt (MEYER & LEHNERD 1997, S. 232).

¹ Art sowie Anzahl und Ausgestaltung der Varianten (RATHNOW 1993, S. 2).

Um die Herausforderungen durch erhöhte Komplexität im Produktentwicklungsprozess bestmöglich zu meistern und auszuräumen, ist somit eine Ausrichtung der Prozesse und des Umgangs mit Produkt- und Variantenvielfalt zueinander erforderlich (SCHUH et al. 2012a, MCGRATH et al. 1992, S. 34 ff.). So lassen sich erhöhte Entwicklungszeiten und -kosten, Störungen und Fehler im Prozess und eine zu komplexe Prozessstruktur vermeiden, und gleichzeitig die nachhaltige Umsetzung von Variantenmanagementstrategien sicherstellen.

Verschiedene Autoren nennen die Voraussetzungen für eine nachhaltige Umsetzung des Variantenmanagements, wie die geeignete Organisationsgestaltung, Prozessdefinition oder auch die Unternehmenskultur (z. B. MEYER & LEHNERD 1997, EHRENSPIEL et al. 2007, SCHUH et al. 2012a). Zudem werden, wie oben dargestellt, die positiven Auswirkungen des Variantenmanagements auf die Entwicklungsprozesse genannt (z. B. SCHUH 1989, WILDEMAN 2012, EHRENSPIEL et al. 2007, MURMAN et al. 2002), aber Wirkungsketten nur in Bezug auf einzelne Aspekte untersucht. So gibt es u. a. Untersuchungen dazu, ob sich die Produktstruktur in der Struktur der Unternehmensorganisation widerspiegelt (z. B. COLFER & BALDWIN 2010) und dies von Vorteil oder Nachteil ist (MACCORMACK et al. 2012). Die Optimierung der Sequenz der Teilprozesse in der Entwicklung und die Zuteilung von Ressourcen in Abhängigkeit von der Produktarchitektur erfährt große Aufmerksamkeit (z. B. SOSA et al. 2004, BAUER et al. 2013b).

Im Bereich des Geschäftsprozessmanagements werden bei der Analyse und Verbesserung von Prozessen Teilaspekte des Variantenmanagements berücksichtigt (ALLWEYER 2009). Dabei wurden bisher die Zusammenhänge zwischen der Leistung in der Produktentwicklung und dem Variantenmanagement nicht ganzheitlich betrachtet. Welche Effekte das Fehlen eines bestimmten Aspekts im Variantenmanagement hat, ist nicht umfassend abgebildet. Zum Beispiel wird nicht im Detail dargestellt, in welchem Maße sich ein Defizit bei der Strategiedefinition in Form einer Verzögerung im Entwicklungsablauf oder einer geringen Wiederverwendungsrate von Komponenten auswirkt.

Lean Thinking ist seit einigen Jahren zunehmend erfolgreich. Nicht nur in der Produktion wurden durch die Einführung der schlanken Produktion hohe Effektivitäts- und Effizienzsteigerungen durch die Konzentration auf die Wertschöpfung und Vermeidung von Verschwendung erreicht. Nach und nach zieht Lean auch in die indirekten Bereiche ein: Lean Administration und Lean Product Development sind beispielhaft zwei der aktuellen Themenfelder (HASKINS et al. 2011, S. 34).

Obgleich ein sinnvolles Variantenmanagement als wichtige Voraussetzung dafür gilt, dass ein Unternehmen die Transformation hin zum schlanken Unternehmen meistern kann, findet es in der Lean Literatur nur als wichtige Maßnahme oder im Rahmen der Strategiedefinition Erwähnung (z. B. HOPPMANN et al. 2011, SCHIPPER & SWETS 2010). Insbesondere wurde bisher nicht untersucht, welche Aspekte fehlender Effizienz und Effektivität – also welche „(Zeit-)Verschwendungen“ – in der Produktentwicklung durch einen ungeeigneten Umgang mit Produkt- und Variantenvielfalt ausgelöst werden. Verfolgen doch sowohl Variantenmanagement als auch Lean Thinking die Zielstellung, die Komplexität in den Geschäftsprozessen zu minimieren und deren Effizienz zu steigern, stellt ein optimales Zusammenspiel beider Felder ein erhebliches Potenzial für die Sicherung und Steigerung des Unternehmenserfolgs dar.

Für die Produktentwicklung resultiert daraus, dass eine geeignete Abstimmung des Variantenmanagements mit den Entwicklungsprozessen – mit Hilfe des Lean Product Development – die Effektivität und Effizienz der Entwicklung sicherstellen kann. Entwicklungszeiten und -kosten lassen sich durch eine effiziente Zusammenarbeit innerhalb der Prozesse, sowohl bei der abteilungs- oder teaminternen als auch bei der abteilungsübergreifenden Zusammenarbeit, reduzieren. So gilt es in die Produktentwicklungsprozesse Schnittstellen zu vor- und nachgelagerten Prozessen zu integrieren, um unnötige Iterationen in späten Phasen des Produktentwicklungsprozesses zu vermeiden und kreativen Iterationen früher Phasen im Sinne des Informations-Front-Loadings und einer lernenden Organisation zu fördern.

Obwohl z. B. bei der Prozessverbesserung oder in Selbstbewertungstools für die Produktentwicklung in Form von Reifegradmodellen Aspekte des Variantenmanagements, wie Produktarchitektur und Produktstrategie, Berücksichtigung finden (LAI 2012b, BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013), existieren keine Ansätze zur Überprüfung der Produktentwicklung auf Leistungsdefizite resultierend aus dem Variantenmanagement. Solche Tools stellen keinen Zusammenhang zwischen einer bestimmten Ausprägung eines zu bewertenden Kriteriums, z. B. Produktstrategie, und der Leistung in der Produktentwicklung her. Sie dienen als Hilfsmittel zur Einordnung des eigenen Unternehmens z. B. gegenüber der industriellen Praxis. Dabei liegt in der Anwendung solcher Tools der Fokus darauf, eine Art Vergleichsmöglichkeit für Unternehmen zu schaffen, weniger darauf, den Verbesserungsbedarf explizit herauszustellen oder Handlungsalternativen vorzuschlagen (LAI 2012b, MOULTRIE et al. 2006, GERTZ & HARMEIER 2013).

Die folgenden beiden Motivationsbeispiele verdeutlichen die bis hierher vorgestellten Herausforderungen. Sie fassen den Erfahrungsschatz der Autorin zusammen. Die aufgrund von Geheimhaltung, anonymisierten Inhalte sind aus den Erkenntnissen mehrerer Forschungsprojekten mit Industriekooperation aggregiert, an denen die Autorin maßgeblich mitgearbeitet hat.

Motivationsbeispiel aus der Investitionsgüterindustrie

Ein Unternehmen aus der Investitionsgüterindustrie verfügt über ein umfangreiches Produktspektrum, das über die Jahre hinweg kontinuierlich gewachsen ist.

Die Dokumentation der im Unternehmen vorhandenen konstruktiven Lösungen erfolgt zunehmend digital; Dokumente neuer Produkte und derer Komponenten werden in einem zentralen Informationssystem abgelegt. Da die in der Branche des Unternehmens vorherrschenden Technologien zu einem großen Teil einen hohen Reifegrad aufweisen, existiert eine äußerst große Menge an konstruktiven Lösungen. Der Aufwand für die Verwaltung und für die Sichtung der vorhandenen Lösungen in Datenbanken und in papierbasierter Dokumentation ist hoch. Einzelnen Personen ist es kaum möglich den gesamten Schatz an vorhandenen Produkten zu überblicken. Jede Entwicklerin, jeder Entwickler weiß in Abhängigkeit der Dauer der Unternehmenszugehörigkeit um einen begrenzten Umfang der Produkte.

Die Thematik Variantenmanagement ist nur bedingt im Unternehmen verankert. Es besteht das Bestreben Kundenwünsche möglichst mit vorhandenen Produkten zu befriedigen, wofür in gewissem Rahmen Standardprodukte definiert werden. Allerdings ist es in der Kommunikation mit dem Kunden branchenüblich dessen Bedürfnisse zu erfüllen, auch wenn dafür vom zuvor

definierten Standard abzuweichen ist. Die Kunden sind z. B. selbst Unternehmen oder öffentliche Einrichtungen und weltweit verteilt. Neben individuellen Kundenwünschen stellen so auch länderspezifische Gesetzgebung und nationale bzw. internationale Normen und eine jahrzehntelange Gewährleistungspflicht Herausforderungen dar.

Die Anforderungsklä rung erfolgt auftragsspezifisch durch den Vertrieb, dabei werden die Spezifikationen nicht in jedem Fall vollständig zusammengestellt an die Entwicklung geliefert. Dadurch müssen diese Informationen in der Entwicklung beschafft oder erarbeitet werden. In der Folge werden neue Produkte als Insellösungen im Rahmen einzelner Aufträge entwickelt. Ein zukunftsorientiertes Anforderungsmanagement mit dem Ziel, mit einem Produkt die Anforderungen möglichst vieler Kunden zu erfüllen, wird nicht verfolgt. Synergien zwischen den Entwicklungsprojekten ähnlicher Produkte können nur eingeschränkt genutzt werden. Dadurch kämpft das Unternehmen mit langen Entwicklungszeiten und -kosten für in geringen Stückzahlen abgesetzte Produkte.

Durch die fehlende Übersicht über die im Unternehmen vorhandenen Lösungen, kann es zur Entwicklung von ähnlichen Produkten oder Produkten gleicher Funktion kommen. Dies bedeutet nicht nur die Erhöhung der internen Vielfalt, sondern auch unnötige Bindung von Entwicklungsressourcen und unnötige Entwicklungskosten. In anderen Worten wird Variantenmanagement nur isoliert, hinsichtlich der Gestaltung der externen Vielfalt, betrachtet. Die Auswirkungen durch die Abweichungen vom Standard in Form von kundenindividuellen Produkten, welche nur in geringen Stückzahlen abgesetzt werden können und die innere Vielfalt erhöhen, werden nicht berücksichtigt: weder Auswirkungen auf den Aufwand für die Produktpflege oder der Aufwand in der Produktion durch kleine Losgrößen, noch die Auswirkungen auf die Entwicklung. Die Produktstrategie ist hinsichtlich der kontinuierlichen Umsetzung von Standardisierungsvorhaben zu kurzfristig.

Im diesem Beispiel fehlt es dem Unternehmen einerseits am Überblick über die bereits vorhandenen Lösungen, andererseits erfolgt die Produktplanung, im Sinne der Planung von Produktvielfalt, kurzfristig und kundenspezifisch ohne Abschätzen der Auswirkungen auf Leistung und Aufwand in anderen Unternehmensbereichen. Dadurch können aktuelle Standardisierungspläne nicht nachhaltig umgesetzt werden. Die Produktvielfalt sowie die Vielfalt an vorhandenen Bauteilen und -gruppen können nicht umfassend reduziert werden. Strategien und Vorgehensweisen für die Entscheidungsfindung für oder gegen neue Produkte werden nicht ausreichend umgesetzt.

Weiterhin existiert im Unternehmen keine Möglichkeit abzuschätzen, welchen Aufwand die fehlende Verankerung des Variantenmanagements in der Entwicklung nach sich zieht. Vorgehensweisen zur Abschätzung der Entwicklungsleistung sind nur begrenzt vorhanden, so werden z. B. die Gesamtdurchlaufzeit von Projekten und die Kosten des entwickelten Produktes bewertet. Es erfolgt keine Auswertung dieser Daten hinsichtlich möglicher Verbesserungspotenziale im Entwicklungsprozess bzw. bei der Abstimmung von Produktentwicklung und Variantenmanagement.

Durch eine systematische Analyse der Auswirkungen der kurzfristigen und kundenspezifischen Produktplanung auf die Leistung in der Entwicklung, könnte im Unternehmen Bewusstsein dafür geschaffen werden, dass bezüglich der Abstimmung von Variantenmanagement und der

Produktentwicklung Verbesserungsbedarf besteht. Es gilt, den Zusammenhang zwischen Variantenmanagement und der Leistung in der Produktentwicklung aufzuzeigen, um so geeignete Maßnahmen zu ergreifen. Zum Beispiel, können Synergien zwischen Kundenaufträgen genutzt werden, indem Anforderungen aus den Einzelaufträgen zusammengeführt werden. Diese lassen sich für die Entwicklung eines Produktes nutzen, welches in den Systemen aller betroffenen Kunden eingesetzt werden kann. Dadurch reduziert sich der Aufwand in der Entwicklung, wie auch die Gesamtentwicklungszeit im Rahmen der betroffenen Aufträge. Darüber hinaus können diese Produkte in höheren Stückzahlen und Losgrößen produziert werden (siehe Auswirkungen einer hohen Produktvielfalt auf die Produktion in Kapitel 2.3.1).

Motivationsbeispiel aus der Konsumgüterindustrie

Das mittelständische Unternehmen aus der Konsumgüterindustrie verfügt über stark begrenzte personelle Ressourcen in der Entwicklung. Durch eine fehlende Abstimmung der Produktstrategie und der Planung neuer Entwicklungsprojekte mit den Entwicklungsressourcen kämpft das Unternehmen mit massiven Kapazitätsengpässen in der Entwicklung.

Entscheidungen aus dem Vertriebsumfeld für oder gegen den Start eines zusätzlichen Entwicklungsprojektes werden unabhängig von der Ressourcenverfügbarkeit in der Entwicklung getroffen. Die langfristige Produktplanung wird häufig aufgrund kurzfristiger Änderungen am Markt oder beim Wettbewerb angepasst. Dies hat zur Folge, dass neue Entwicklungsprojekte gestartet werden, ohne Verfügbarkeit ausreichender personeller Kapazitäten oder der Möglichkeit Ressourcen kurzfristig zu erhöhen, z. B. durch das Einbinden von Ingenieursdienstleistern.

Dadurch ist es kaum möglich Synergien zwischen einzelnen Projekten in der Projektplanung zu berücksichtigen bzw. definierte Synchronisationspunkte zwischen einzelnen Vorhaben einzuhalten. Zum Beispiel lässt sich die Verfügbarkeit von Experten zum erforderlichen Zeitpunkt nicht projektübergreifend sicherstellen. Darüber hinaus können wichtige im Entwicklungsprozess vorgesehene Iterationen, in Form von Prototypentests und daraufhin erforderliche Anpassung des Produktes, nicht durchgeführt werden, da durch die hohe Anzahl an parallelen Entwicklungsvorhaben keine Zeit bleibt. Dies wirkt sich direkt negativ auf die Qualität der Produkte zum Zeitpunkt des Markteintrittes aus. Es kommt zu einer höheren Anzahl an Reklamationen aus dem Feld, was insgesamt für das Unternehmen zu einem Ansehenschaden führen kann.

Zusammenfassend werden keine langfristigen Strategien des Variantenmanagements verfolgt. Die Planung der erforderlichen externen Produktvielfalt (Kapitel 2.3.2) erfolgt kurzfristig. Dadurch entstehen in der Entwicklung Ressourcenengpässe, die sich nur durch eine ungünstige Verkürzung des Entwicklungsprozesses kompensieren lassen. Es kommt hinzu, dass für die einzelnen Entwicklungsprojekte nicht nachgehalten wird, welche Ressourcen tatsächlich in ihnen gebunden sind. Das heißt, selbst wenn die Ressourcenverfügbarkeit als Kriterium in die Entscheidungsfindung für oder gegen eine Entwicklung einbezogen würde, stünden die erforderlichen Daten zur Kapazitätsauslastung nicht zur Verfügung.

In diesem Unternehmen hat die Entwicklungsleitung keine Möglichkeit, die Auswirkungen des fehlenden Variantenmanagements auf den eigenen Bereich explizit zu machen. Der Verbesserungsbedarf wird zwar wahrgenommen, kann aber nicht visualisiert werden. Dem Unternehmen fehlt Unterstützung dafür die Auswirkungen von Vertriebsentscheidungen auf die Entwicklung

und somit den unmittelbaren Handlungsbedarf, z. B. die Erhöhung der Anzahl an Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in der Entwicklung, aufzuzeigen.

1.1 Problemstellung und Forschungsfragen

Aus der eingangs beschriebenen Situation und den Motivationsbeispielen leitet sich die Problemstellung dieser Arbeit ab.

Obwohl in der Literatur unterschiedlicher Forschungsfelder, wie Produktentwicklung, Lean Product Development Geschäftsprozess- oder Variantenmanagement, die Notwendigkeit betont wird, einerseits Geschäftsprozesse bzw. die Produktentwicklung (Kapitel 2.1) und das Variantenmanagement (Planen, Gestalten und Beherrschen von Vielfalt, siehe Kapitel 2.3) auf einander abzustimmen, zeigt sich in der Praxis diesbezüglich ein Defizit.

Literatur aus dem Bereich des Variantenmanagement, z. B. zum Plattformmanagement (MEYER & LEHNERD 1997) beschreibt zwar umfassend dessen Verankerung im Unternehmen, es wird aber nicht aufgezeigt, wie sich, z. B. eine unvollständige Umsetzung auf andere Unternehmensbereiche, wie die Produktentwicklung, auswirkt. Dies gilt analog für Literatur aus dem Geschäftsprozess- bzw. Entwicklungsmanagement und der Produktentwicklung. Forschung im Bereich des Lean Product Development nennt Variantenmanagement als wichtiges Element, eine detaillierte Untersuchung, welche Verschwendungsarten (Kapitel 2.2) durch unzureichendes Variantenmanagement entstehen können, existiert bislang nicht.

Der Zusammenhang zwischen dem Variantenmanagement und der Produktentwicklung wird am Rande betrachtet. So nennen verschiedene Autoren fehlendes Variantenmanagement als Ursache für hohe Entwicklungskosten und -zeiten (z. B. SCHUH 1989). Ein umfassender Überblick über den Zusammenhang zwischen dem Variantenmanagement und der Leistung in der Produktentwicklung wurde bisher nicht erarbeitet. Es existiert kein Rahmenwerk, welches die Auswirkungen von Entscheidungen im Variantenmanagement, z. B. bezüglich der Gestaltung der Produktvielfalt, auf die Leistung der Produktentwicklung oder auf einzelne Tätigkeiten im Entwicklungsablauf, wie z. B. einzelne Arbeitspakete eines Entwicklungsprojektes, hat. Es stehen somit keine Leitlinien für die Analyse der Abstimmung von Variantenmanagement und der Produktentwicklung in der industriellen Praxis zur Verfügung. Jedoch könnten Unternehmen wertvolle Erkenntnisse daraus ziehen und ein Bewusstsein für die Leistungsauswirkungen von Entscheidungen bezüglich der Produktvielfalt auf die Produktentwicklung schaffen.

Existierende Methoden und Werkzeuge mit dem Ziel, Unternehmen zu befähigen eigenständig ihre Leistungsfähigkeit in der Produktentwicklung zu analysieren, fokussieren auf bestimmte Fragestellungen (z. B. LAI 2012b, MOULTRIE et al. 2006). Aspekte des Variantenmanagements werden, z. B. in Self-Assessment-Tools, mitbetrachtet. Allerdings verfolgen diese Werkzeuge die Zielstellung Unternehmen eine Benchmark-Möglichkeit zu liefern. Sie können sich, z. B. in Reifegradmodellen einordnen, um sich über den Reifegrad des Umgangs mit der Produktarchitektur klar zu werden (z. B. LAI 2012b, MOULTRIE et al. 2006). Unternehmen erhalten also eine Momentaufnahme der aktuellen Situation in der Produktentwicklung. Dabei wird weder explizit Verbesserungsbedarf aufgezeigt, noch die Priorisierung von Verbesserungsbedarf oder die Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen unterstützt.

Diese Arbeit ist darauf ausgerichtet einen ersten Schritt zur Milderung der beschriebenen Defizite beizutragen. Es gilt sowohl die beschriebene Forschungslücke bezüglich des fehlenden Rahmenwerks zur Abbildung der Auswirkungen von Entscheidungen im Variantenmanagement auf die Leistung in der Produktentwicklung als auch die Defizite bei der methodischen Unterstützung zur Identifizierung und Priorisierung von Potenzialen und Maßnahmenauswahl zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit in der Produktentwicklung zu betrachten.

Dieser Arbeit liegt die Hypothese zu Grunde, dass innerhalb der Produktentwicklung eine höhere Leistung erzielt werden kann, wenn das Variantenmanagement und die Entwicklung aufeinander ausgerichtet werden. Daraus ergeben sich die folgenden sieben Forschungsfragen:

1. Mit welchen Kriterien lässt sich der Zusammenhang zwischen der Produktentwicklung und dem Variantenmanagement in einem Unternehmen beschreiben?
2. Mit welchen Kriterien lässt sich der Zusammenhang zwischen der Leistung in der Produktentwicklung und dem Variantenmanagement in einem Unternehmen beschreiben?
3. Anhand welcher Kriterien kann durch Variantenmanagement induzierter Verbesserungsbedarf in der Produktentwicklung identifiziert und priorisiert werden?
4. Anhand welcher Kriterien kann durch das Management der Produktentwicklung induzierter Verbesserungsbedarf im Variantenmanagement identifiziert werden?
5. Wie können die Produktentwicklung und das Variantenmanagement aufeinander abgestimmt werden?

Die Beantwortung der Fragen eins bis fünf zielt darauf ab, ein ganzheitliches Bild des Einflusses von Variantenmanagement auf die Leistung in der Produktentwicklung zu erzeugen. Das so geschaffene Verständnis der Zusammenhänge dient als Grundlage zur Beantwortung der Forschungsfragen sechs und sieben.

6. Wie können Unternehmen befähigt werden, den Verbesserungsbedarf in der Produktentwicklung bzw. im Variantenmanagement eigenständig zu identifizieren sowie langfristig nachzuerfolgen und zu analysieren?
7. Wie können Unternehmen bei der Wahl von Verbesserungsmaßnahmen unterstützt werden?

1.2 Zielsetzung und Anforderungen an zu erzielende Ergebnisse

Wie in den ersten Abschnitten vorgestellt, überschneiden sich Bestrebungen in den Feldern Produktentwicklung, Lean Product Development und Variantenmanagement, z. B. bezüglich der optimalen Gestaltung von Prozessen und der Organisation, sowie der Definition einer geeigneten strategischen Ausrichtung. Schließlich ist ihnen das Streben nach einer hohen Effektivität und Effizienz gemein. An diesen überlappenden Zielstellungen greift diese Arbeit an (Bild 1-1). Abgeleitet aus der Problemstellung und den Forschungsfragen, ergeben sich für diese Arbeit die, in diesem Abschnitt vorgestellten, Ziele und Anforderungen an die zu erzielenden Ergebnisse.



Bild 1-2: Gemeinsame Zielsetzungen der betrachteten Forschungsfelder

Ziele dieser Arbeit

Aus der Problemstellung wird zum einen der Bedarf abgeleitet, den Zusammenhang zwischen der Leistung in der Produktentwicklung und dem Variantenmanagement in einem ganzheitlichen Rahmenwerk zu modellieren. Zum anderen ergibt sich der Bedarf einer Methode zur Unterstützung bei der Identifizierung von Verbesserungsbedarf und Handlungsalternativen in der industriellen Praxis. Im Folgenden werden die Ziele dieser beiden Bereiche erläutert.

Ziele – Zusammenhang zwischen Leistung in der Produktentwicklung und dem Variantenmanagement

Es gilt ein ganzheitliches Verständnis des Zusammenhangs zwischen Variantenmanagement, also dem Planen, Gestalten, Reduzieren und Beherrschen von Produkt- und Variantenvielfalt, und der Leistung in der Produktentwicklung zu schaffen. Dabei ist unter anderem der Einfluss z. B. von Produkt- und Variantenstrategie oder Gestaltung der Produktarchitektur auf die Entwicklungsprozesse zu erfassen.

Es soll empirisch ermittelt werden, welche Ursachen unzureichender Leistung in der Produktentwicklung, z. B. lange Entwicklungszeiten, auf das Variantenmanagement zurückzuführen sind. Hierfür ist aus der Sicht des Lean Product Development empirisch zu untersuchen, in welchen Fällen die Ursachen einer Beeinträchtigung der Wertschöpfung im Variantenmanagement liegen.

Die erzielten Ergebnisse sollen in einem Rahmenwerk dokumentiert werden. Dieses Rahmenwerk soll eine Analyse möglich machen, um zu ermitteln, welchen Einfluss das Variantenmanagement auf die Leistung in der Produktentwicklung hat, also welche Ursachen für fehlende Leistung im Variantenmanagement zu suchen sind.

Es gilt weiterhin abzubilden, wann der Verbesserungsbedarf im Bereich des Variantenmanagements liegt, um dieses und die Produktentwicklung aufeinander abzustimmen.

Ziele – Lösungsansatz zur Unterstützung in der industriellen Praxis

Unternehmen sollen, mit Hilfe des gewonnenen Verständnisses über den Einfluss von Variantenmanagement auf Leistung in der Produktentwicklung, befähigt werden, Verbesserungsbedarf zur Leistungssteigerung in der Produktentwicklung eigenständig zu ermitteln. Sie sollen dabei unterstützt werden, ein ganzheitliches Bild über Auswirkungen von Entscheidungen und Handlungen im Variantenmanagement zu gewinnen.

Dafür ist ein methodisches Vorgehen zu entwickeln, das die Suche nach den Ursachen von Symptomen für eine zu geringe Leistung, wie Verzögerungen im Entwicklungsablauf, unterstützt, und Hilfestellung bei der Auswahl von Maßnahmen zur Eliminierung der Ursachen leistet. Es gilt somit einen Ansatz zu entwickeln der Symptome mit deren Ursachen verbindet, um die Auswahl geeigneter Maßnahmen zur Eliminierung der Ursachen zu unterstützen (SUM-Ansatz).

Bei der Anwendung des SUM-Ansatzes sollen zudem Hinweise darüber geliefert werden, in welchen Fällen die Ursachen von Leistungsdefiziten zu negativen Effekten im Variantenmanagement führen können, z. B. in Form von unerwünschter Varianz oder einer Beeinträchtigung bei der Planung der erforderlichen externen Vielfalt.

Schließlich gilt es den SUM-Ansatz in einem softwarebasierten Demonstrator umzusetzen, um so eine Evaluierung des Ansatzes und des zugrundeliegenden Rahmenwerkes zu erlauben.

Anforderungen an die zu erzielenden Ergebnisse

Für die Erreichung der oben erläuterten Ziele werden Anforderungen an die Ergebnisse dieser Arbeit gestellt. Für die Modellierung des Rahmenwerkes der Zusammenhänge zwischen der Leistung in der Produktentwicklung und dem Variantenmanagement ergeben sich Folgende:

- Explizite Darstellung der Zusammenhänge zwischen den Kriterien zur Beschreibung des Einflusses von Variantenmanagement auf die Leistung in der Produktentwicklung
- Beschreibung der Leistungsdefizite in der Produktentwicklung und deren Ursachen im Variantenmanagement
- Beschreibung der Auswirkungen von Leistungsdefiziten in der Produktentwicklung auf das Variantenmanagement, wie z. B. das Entstehen unerwünschter Varianz
- Berücksichtigung aller Handlungsbereiche des Variantenmanagement – Planen, Gestalten, Reduzieren, Beherrschen von Vielfalt – und dessen Erfolgsfaktoren
- Abbildung eines ganzheitlichen Verständnis in einem umfassenden Rahmenwerk

Die Anforderungen an den SUM-Ansatz – zur eigenständigen Ermittlung von Verbesserungsbedarf unter Berücksichtigung der Zusammenhänge zwischen Variantenmanagement und der Leistung von Entwicklungsprozessen – ergeben sich wie folgt:

- Sicherstellen der Anwendbarkeit und des Mehrwerts der Analyseergebnisse für folgende Anwendungsfälle
 - Einzel- und Gruppenanwendung
 - Einmalige und kontinuierliche Anwendung,
 - Langfristiges Monitoren der Leistung in der Produktentwicklung
 - Analyse innerhalb von Verbesserungsinitiativen
 - Schaffen einer Entscheidungsgrundlage für bzw. gegen Verbesserungsinitiative
- Befähigen von Unternehmen den SUM-Ansatz eigenständig anzuwenden
- Sicherstellen der Anpassbarkeit auf den spezifischen Unternehmenskontext
- Liefern von Denkanstößen für die eigenständige Analyse und für das Identifizieren von Verbesserungsbedarf
- Unterstützen der Priorisierung von Verbesserungsbedarf und Handlungsalternativen
- Liefern von Handlungsalternativen in Form von Maßnahmenvorschlägen

1.3 Erfahrungsgrundlage und Forschungsmethodik

Ziel dieses Abschnitts ist es, zunächst die Erfahrungsgrundlage der Autorin vorzustellen, auf der die vorliegende Arbeit basiert. Die Forschungsergebnisse wurden auf Basis der in Kapitel 3.3 erläuterten Methodik erarbeitet.

1.3.1 Erfahrungsgrundlage

Die Autorin hat als Bearbeiterin mehrerer Projekte in den Bereichen Variantenmanagement und Lean Product Development (LPD) geforscht. In Anhang 7.3.1 ist eine Kurzdarstellung aller Projekte enthalten.

Die Datengrundlage für die Erarbeitung der in Kapitel 3 präsentierten Forschungsergebnisse stellt ein Projekt zur Einführung von LPD in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) dar. Die folgenden Abschnitte enthalten u. a. Informationen zu den Projektzielen und -ergebnissen. Kapitel 1.3.2 zeigt auf wie die Projektergebnisse in die Forschung der Autorin eingeflossen sind.

Im Bereich Lean Product Development führte die Autorin eine Forschungsk Kooperation mit dem Engineering Design Centre der University of Cambridge durch. Im Themenfeld „Wert und Verschwendung von Information“ entstanden die in Anhang 7.3.2 aufgeführten wissenschaftlichen Veröffentlichungen. Zudem umfasst Anhang 7.3.3 eine Liste der Studienarbeiten, die die Autorin im Kontext dieser Arbeit als Erst- oder Zweitbetreuerin begleitet hat.

Einführung von Lean Product Development in kleinen & mittleren Unternehmen

Das Projekt zur „Entwicklung einer Methodik zur Pilotierung und erfolgreichen Einführung von Lean Development in KMU“ (im Folgenden als Forschungsprojekt bezeichnet) wurde

durch das Kompetenzzentrum Mittelstand e. V. (KME, <http://www.kme-mittelstand.de/>) beauftragt. Im Folgenden werden Ziele, Vorgehen und Hauptergebnisse im Rahmen des Forschungsprojektes nach dem Forschungsbericht (LINDEMANN 2012a) zusammengefasst vorgestellt.

Die Ziel des Forschungsprojektes war es, eine Aussage darüber zu treffen, in welchem Maße die in Asien und den USA entstandene Philosophie LPD in mittelständischen Unternehmen in Deutschland eingesetzt werden kann. Vorherige Untersuchungen fokussierten v. a. Großunternehmen. Es galt, bestehende Methoden und Werkzeuge des LPD anzupassen und weiterzuentwickeln, u. a. für die Verschwendungsanalyse und Maßnahmenauswahl. Weitere Ziele waren die Entwicklung eines Ansatzes zur Messung des Maßnahmenerfolges sowie eines Modells zur Unterstützung der Einführung von LPD.

Das Forschungsprojekt wurde vom Lehrstuhl für Produktentwicklung der Technischen Universität München in Kooperation mit sechs Kooperationspartnern (siehe Tabelle 1-1) in der Industrie bearbeitet. Die Autorin hat als Mitglied des Projektteams am Lehrstuhl für Produktentwicklung (im Folgenden als Projektteam bezeichnet) maßgeblich an der Erzielung der Forschungsprojektergebnisse mitgewirkt.

Tabelle 1-1: Kurzkategorisierung der sechs untersuchten Unternehmen

Unternehmen	A	B	C	D	E	F
Branche	Konsumgüter	Investitionsgüter	Investitionsgüter	Investitionsgüter	Investitionsgüter	Investitionsgüter
Produktart	Elektronisch	Mechanisch	Mechatronisch	Elektronisch	Mechatronisch	Mechatronisch
Gesamtanzahl Mitarbeiter/-innen (MA)	700	1200	1300	1300	700	280
Anzahl MA im untersuchten Bereich	-	250	150	-	-	-
MA in der Entwicklung	70	15	75	75	70	- ²

Ein weiterer Forschungspartner war die Agensis Unternehmensberatung, die über langjährige Projekterfahrung, v. a. mit Großunternehmen im Bereich LPD, verfügt. Auf dieser Grundlage wurden die Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt im Vergleich mit Erkenntnissen der Agensis aus Großunternehmen diskutiert.

Als Grundlage für das Forschungsvorgehen wurde der Ansatz der Aktionsforschung („Action Research“, LEWIN 1946) gewählt, der die Theoriebildung mit der durch das Handeln der Forscher in einem sozialen System bewirkten Veränderungen verbindet (SUSMAN & EVERED 1978, LEWIN 1946). Ein Unternehmen stellt ein solches soziales System dar (SUSMAN & EVERED 1978). Der Ansatz ermöglicht es einerseits das System zu verändern, andererseits neues Wissen

² Nicht bekannt.

darüber zu gewinnen (LEWIN 1946). Dieser Ansatz umfasst die iterative Abfolge der fünf Phasen Diagnose, Planen von Handlungen, Durchführen von Handlungen, Evaluieren der erzielten Effekte und Lernen aus den beobachteten Veränderungen (SUSMAN & EVERED 1978).

Das Forschungsvorgehen gliederte sich weiterhin in zwei Abschnitte. Im ersten Abschnitt wurden in drei der kooperierenden Unternehmen Pilotprojekte zur Einführung von LPD definiert und vom Projektteam begleitet. Die Pilotprojekte umfassten je vier Phasen: Verschwendungsanalyse, Maßnahmenauswahl für die Eliminierung von Verschwendung, Maßnahmenumsetzung und Verankerung von LPD im Unternehmen. Das Projektteam agierte in den Pilotprojekten als treibende Kraft, nicht nur durch organisatorische Tätigkeiten, wie Projektmanagement, sondern auch durch inhaltliche Unterstützung, z. B. bei der Maßnahmenauswahl. Es wurde darauf geachtet, dass die Unternehmen in allen Phasen die anfallenden Tätigkeiten zum größtmöglichen Umfang selbst ausführten und der Einsatz des Projektteams nicht über eine Unterstützungsfunktion hinausging. Im Sinne der Aktionsforschung nahm das Projektteam in den Phasen der Diagnose bzw. Analyse der Ausgangssituation sowie der Auswertung der erzielten Effekte teil. Die Planung und Umsetzung von Maßnahmen wurde durch das Projektteam primär beobachtet, um abschließend aus den ersichtlichen Veränderungen Schlussfolgerungen zu ziehen. Gemeinsam mit den Unternehmen nahm das Projektteam eine lernende Rolle ein. (vgl. HELTEN 2013)

Innerhalb der vier Phasen entwickelte das Projektteam unterstützende Werkzeuge und Methoden, z. B. für die Verschwendungsanalyse. Dabei wurde, u. a., auf bestehenden Methoden aufgebaut. Im zweiten Abschnitt des Forschungsprojektes, der Evaluierung, wurden diese Werkzeuge bei drei weiteren Kooperationspartnern eingesetzt sowie auf deren Anwendbarkeit und die erzielbare Ergebnisqualität hin überprüft.

Ergebnis des Forschungsprojektes (vgl. LINDEMANN 2012b) war zum Einen ein Modell zur Einführung von Lean Product Development. Dieses umfasst die folgenden Abschnitte, die ggf. iterativ durchlaufen werden: Der erste Abschnitt ist die Analyse mit Schwerpunkt Wertdefinition und Verschwendungsanalyse. Darauf folgen die Synthese mit der Maßnahmenauswahl sowie die Umsetzung der Maßnahmen und die Verankerung von LPD im Unternehmen. Ergänzt wird das Modell durch ein Pilotierungsschema mit neun relevanten Dimensionen zur Ersteinführung von LPD (z. B. Personen, Zeitpunkt und Dauer, Verschwendungstypen). Zum Anderen wurde ein Vorgehen zur Verschwendungsanalyse und Maßnahmenauswahl entwickelt, das anhand von Leitfragen und Formblättern gelenkt wird. Schließlich wurde für die Messung des Maßnahmenerfolges eine Lean Monitoring Card entwickelt. Sie umfasst vier Perspektiven:

- Nutzerperspektive – von Nutzer/-in wahrgenommene Verbesserung
- Unternehmerische Perspektive – Abbildung von betriebswirtschaftlichen Effekten
- Umsetzungsperspektive – Grad der Maßnahmenumsetzung
- Lernperspektive – Umfang der Lerneffekte im Unternehmen

1.3.2 Forschungsmethodik

Die „Design Research Methodology“ (DRM) nach Blessing & Chakrabarti stellt ein Rahmenwerk für die Forschung mit Fokus auf den Bereich der Ingenieurwissenschaften dar, ist aber nicht nur innerhalb dessen anwendbar (BLESSING & CHAKRABARTI 2009, S. 2).

Zentrale Ziele der DRM sind die Entwicklung von „Verständnis“ und „Unterstützung“ innerhalb eines Forschungsvorhabens. Konkret gilt es Phänomene in der Produktentwicklung (inkl. Personen, Produkt, Organisation, Wissen, Methoden etc.) mit Hilfe von Modellen abzubilden und mit Theorien zu beschreiben. Des Weiteren ist eine Unterstützungsform zu entwickeln, mit dem Ziel die Produktentwicklungspraxis zu verbessern. Beides, sowohl das gewonnene Verständnis in Form von Modellen und Theorien als auch die entwickelte Unterstützung, gilt es zu validieren. (BLESSING & CHAKRABARTI 2009, S. 5)

Die DRM bietet Hilfestellung bei der Planung des Forschungsvorgehens sowie bei der geeigneten Auswahl von Datenerhebungsmethoden: Die Autoren stellen dafür ein Prozessmodell mit vier Phasen vor. Bild 1-3 zeigt das Rahmenwerk der DRM (BLESSING & CHAKRABARTI 2009, S. 15).

Die vier Phasen der DRM sind, zusammengefasst nach Blessing & Charkrabarti, wie folgt charakterisiert (BLESSING & CHAKRABARTI 2009, S. 15 ff.):

In der **Research Clarification** (RC) gilt es auf Basis einer Literaturrecherche eine Forschungslücke abzugrenzen und das Forschungsziel zu definieren. Dabei sind Kriterien zu entwickeln, die den angestrebten Zustand bzw. die zu entwickelten Ergebnisse beschreiben. Anhand dieser Kriterien können das tatsächlich geschaffene Verständnis und der generierte Unterstützungsansatz zu einem späteren Zeitpunkt evaluiert werden.

Ziel der **Descriptive Study I** (DSI) ist es, die Ausgangssituation im Detail deskriptiv zu untersuchen und so ein Modell bzw. eine Theorie zur Beschreibung der untersuchten Elemente und Zusammenhänge (siehe Abschnitt „Modellierung“) zu erarbeiten. Es wird ein umfassendes Verständnis der betrachteten Phänomene erlangt. Diese Phase kann sowohl rein literaturbasiert als auch durch eine umfassende Kombination von literaturbasierten und empirischen Untersuchungen durchgeführt werden.

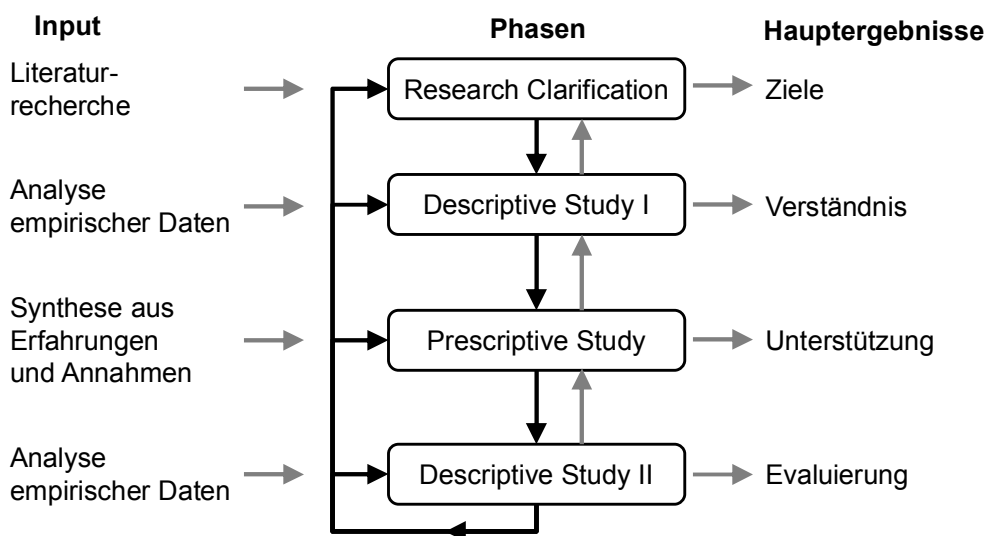


Bild 1-3: Forschungsmethodik – Rahmenwerk DRM (BLESSING & CHAKRABARTI 2009)

Die dritte Phase in Form der **Prescriptive Study** (PS) nutzt das in der DSI erlangte Verständnis. Auf dieser Basis wird ein Unterstützungsansatz entwickelt, der die Ausgangssituation verbessert

bzw. die in der RC definierten Kriterien für den angestrebten Zustand erfüllt. Ebenfalls die PS kann rein literaturbasiert oder durch eine umfassende Kombination von literaturbasierten und empirischen Untersuchungen durchgeführt werden.

Schließlich dient die **Descriptive Study II (DSII)** der Evaluierung der erzielten Forschungsergebnisse. Es gilt zu klären, ob der angestrebte Zustand tatsächlich erreicht werden kann. Zudem kann eine DSII wertvolle Informationen für die (Weiter-) Entwicklung des Unterstützungsansatzes liefern. Die vier Phasen müssen somit nicht sequenziell durchlaufen werden. Iterationen können zum einen sinnvoll und zum anderen wie im Fall der Weiterentwicklung des Unterstützungsansatzes erforderlich sein.

Abhängig davon, welche der Phasen auf eine bestimmte Weise ausgeführt werden, unterscheiden Blessing & Chakrabarti sieben Forschungsprojektarten (BLESSING & CHAKRABARTI 2009, S. 18 f.). Dabei sollte immer die erste Phase RC literaturbasiert ausgeführt werden, um Forschungsgegenstand und -ziele zu definieren. In jedem Fall sollten im Anschluss an eine umfassende DSI, zumindest in einer initialen PS, Möglichkeiten vorgeschlagen werden, wie die aktuelle Situation verbessert werden kann. Weiterhin gilt es, einen in der PS entwickelten Unterstützungsansatz zumindest in einer initialen DSII zu evaluieren, d. h. im Umfang begrenzt, z. B. anhand einer Case Study. Auf eine DSII, in der ein Unterstützungsansatz umfassend evaluiert wurde, sollte zumindest in Form einer initialen PS Verbesserungsbedarf für den Ansatz aufgezeigt werden. (BLESSING & CHAKRABARTI 2009, S. 5)

Bild 1-4 zeigt das Forschungsvorgehen in dieser Arbeit mit den Zielen und eine Zusammenfassung der gewählten Methoden jeder Phase. Im Rahmen der literaturbasierten **RC** wurde der Forschungsbedarf ermittelt sowie Forschungsziele und -fragen definiert. Kapitel 2 und Anhang 7.4 enthalten die Ergebnisse der umfassenden Literaturrecherche. Kapitel 2.4 stellt die Anforderungen an die zu erzielenden Ergebnisse gesammelt dar. Die Anforderungen bilden die Grundlage für die Ergebnisevaluierung in Kapitel 4 bzw. der Phase DSII.

Im nächsten Schritt, **DSI**, erhob die Autorin empirische Daten im Rahmen eines Forschungsprojektes zur „Einführung von Lean Product Development in KMU“ (Kapitel 1.3.1). Dieses Projekt stellt die Grundlage für die weiteren Phasen dar. Für die Datenerhebung kamen Methoden, wie u. a. Interviews, Fragebögen oder Workshops, zum Einsatz. Mit dem Ziel ein generisches Modell für die Zusammenhänge zwischen Variantenmanagement und der Leistung in der Produktentwicklung zu erhalten, wurde ein iteratives Vorgehen auf Basis des „Grounded Theory“-Ansatzes für die Theoriebildung gewählt (siehe Abschnitt „Datenerhebung und Theoriebildung“). Abschließend wurde das so, über die Zusammenhänge, erlangte Verständnis mit Methoden aus dem strukturellen Komplexitätsmanagement (siehe Abschnitt „Modellbildung“) als Rahmenwerk abgebildet.

In der präskriptiven Phase (**PS**) entwickelte die Autorin einen Ansatz zur Unterstützung der Identifikation von Symptomen unzureichender Leistung in der Produktentwicklung und deren Ursachen als Grundlage zur Auswahl von Gegenmaßnahmen (SUM-Ansatz). Dieser Ansatz wurde zur Erleichterung der Evaluierung in einem softwarebasierten Demonstrator umgesetzt.

Der letzte Schritt umfasste eine initiale **DSII**. Diese deskriptive Phase hatte zum Ziel das erarbeitete Rahmenwerk und den entwickelten Unterstützungsansatz zu evaluieren. Zum einen

wurden dafür die Ergebnisse aus der Literaturrecherche der RC genutzt: Das Rahmenwerk (dargestellt in Kapitel 3.1) wurde anhand der Anforderungen und Erfolgsfaktoren (Kapitel 2.4) sowie dem SUM-Ansatz in Gegenüberstellung mit vorhandenen Selbstbewertungsansätzen aus dem Stand der Forschung diskutiert.

Phase DRM	Was?	Wie?	Wo?
Research Clarification (RC)	Ermitteln Forschungsbedarf	Literaturrecherche	Kap. 2 Kap. 3
Descriptive Study I (DSI) (Forschungsfragen 1-5)	Schaffen eines umfassenden Verständnisses des Zusammenhangs von VM und der Leistung von PEP	Empirische Daten Forschungsprojekt: Interviews, Fragebogen, Workshops Theoriebildung: „Grounded theory“ Modellierung strukturelles Komplexitätsmanagement	Kap. 4.1
Prescriptive Study (PS) (Forschungsfragen 1-5)	Entwickeln eines Ansatzes zur Identifikation von <u>S</u> ymptomen fehlender Leistung und deren <u>U</u> rsachen als Grundlage zur Auswahl von <u>G</u> egenmaßnahmen (SUM-Ansatz)	Nutzung des Einflussmodells als Datengrundlage für den Ansatz, Umsetzung des Ansatzes in einem Demonstrator	Kap. 4.2
Descriptive Study II (DSII)	Evaluierung des Einflussmodells und SUM-Ansatzes	Beispielhafte Anwendung des SUM-Ansatzes mit dem Demonstrator, Interviews zur Diskussion des Vorgehens und der gewonnenen unternehmensspezifischen Analyseergebnisse	Kap. 5

Bild 1-4: Forschungsvorgehen in Anlehnung an DRM (BLESSING & CHAKRABARTI 2009)

Des Weiteren wendeten insgesamt zehn Unternehmen den Demonstrator des SUM-Ansatzes an. In semistrukturierten Interviews vor der Anwendung wurden die Anwenderinnen und Anwender nach ihren Anforderungen und Erwartungen an einen solchen Ansatz gefragt. Dies lieferte, neben den aus der Literatur abgeleiteten Anforderungen, die Grundlage für die Bewertungskriterien der Evaluierung. Im Anschluss an die Anwendung hatten die Anwenderinnen und Anwender in einem semistrukturierten Interview die Möglichkeit ihre Erfahrungen bei der Anwendung und Verbesserungsvorschläge zu äußern. Insbesondere wurde die Einschätzung der Ergebnisqualität bezüglich der Sinnhaftigkeit des dem SUM-Ansatz zugrunde liegenden Rahmenwerkes erhoben. Abschließend wurde der in den Evaluierungsschritten erhobene Anpassungsbedarf zusammengefasst. Bezüglich des SUM-Ansatzes und des Rahmenwerkes der Zusammenhänge wurde der Anpassungsbedarf umgesetzt. Anpassungsbedarf zur Steigerung der Nutzerfreundlichkeit des Demonstrators stellt mögliche Ansätze zur Kommerzialisierung des Demonstrators dar und somit eine Weiterentwicklungsmöglichkeit im Anschluss an das Forschungsvorhaben.

Datenerhebung und Theoriebildung in der Phase DSI

Zur Beantwortung der Forschungsfragen nutze die Autorin die Zusammenarbeit mit den sechs Unternehmen als Fallstudien. Da die Forschungsziele auf das Schaffen eines ganzheitlichen Verständnisses über den Zusammenhang zwischen der Leistung in der Entwicklung und dem Variantenmanagement und dessen Abbildung in einem Rahmenwerk zielen, galt es einen geeigneten Ansatz zur Theoriebildung auszuwählen.

Nach Bensabat et al. eignet sich die Kombination mehrerer Fallstudien für die Datenerhebung, falls die Untersuchung einen explorativen Charakter hat und ein Betrachtungsgegenstand im Detail bzw. anhand einer Theorie beschrieben werden soll (BENBASAT et al. 1987). Durch diese Kombination wird eine fallübergreifende Analyse ermöglicht, die generellere Ergebnisse liefert als einzelne Fallstudien (BENBASAT et al. 1987). Dies ist darin begründet, weil durch die unterschiedlichen Fälle eine höhere Vielfalt an Daten in die Theoriebildung mit einbezogen wird (EISENHARDT & GRAEBNER 2007). Sorgfältige Theoriebildung anhand von Fallstudien ermöglicht objektive Ergebnisse durch engen Bezug zu den erhobenen Daten (EISENHARDT & GRAEBNER 2007).

Nach Eisenhardt & Graebner ist es bei der Zielstellung Theoriebildung nicht relevant, dass die Fallstudien repräsentativ sind (EISENHARDT & GRAEBNER 2007). Es ist vielmehr angemessen, solche Fälle zu untersuchen, die geeignet sind, die Zusammenhänge zwischen den erarbeiteten Konstrukten der Theorie zu ermitteln (EISENHARDT & GRAEBNER 2007).

Bei der Nutzung von Daten, die aus Interviews erhoben werden, ist es entscheidend, dass eine möglichst hohe Anzahl an Experten unterschiedlicher Hierarchiestufen eines Unternehmens befragt wird. So kann sichergestellt werden, dass unterschiedlichste Perspektiven auf den untersuchten Sachverhalt aufgenommen werden. (EISENHARDT & GRAEBNER 2007)

Desouza et al. (DESOUZA et al. 2007) und Lucio (LUCIO et al. 2012) kombinieren bei der Theoriebildung in ihren explorativen Studien mehrere Fallstudien mit dem Ansatz der „Grounded Theory“³. Die Autoren beginnen mit einer ähnlichen Ausgangssituation, wie sie in dieser Arbeit gegeben ist. Es soll kein bestehendes Rahmenwerk überprüft, sondern eine neue Theorie hergeleitet werden. Der Ansatz unterstützt die interaktive Datenerhebung. Mit der Analyse gilt es zu beginnen, sobald erste Daten erhoben sind (CORBIN & STRAUSS 1990). Bei Unklarheiten und Doppeldeutigkeiten können ergänzende Daten erhoben werden (GLASER & STRAUSS 1967, S. 72 f.).

Bei einem Vorgehen nach dem „Grounded Theory“-Ansatz erfolgt die Theoriebildung induktiv durch Sammeln und Analysieren qualitativer empirischer Daten (BASKERVILLE & PRIES-HEJE 1999). Dabei beginnt man mit der Entwicklung von Hypothesen⁴ aus den empirischen Daten und nutzt in der Folge iterativ erneut erhobene Daten, um diese Hypothesen zu testen und daraus eine Theorie zu entwickeln, zu verdeutlichen und weiterzuentwickeln (FRANKFORT-NACHMIAS & NACHMIAS 2008, S. 268). Durch die Iteration der „Datenerhebung, Interpretation und erneuter empirischer Überprüfung [...] wird sehr unmittelbar ersichtlich, an welchem Punkt zusätzlich herangezogene Daten die Theorie nicht mehr hinreichend stützen – was Anlass zu Reformulierung, Differenzierung und erneuter empirischer Überprüfung ist“ (STRÜBING 2004, S. 79). Dadurch wird die interne Validität der entwickelten Theorie kontinuierlich überprüft

³ Nach STRAUSS & CORBIN 1996 lässt sich „Grounded Theory“ mit **gegenstands- oder datenverankerte Theoriebildung** übersetzen. Allerdings ist der englische Ausdruck im deutschen Sprachgebrauch üblich ((CORBIN & STRAUSS 1990), S. IX).

⁴ Vgl. konzeptuelle Kategorien bei BASKERVILLE & PRIES-HEJE 1999.

und abgesichert; für die Sicherstellung der externen Validität gilt es, alle im Forschungsverlauf getroffenen Entscheidungen möglichst detailliert zu dokumentieren (STRÜBING 2004, S.79).

Nach Corbin & Strauss (CORBIN & STRAUSS 1990) gilt es folgende Aspekte bei der Durchführung des “Grounded Theory“-Ansatzes zu beachten: Die Datenerhebung und die Datenanalyse stellen miteinander verknüpfte Prozesse dar, da die Analyse beginnen sollte sobald die ersten Daten erhoben wurden. Treten bestimmte Aspekte wiederholt auf bzw. treten sie wiederholt nicht auf, lassen sich daraus Schlussfolgerungen bezüglich deren Relevanz treffen. Solche Aspekte, die bestimmte Phänomene innerhalb des Betrachtungsraums beschreiben, werden auch Konzepte genannt. Sie bilden die Basis für die vergleichende Datenanalyse.

Es sind Kategorien zu entwickeln, in die Konzepte, welche die gleichen Phänomene beschreiben, geordnet werden können. Diese Kategorien sind zueinander in Beziehung zu bringen. Darüber hinaus sind sie zu spezifizieren und beschreiben, z. B. hinsichtlich ihrer Randbedingungen. Dabei sind auch prozessuale Aspekte sowie der breitere Kontext des Betrachtungsraumes einzubeziehen. Die Kategorien stellen die Grundlage für die Theoriebildung dar. Durch das kontinuierliche Vergleichen und Hinterfragen der erzielten Ergebnisse, anhand neu erhobener Daten, kann die Präzision und Konsistenz bei der Theoriebildung erhöht werden. Das wird durch eine fortlaufende Dokumentation der Ergebnisse und das Arbeiten in Gruppen unterstützt. (CORBIN & STRAUSS 1990)

Es gilt u. a. Beispiele für erzielte Erkenntnisse heranzuziehen sowie zu beachten, in welchen Fällen Muster auftreten bzw. keine Muster auftreten. Wurden Hypothesen über Relationen zwischen Kategorien gebildet, gilt es diese zu belegen bzw. zu widerlegen. (CORBIN & STRAUSS 1990)

Innerhalb dieser Arbeit wurde zur Theoriebildung der Grounded Theory Ansatz in Kombination mit sechs Case Studies herangezogen (siehe Tabelle 1-1). Der Untersuchung liegt, in Anlehnung an O'DONNELL & DUFFY 2005, folgende Definition von Leistung in der Entwicklung zu Grunde (s. a. Kapitel 2.1.2): Das Konzept Wert aus dem Lean Thinking (Kapitel) steht für das Erreichen einer hohen Effizienz und Effektivität in der Entwicklung. Effizienz steht für das Verhältnis von dem durch eine Aktivität erreichten Wissenszuwachs und den dabei verbrauchten Ressourcen; Effektivität steht für das Verhältnis der erreichten Ziele zu den definierten Zielen (O'DONNELL & DUFFY 2005, S. 69 ff.). Verschwendung entsteht demnach, wenn die Effizienz und Effektivität einer Tätigkeit gering sind.

In der Analyse wird zwischen Verschwendungssymptomen, die z. B. in Form einer Verzögerung beobachtet werden, und deren Ursachen unterschieden (vgl. LIKER & MEIER 2009, S. 420 f.). Auf Basis der vorgestellten Leistungsdefinition stellen Verschwendungssymptome die Symptome unzureichender Leistung in der Entwicklung dar. Dies wird in Kapitel 3 im Detail aufgegriffen.

Für die empirische Ermittlung des Zusammenhangs zwischen der Leistung in der Produktentwicklung und dem Variantenmanagement wurden deshalb Symptome unzureichender Leistung identifiziert und deren Ursachen ermittelt. Die Ursachen wurden dahingehend hinterfragt, ob sie im Zusammenhang mit dem Variantenmanagement stehen. Dabei wurde die Datenerhebung während der Verschwendungsanalyse im Forschungsprojekt durch zusätzliche Interviews zum Kontext Variantenmanagement ergänzt.

Das Vorgehen stellt sich im Detail wie folgt dar (Bild 1-5). Zunächst wurden in drei sequenziellen Fallstudien Verschwendungsanalysen vorgenommen. Dafür wurden Interviews und Workshops sowie Mitarbeiterbefragungen durchgeführt und die bestehende Dokumentation über die Entwicklungsprozesse der Unternehmen untersucht. In einem Unternehmen wurde zudem das Verfahren der Snap Shot-Analyse (GRAEBSCH et al. 2008) angewendet.

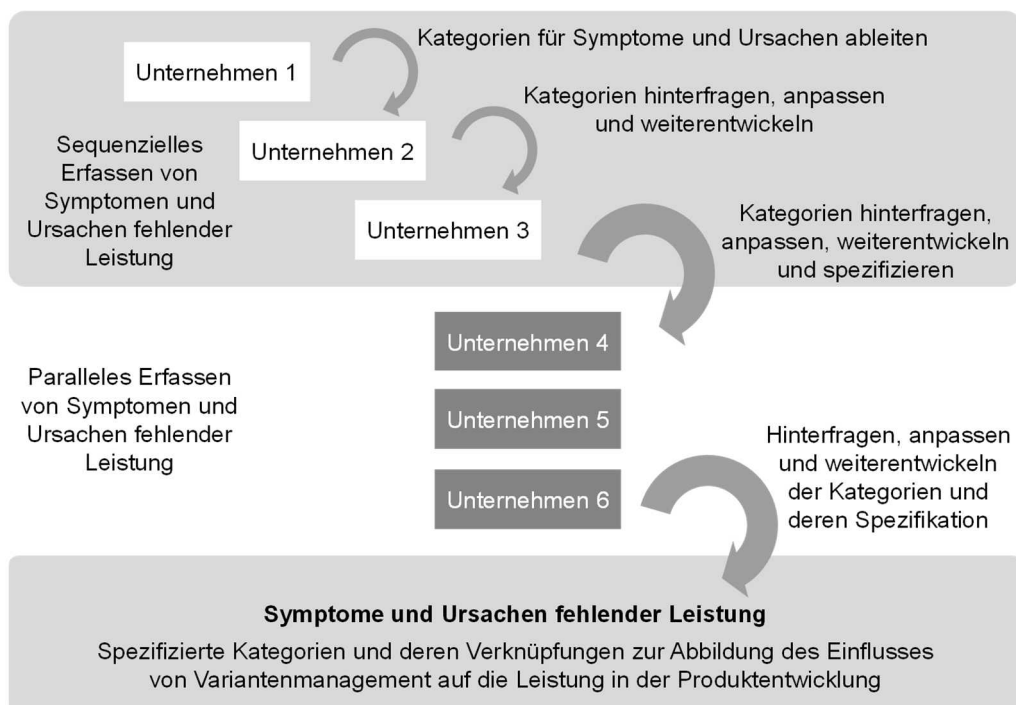


Bild 1-5: Theoriebildung anhand "Grounded Theory" Ansatz

Weitere Methoden zur Verschwendungsanalyse enthält Kapitel 2.2.3. Im Rahmen des Forschungsprojekts eigneten sich retrospektive Methoden, wie Value Stream Mapping (MCMANUS 2005), nicht für den Einsatz zur Verschwendungsanalyse, da die erforderliche Datengrundlage⁵ in den Unternehmen nicht verfügbar war (LINDEMANN 2012a).

Im ersten Schritt wurde in Workshops der typische Ablauf von Entwicklungsprojekten anhand der dokumentierten Entwicklungsprozesse diskutiert. An diesen Workshops nahmen Personen aus unterschiedlichen Hierarchieebenen des Unternehmens teil. Neben Personen in Leitungsfunktionen unterschiedlicher Ebenen, z. B. technischer Geschäftsführer, Entwicklungsleiter oder Gruppenleiter, waren dies auch Entwicklerinnen und Entwickler. Der Teilnehmerkreis stellte das unternehmensseitige Kernteam für die Durchführung des Forschungsprojekts dar. Ziel der Workshops war es, unterschiedliche Perspektiven auf den Entwicklungsprozess und Herausforderungen bei dessen Ausführung zu erfassen. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer waren angehalten, alle Probleme bzw. Verschwendungssymptome während der Produktentwicklung im Alltag, z. B. innerhalb eines Entwicklungsprojektes, zu äußern. Darüber hinaus

⁵ Projektdokumentation, inkl. z. B. Projektnachverfolgung, Änderungen im Projektplan und deren Auslöser.

wurden Fragen zum Unternehmenskontext und Produktprogramm sowie zu seiner Historie und der Unternehmenskultur gestellt. (LINDEMANN 2012a)

Die so erhobenen Daten wurden durch semistrukturierte, fokussierte Interviews⁶ (FLICK 2011, S. 195) mit den Teilnehmerinnen und Teilnehmern sowie weiteren Personen aus den unterschiedlichen Ebenen der Organisation, vertieft und ergänzt. Dafür wurde in den Interviews zunächst erfasst, wie eine typische Woche der interviewten Person gestaltet ist⁷. Anhand dieses Tätigkeitsprofils wurden schließlich wiederkehrende Herausforderungen und Verschwendungssymptome diskutiert. Um möglichst alle betroffenen Personen in der Entwicklung in die Verschwendungsanalyse mit einzubinden, wurden zusätzlich Befragungen mit Hilfe eines Fragebogens bzw. einer Snap Shot-Analyse durchgeführt.

Die sieben Verschwendungsarten⁸ nach BAUCH (BAUCH 2004) dienen als Grundlage für die Erstellung der unternehmensspezifischen Fragebögen, gemeinsam mit den Erkenntnissen aus den Interviews und Workshops. Die Fragensammlung bestand aus einer offenen Frage zu jeder Verschwendungsart, mit der Möglichkeit freie Kommentare, Herausforderungen oder Verbesserungsvorschläge zu äußern. Ergänzend konnte über eine fünfstufige Likert-Skala angegeben werden, ob eine Verschwendungsart für die ausfüllende Person relevant und wie hoch die Bedeutung der Verschwendung ist. (LINDEMANN 2012a)

Ein Unternehmen nutzte die Snap Shot-Analyse nach GRAEBSCH et al. 2008. Sie wurde in insgesamt sechs an der Entwicklung beteiligten Abteilungen durchgeführt. Für jede Abteilung wurde zunächst ein spezifisches Tätigkeitsprofil erstellt, anhand dessen alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Abteilung über zwei Wochen hinweg die für jede Tätigkeit aufgewendete Zeit in einem auf MS Excel basierten Formular protokollierten. Durch die Auswertung konnten kritische Tätigkeiten erkannt und Verschwendungssymptome, z. B. sehr hoher Zeitaufwand für Informationsbeschaffung, identifiziert werden. Die visualisierte Auswertung wurde in einem Workshop mit allen an der Analyse teilnehmenden Personen diskutiert. Die Ergebnisse ergänzten bzw. bestätigten die Erkenntnisse aus der zuvor erfolgten Datenerhebung. (LINDEMANN 2012a)

Die Ergebnisse der Datenerhebung wurden für jedes Unternehmen einzeln zusammengeführt. Es galt die Ursachen der identifizierten Verschwendungssymptome zu ermitteln. Dafür wurden

⁶ Die Vorteile von fokussierten Interviews liegen nach Flick et al. (FLICK et al. 2010) nicht nur in einer „zurückhaltende[n], nichtdirektiven Gesprächsführung“ für die Ermittlung spezifischer Informationen, sondern auch in ihrer Eignung für die „gegenstandsbezogene Explikation von Bedeutungen“ (FLICK et al. 2010, S. 354). Somit eignen sich fokussierte Interviews für die Datenerhebung während der Anwendung des „Grounded Theory“-Ansatzes.

⁷ Nach Flick et al. eignen sich fokussierte Interviews für die Erhebung von z. B. Tagesabläufen (FLICK et al. 2010, S. 354).

⁸ Verschwendungsarten nach BAUCH 2004: Warten, Wege / Bewegung, Überproduktion, Fehler, Transport, Lagerung oder begrenzte IT-Ressourcen; Der Autor unterscheidet nicht zwischen Verschwendungssymptomen und Ursachen.

die Letzteren zunächst durch das Kernteam priorisiert, um mit den vier bis fünf Hauptproblemen des Unternehmens weiter voranzugehen. Für jedes dieser Verschwendungssymptome wurden deren Ursachen mit Hilfe der Methode des Fünf-Mal-Warum-Fragens (OHNO 2009, siehe Kapitel 2.2.3) ermittelt. (LINDEMANN 2012a)

Aus den erhobenen Verschwendungssymptomen und deren Ursachen wurden Kategorien für Symptome und Ursachen unzureichender Leistung abgeleitet sowie beobachtete Zusammenhänge und Verknüpfungen dokumentiert. Als erster Ansatzpunkt für die Bildung von Kategorien von Symptomen unzureichender Leistung diente die Klassifizierung für Verschwendung nach (BAUCH 2004). Kategorien für deren Ursachen wurden durch Gruppierung der Nennungen in den Fallstudien abgeleitet. Diese Kategorien und deren Verknüpfungen wurden durch die sequenziell erhobenen Daten hinterfragt, und ggf. fallengelassen oder ergänzt bzw. weiterentwickelt. Im Anschluss an die drei ersten Fallstudien wurde im Forschungsteam hinsichtlich der Aussagekraft der gebildeten Kategorien Bilanz gezogen. Das Team innerhalb des Forschungsprojektes diskutierte die gebildeten Gruppen an Symptomen und Ursachen unzureichender Leistung, ggf. wurde die Zuordnung angepasst. Für jede Kategorie wurde eine Definition festgelegt. Daraus ergaben sich im Fall der Symptome unzureichender Leistung deutliche Unterschiede zur ursprünglich herangezogenen Terminologie und Definition von BAUCH 2004.

Die darauffolgenden drei Fallstudien dienten der Evaluierung der bisher gebildeten Kategorien für Symptome und Ursachen unzureichender Leistung und deren Verknüpfung. Im Zuge dieser Fallstudien erfolgten weitere Anpassungen und die Weiterentwicklung der Kategorien und ihrer Verknüpfungen. In diesen Fallstudien erfolgte die Datenerhebung mit Hilfe von Interviews zur Datenerfassung und Workshops zu deren Diskussion und Verifikation.

Durch dieses Vorgehen konnten Zusammenhänge zwischen der Leistung in der Produktentwicklung und dem Variantenmanagement erkannt werden. Um diese Zusammenhänge abzusichern führte die Autorin ergänzende fokussierte Interviews⁹ zur aktuellen Situation des Variantenmanagements in allen sechs Unternehmen durch. Als Interviewpartner standen Entwicklungsleiter und in einem Unternehmen der technische Geschäftsführer zur Verfügung. Anhang 7.5.1 enthält den vollständigen Interviewleitfaden. Der Interviewleitfaden wurde als Anhaltspunkt für die Interviewführung genutzt: So wurden abhängig vom Gesprächskontext zusätzliche Fragen aufgenommen bzw. einzelne Fragen nicht gestellt sowie die Reihenfolge angepasst (KLEEMANN et al. 2009, S. 208, MITTERER 2014). Dieses Vorgehen ist erforderlich, um einen optimalen Ablauf des Interviews zu ermöglichen: Interviewte sollen bei der Äußerung ihrer Perspektive nicht durch falsche Fragen(-typen) zur falschen Zeit behindert werden (FLICK 2011, S. 196). Auf Basis der Interviewergebnisse leitete die Autorin das endgültige Rahmenwerk zur Abbildung des Einflusses von Variantenmanagement auf die Leistung in der Produktentwicklung ab.

⁹ Die Vorteile von fokussierten Interviews liegen nach Flick et al. nicht nur in einer „zurückhaltende[n], nicht-direktiven Gesprächsführung“ für die Ermittlung spezifischer Informationen, sondern auch in ihrer Eignung für die „gegenstandsbezogene Explikation von Bedeutungen“ (FLICK et al. 2010, S. 354). Somit eignen sich fokussierte Interviews für die Datenerhebung während der Anwendung des „Grounded Theory“-Ansatzes.

Modellbildung in der Phase PS

Durch das Vorgehen bei der Theoriebildung auf Basis des Grounded Theory Ansatzes wurden Zusammenhänge zwischen der Leistung in der Produktentwicklung und dem Variantenmanagement ermittelt. Diese Zusammenhänge galt es in einem Rahmenwerk abzubilden, um sie für die Nutzung im Unterstützungsansatz zur Identifizierung von Symptomen unzureichender Leistung und deren Ursachen für eine zielgerichtete Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen zu ermöglichen.

Nach Schleicher lassen sich Rahmenwerke in terminologische Rahmenwerke, deren Ziel es ist Begriffe in einem Betrachtungsbereich und deren Zusammenhänge zu definieren, und konzeptionelle Rahmenwerke unterteilen (SCHLEICHER 2002, S. 29). Sie verfolgen die Zielstellung, die Struktur eines betrachteten Bereiches zu beschreiben, und einen abstrakten Überblick über das System zu geben (SCHLEICHER 2002, S. 29). Ein konzeptionelles Rahmenwerk ist somit ein Modell, das die Realität vereinfacht abbildet (HABERFELLNER et al. 2012, S. 41). Es galt in der Phase PS ein solches Modell der Ergebnisse aus der DSI zu entwickeln.

Die Grundlage für die Modellbildung innerhalb dieser Arbeit ist das Systemdenken. Nach (ULRICH 1970) kann ein Unternehmen als produktives, soziales System verstanden werden. Ein System ist dabei definiert als „geordnete Gesamtheit von Elementen, zwischen denen irgendwelche Beziehungen [bzw. Relationen] bestehen oder hergestellt werden können“ (SCHLEICHER 2002, S. 105). Ergänzend kann ein System definiert werden als eine Sammlung an unterschiedlichen Elementen, die so verbunden sind, dass sie gemeinsam eine Funktion erfüllen, die ein Element für sich nicht darstellen kann (RECHTIN 1991, S. 7).

Für diese Arbeit wurde die Definition des Systems Produktentwicklung nach Negele (NEGELE et al. 1997) herangezogen. Die Autoren entwickelten den Ansatz von Patzak (PATZAK 1982) weiter. Nach Negele et al. lässt sich das Gesamtsystem Produktentwicklung mit vier Teilsystemen darstellen (Bild 1-6). Dabei steht das Prozesssystem für die Ablaufstruktur¹⁰ in der Produktentwicklung und die Gesamtheit der damit verbundenen Prozesse. Das Handlungssystem repräsentiert die Aufbaustruktur¹¹ und Organisation des Unternehmens sowie die verfügbaren Ressourcen (z. B. personelle oder zeitliche Ressourcen, vorhandenes Wissen und Know-How). Das Zielsystem enthält die umzusetzende Unternehmensstrategie bzw. Produktstrategie sowie Prozessziele und die für eine Entwicklungsaufgabe spezifischen Anforderungen. Schließlich umfasst das Objektsystem die zu entwickelnden Produkte, aber auch zu erarbeitende Informationen in Form von Zwischenergebnissen sowie Dokumenten oder Prototypen. (NEGELE et al. 1997)

¹⁰ Die Ablaufstruktur repräsentiert die Ablauforganisation, also die Beschreibung aller Arbeitsschritte im Unternehmen (PAHL et al. 2005, S.180).

¹¹ Die Aufbaustruktur repräsentiert die Aufbauorganisation, die Verantwortlichkeiten und unternehmensinterne Institutionen bzw. Funktionen verknüpft und in eine Hierarchie bringt (PAHL et al. 2005, S.180).

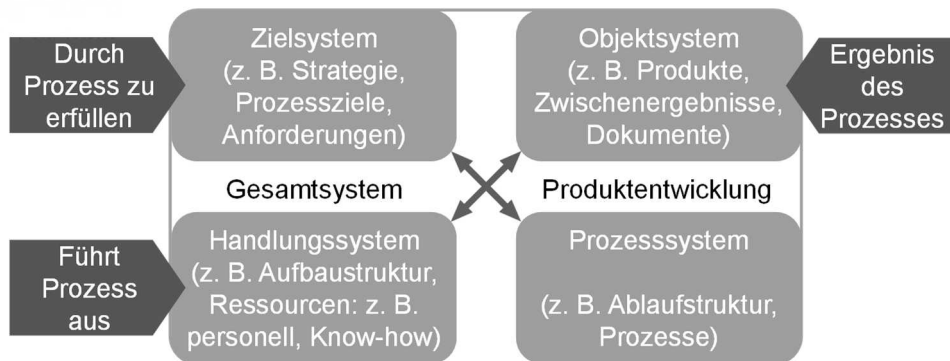


Bild 1-6: Modellierung des Systems Produktentwicklung (nach NEGELE et al. 1997)

Der Zusammenhang zwischen den Teilsystemen lässt sich folgendermaßen beschreiben: Die im Handlungssystem strukturierten Ressourcen führen die im Prozesssystem definierten Abläufe aus. Dabei gilt es, die Ziele des Zielsystems zu erfüllen und die im Objektsystem geforderten Ergebnisse zu liefern. Im Folgenden wird das System Produktentwicklung auch als ZOPH-Modell (NEGELE et al. 1997) bezeichnet.

Die Leistung in der Produktentwicklung kann im System Produktentwicklung bzw. im ZOPH-Modell durch Symptome unzureichender Leistung und deren Ursachen abgebildet werden (Bild 1-7). In allen vier Teilsystemen können Symptome beobachtet und Ursachen für fehlende Leistung identifiziert werden.

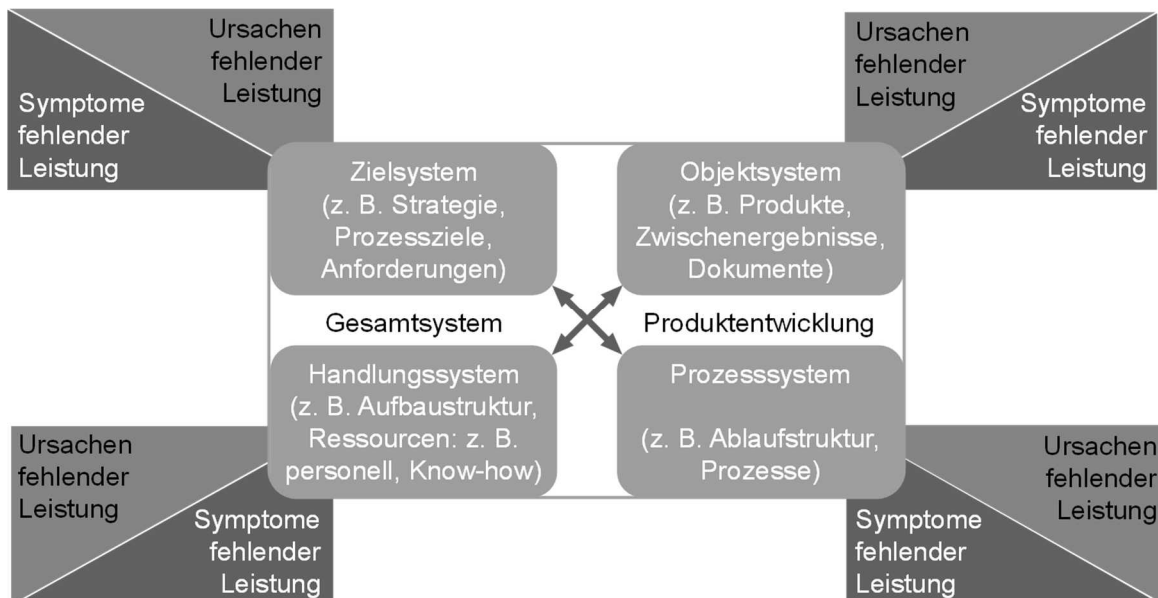


Bild 1-7: Symptome und Ursachen unzureichender Leistung im System Produktentwicklung

Für die Modellierung von Systemen bietet das strukturelle Komplexitätsmanagement Methoden zur Abbildung von unterschiedlichen Elementtypen und Relationen einerseits zwischen den Elementen eines Typs sowie andererseits zwischen den Elementen unterschiedlicher Typen. Diese matrixbasierten Methoden beruhen auf der Graphentheorie (LINDEMANN et al.

2009). In der Matrixdarstellung werden die Relationen bzw. Einflüsse zwischen Elementen dokumentiert. Man spricht auch von Einflussmatrizen bzw. Design Structure Matrizen (DSM). Diese Notation erlaubt, neben einer manuellen, die automatisierte Auswertung modellierter Informationen. Die Methoden des strukturellen Komplexitätsmanagements sind für die Analyse von Zusammenhängen beliebiger Betrachtungsgegenstände einsetzbar. So lassen sie sich für die Produktplanung und Produktkonfiguration sowie die Analyse und Synthese von Produktarchitekturen einsetzen. Weiterhin wurden sie vielfach erfolgreich für die Analyse und Optimierung von Prozessabläufen in der Produktentwicklung eingesetzt. Gleiches gilt für Themenbereiche wie Kostenmanagement oder Lean Management. In Tabelle 1-2 sind mögliche Einsatzfelder zusammengefasst.

Tabelle 1-2: Beispielhafte Einsatzfelder des strukturellen Komplexitätsmanagements

<i>Autoren</i>	<i>Anwendungsfall</i>
<i>Hepperle 2013</i>	<i>Produktplanung und Variantenmanagement</i>
<i>Kesper 2012</i>	
<i>Lindemann et al. 2009</i>	<i>Modellierung und Synthese von Produktarchitekturen</i>
<i>Pimmler & Eppinger 1994</i>	
<i>Wyatt et al. 2012</i>	
<i>Zaeh et al. 2011</i>	
<i>Browning & Eppinger 2002</i>	<i>Modellierung und Synthese von Prozessstrukturen, Prozessmanagement und Ressourcenallokation</i>
<i>Kreimeyer 2010</i>	
<i>Wynn & Clarkson 2009</i>	
<i>Hellenbrand 2013</i>	
<i>Roelofsen 2011</i>	
<i>Elezi et al. 2010</i>	<i>Verschwendungsanalyse im Lean Thinking</i>
<i>McManus 2005</i>	
<i>Jacob & Varghese 2012</i>	<i>Modellierung und Synthese von Strukturen im Bauingenieurwesen und in der Architektur</i>
<i>Schmidt et al. 2009</i>	
<i>Krinner et al. 2011</i>	
<i>Zirkler 2010</i>	<i>Kostenmanagement</i>
<i>Felgen 2007</i>	<i>Qualitätsmanagement</i>
<i>Waldman 2006</i>	<i>Modellierung und Synthese von Softwarearchitekturen</i>
<i>Helo et al. 2010</i>	

Das Rahmenwerk für die Abbildung des Zusammenhangs zwischen dem Variantenmanagement und der Leistung in der Produktentwicklung wurde innerhalb dieser Arbeit mit Hilfe der Methoden aus dem strukturellen Komplexitätsmanagement entwickelt. Demnach ist das Rahmenwerk als Einflussmodell umgesetzt. Die Elemente des Einflussmodells (die Entwickelten Kategorien für Symptome und Ursachen unzureichender Leistung und deren Verknüpfung) werden anhand des ZOPH-Modells in Kapitel 3.1 erläutert. Dort erfolgen weiterhin eine detaillierte Beschreibung der eingesetzten Methoden des strukturellen Komplexitätsmanagements und deren Anwendung.

Entwicklung Unterstützung in der Phase PS – SUM-Ansatz

Der SUM-Ansatz orientiert sich an bestehenden Methoden der Verschwendungsanalyse im Lean Product Development (Kapitel 2.2) sowie an Vorgehensweisen zur Prozessverbesserung (Kapitel 2.1.2). Im Grundsatz stellen diese Methoden Problemlösungsvorgehen, wie z. B. Vorgehensmodelle in der Produktentwicklung (Kapitel 2.1.1), oder auch der u. a. im Lean Thinking genutzte PDCA-Zyklus (Kapitel 2.2) dar, bei denen auf eine Analyse der Ausgangssituation und Definition der detaillierten Problem- und Zielstellung, zunächst eine Synthesephase folgt, in der Lösungen für die Problemstellung bzw. daraus abgeleitete Teilprobleme erzeugt werden. Schließlich werden die erzeugten Lösungen auf die Erreichung der definierten Ziele hin geprüft.

Vor diesem Hintergrund galt es ein Vorgehen zu entwickeln, das die Erfassung der aktuellen Situation, d. h. die aktuellen Leistungsdefizite in der Produktentwicklung, unterstützt. Des Weiteren war die Ermittlung der Ursachen dieser Leistungsdefizite anhand der im Einflussmodell abgebildeten Zusammenhänge zwischen Variantenmanagement und der Leistung in der Produktentwicklung zu unterstützen. Es galt ein Werkzeug zur Verfügung zu stellen, das die Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen für die Eliminierung der erkannten Ursachen erleichtert. Abschließend war sicherzustellen, dass die Ergebnisse dieser Analyse- und Syntheseschritte derart dokumentiert werden, dass sie zu einem späteren Zeitpunkt herangezogen werden können, um die, durch die Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen, erreichten Effekte, die ursprünglich erkannten Leistungsdefizite zu vermindern oder zu vermeiden.

Evaluierung der Ergebnisse in der Phase – DSII

Die Evaluierung der Forschungsergebnisse erfolgte in zwei Schritten. Es galt dabei zum einen die Erfüllung der Anforderungen nachzuweisen. Zum anderen wurde der Mehrwert diskutiert, den das Einflussmodell und der SUM-Ansatz für das Forschungsumfeld und die industrielle Praxis liefern. Zunächst wurden das Rahmenwerk zur Abbildung des Einflusses von Variantenmanagement auf die Leistung in der Produktentwicklung, und der SUM-Ansatz anhand der aus dem Stand der Forschung abgeleiteten Anforderungen diskutiert.

Zur Evaluierung in der industriellen Praxis wurde der SUM-Ansatz in einem webbasierten Demonstrator (Kapitel 3.4) umgesetzt. Ziel dieses Vorgehens war es, die Analyseschritte zu automatisieren und so den Anwendungsaufwand zu minimieren.

Bei diesem Vorgehen standen erneut die Partnerunternehmen aus dem Forschungsprojekt zur Verfügung (Tabelle 1-1). Der SUM-Ansatz wurde in diesen Unternehmen angewandt, um dessen Funktionsweise zu prüfen. Dabei war die Hauptfragestellung, ob der SUM-Ansatz in der Kombination mit dem Rahmenwerk geeignet ist, die Ergebnisse aus der Datenerhebung in der Phase DSI zu reproduzieren. Ist dies gegeben, wird davon ausgegangen, dass das Einflussmodell die in den sechs Unternehmen beobachtete Realität widerspiegelt. Darüber hinaus galt es das Einflussmodell durch die Anwendung bei weiteren Unternehmen zu prüfen. Insgesamt vier weitere Unternehmen (Tabelle 1-3) wendeten den SUM-Ansatz an.

Tabelle 1-3: Kurzkategorisierung der vier ergänzend evaluierenden Unternehmen

Unternehmen	G	H	I	J
Branche	Investitions- güter	Investitions- güter	Investitions- güter	Investitions- güter
Produktart	Elektronisch, mechanisch	Mechatro- nisch	Mechatro- nisch	Elektronisch
Gesamtanzahl Mitar- beiter/-innen ca.	60	21.000	550	4.200
Mitarbeiter/-innen in der Entwicklung ca.	54	800	80	40

Für die Evaluierung des SUM-Vorgehens wurden zunächst in Interviews mit allen zehn beteiligten Unternehmen Anforderungen an einen solchen Ansatz erfasst.

- Was erwarten Sie vom Demonstrator des SUM-Ansatzes?
- Welche Anforderungen stellen Sie an
 - die erzielbaren Ergebnisse
 - den Demonstrator und dessen Anwendung
 - die Demonstrator-Struktur
 - das Vorgehen des Ansatzes
 - die Darstellung der Inhalte des Ansatzes
 - die erzielbaren Ergebnisse

Anhang 1.1 enthält den gesamten Interviewleitfaden. Der Interviewleitfaden diente wiederum als Anhaltspunkt für die Interviewführung und wurde abhängig vom Gesprächskontext angepasst (KLEEMANN et al. 2009, S. 208, MITTERER 2014). Die Autorin nutzte den Fragenkatalog, und, falls erforderlich, die im Anhang dargestellten Unterpunkte, als Denkanstoß zur Detaillierung der Frage. Vor Beginn des Interviews stellte die Autorin den SUM-Ansatz vor. Die Interviewten hatten dabei Gelegenheit Rückfragen zum Verständnis zu stellen.

Alle zehn Unternehmen führten den SUM-Ansatz anschließend mit Hilfe des Demonstrators aus. Anschließend führte die Autorin semistrukturierte Interviews mit den Anwendern. Es wurde neben dem Gesamteindruck bei der Anwendung sowie der inhaltlichen Gestaltung des Vorgehens und der erzielten Ergebnisqualität auch die Anwenderfreundlichkeit des Demonstrators diskutiert. Der Interviewleitfaden orientiert sich dabei u. a. an den von Ahn formulierten Anforderungen an einen Ansatz zur Auswahl von entwicklungszeitverkürzenden Maßnahmen (AHN 1997, S. 138 und 168 ff.). Darüber hinaus hatten die Anwender Gelegenheit weitere Anforderungen an das Vorgehen und eine Softwareumsetzung zu äußern. Die Autorin nutzte für diese Interviews den Fragenkatalog in Anhang 1.1, wobei auch hier der jeweilige Gesprächskontext bei der Interviewführung durch Anpassung des Katalogs berücksichtigt wurde (KLEEMANN et al. 2009, S. 208, MITTERER 2014).

Der SUM-Ansatz und sein Demonstrator werden in Kapitel 4 anhand der Anforderungen aus der Industriellen Praxis sowie der Rückmeldung aus den zehn Unternehmen diskutiert. Die Evaluierung schließt mit einem Fazit zu den erarbeiteten Ergebnissen bezüglich des erreichten

Mehrwerts und abgeleitetem weiteren Handlungsbedarfs zur Weiterentwicklung der Ergebnisse.

1.4 Aufbau der Arbeit

Nachdem in Kapitel 0 die Ausgangssituation für die in dieser Arbeit vorgestellte Forschung erläutert wurden, folgte die Darstellung der daraus abgeleiteten Problem- und Zielstellung sowie der, durch die Autorin verfolgten, Forschungsmethodik.

Kapitel 2 widmet sich Begriffsdefinitionen und den Grundlagen der Bereiche Produktentwicklung, Lean Product Development und Variantenmanagement. Daraus leitet sich der Bedarf der ganzheitlichen Betrachtung des Wirkzusammenhangs zwischen der Leistung in der Produktentwicklung und dem Variantenmanagement ab. Weiterhin ergibt sich der Bedarf zur Unterstützung bei der Analyse der Leistung in der Produktentwicklung und Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen. Weiterhin stellt das Kapitel den Stand der Forschung bezüglich der Berücksichtigung von Aspekten des Variantenmanagements bei der Beurteilung der Leistung in der Produktentwicklung einerseits und andererseits die Berücksichtigung der Produktentwicklungsleistung innerhalb des Variantenmanagements dar. Die Ergebnisse dieser Betrachtung bilden eine Referenz für die Beurteilung der erzielten Ergebnisse im Rahmen der Evaluierung.

Die von der Autorin erzielten Forschungsergebnisse werden in Kapitel 3 dargestellt. Auf die Präsentation des Einflussmodells, welches den Zusammenhang zwischen der Leistung in der Produktentwicklung und dem Variantenmanagement abbildet, folgt eine detaillierte Beschreibung des entwickelten SUM-Ansatzes und dessen Umsetzung im webbasierten Demonstrator. Ergänzende Materialien, die zur Anwendung des Ansatzes herangezogen werden können, stehen im Anhang zur Verfügung.

In Kapitel 4 werden die Ergebnisse der Evaluierung von Einflussmodell und SUM-Ansatz ausführlich diskutiert. In Kapitel 5 wird abschließend Bilanz über die erzielten Ergebnisse sowie deren Beitrag zum Stand der Forschung und Mehrwert für die industrielle Praxis gezogen bzw. ein Ausblick auf zukünftigen Forschungsbedarf gegeben.

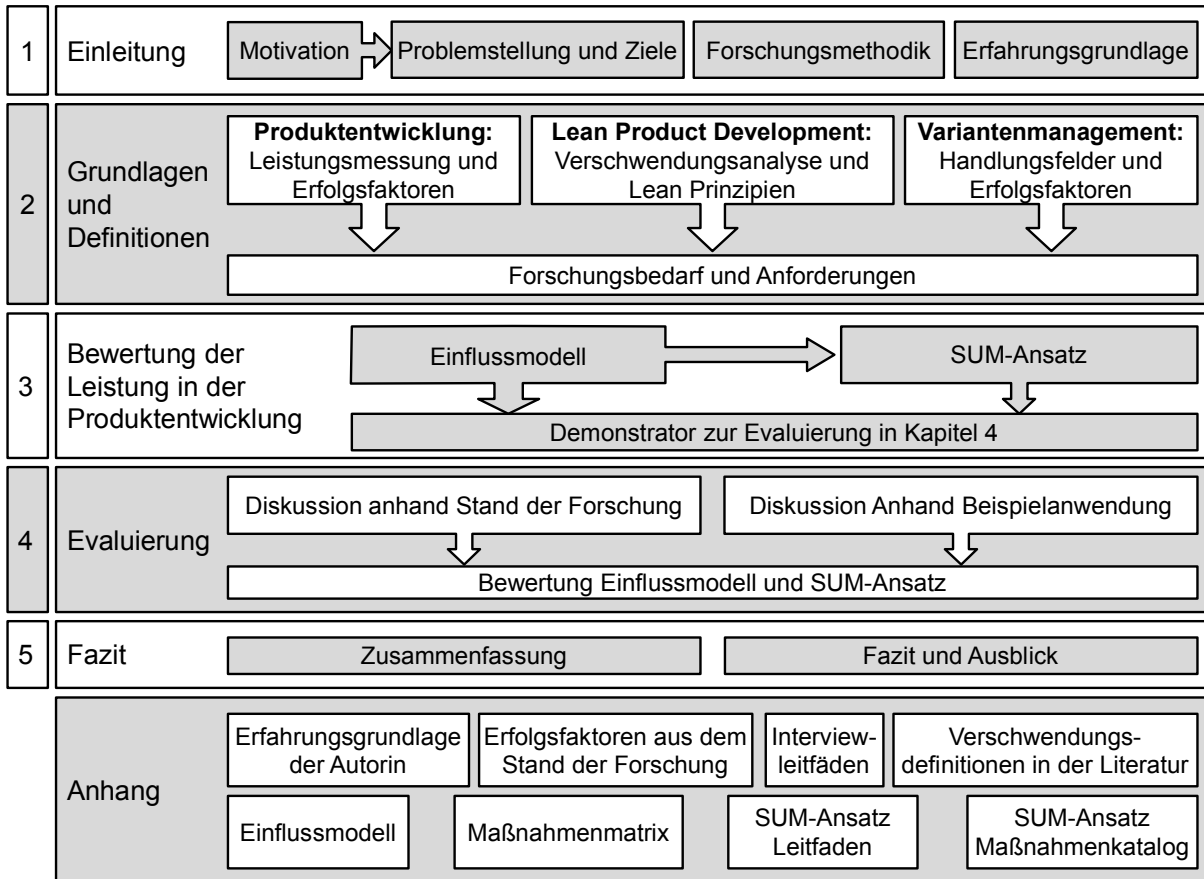


Bild 1-8: Aufbau der Arbeit

2. Beschreibung Forschungsfeld – Stand der Forschung

Dieses Kapitel stellt, neben Definitionen und Grundlagen zu den Themenbereichen Management der Produktentwicklung sowie Lean Product Development und Variantenmanagement, den aktuellen Stand der Forschung dar. Die Erläuterung jedes Themenbereiches umfasst den Stand der Forschung zur Leistung in der Produktentwicklung. Dabei wird die Verknüpfung zwischen den Themenbereichen berücksichtigt. Den Abschluss dieses Kapitels bildet eine Zusammenfassung der so identifizierten Leistungsfaktoren sowie des innerhalb der Themenbereiche hergeleiteten Forschungsbedarfs und die daraus gefolgerten Anforderungen an den in Kapitel 3 vorgestellten Lösungsansatz.

2.1 Produktentwicklung – Prozesse und Management

Im Folgenden werden zunächst Definitionen wichtiger Begriffe im Bereich Produktentwicklung aufgeführt. Darauf folgt die Beschreibung der Haupthandlungsfelder im Management der Prozesse in der Produktentwicklung. Dabei wird der Stand der Forschung für das Handlungsfeld der Leistungsmessung vor dem Hintergrund der Zielsetzung dieser Arbeit für sich betrachtet. Schließlich erfolgt eine Zusammenfassung von Leistungsfaktoren in der Produktentwicklung, wobei Verknüpfungen zum Management von Produkt- und Variantenvielfalt aufgezeigt werden. Der Abschnitt schließt mit einer Erläuterung des Forschungsbedarfs und den sich daraus ergebenden Anforderungen an den Lösungsansatz (Kapitel 3).

2.1.1 Definitionen und Grundlagen

In der Literatur wird Produktentwicklung¹² unterschiedlich definiert. Nach HALES 1993 umfasst die Produktentwicklung eine Abfolge an Phasen von einem wahrgenommenen Bedarf bis zur detaillierten Beschreibung eines spezifischen technischen Systems bzw. Produktes (HALES 1993, S. 5). Dabei sind diese Phasen je Produkt unterschiedlich ausgeprägt und werden ggf. parallel mit der Entwicklung des Produktionsprozesses ausgeführt (HALES 1993, S. 5). OTTO & WOOD 2001 verstehen unter dem Produktentwicklungsprozess alle Schritte von der Ideenfindung bis zur Produktion (OTTO & WOOD 2001, S. 5). FRICKE & LOHSE definieren die Produktentwicklung ganzheitlich als dynamischen und zielorientierten Prozess von der Idee bis zur Markteinführung (FRICKE & LOHSE, S. 187 ff.). Nach ANDREASEN 2005b reicht die Produktentwicklung von der Erkenntnis über die Kundenbedürfnisse bis hin zum Verkauf eines Produktes (ANDREASEN 2005b, S. 249).

GAUSEMEIER et al. 2001 beschreibt den Produktentwicklungsprozess ähnlich: von der Idee bis zum erfolgreichen Markteintritt (GAUSEMEIER et al. 2001, S. 43). Er stellt ihn als Phasenmodell dar, in dem die Phasen iterativ oder rekursiv bzw. überlappend durchlaufen werden können

¹² Weitere Definitionen finden sich beispielsweise bei ULRICH & EPPINGER, EHRENSPIEL & MEERKAMM

(GAUSEMEIER et al. 2001, S. 39 und 43). Die Phasen gliedern sich in die drei Zyklen: strategische Produktplanung sowie integrative Produktentwicklung und Prozessentwicklung (GAUSEMEIER et al. 2001, S. 43). Im Allgemeinen versteht man unter den frühen Phasen des Produktentwicklungsprozess alle Aktivitäten, von der Ideenfindung über die Spezifikation bis zur Entwicklung des Produktkonzepts (vgl. KRAUSE et al. 2007, S. 98).

NEGELE et al. 1997 beschreiben die Produktentwicklung aufbauend auf Patzak (PATZAK 1982) als System, das sich in vier Teilsysteme gliedern lässt: Ziel-, Handlungs-, Objekt- und Prozesssystem (Kapitel 1.3.2). Die Produktentwicklung stellt einerseits einen spezifischen Geschäftsprozess (ALLWEYER 2009, S. 26 ff.) und andererseits eine Unternehmensfunktion bzw. -abteilung dar (PONN & LINDEMANN 2008, S. 7). Nach ALLWEYER 2009 ist ein **Geschäftsprozess** eine „[...] zeitlich-logische Abfolge von Aktivitäten zur Erfüllung einer betrieblichen Aufgabe, wobei eine Leistung in Form von Material- und / oder Informationstransformation erbracht wird.“ (ALLWEYER 2009, S. 47). Ein **Prozess** stellt somit ein bedeutungsvolles Set an Aktivitäten oder Teilprozessen für die Erfüllung einer bestimmten Klasse an Aufgaben dar (VAJNA 2005). Die flexible Kombination der Aktivitäten kann dynamisch und aufgabenspezifisch erstellt werden, sodass ein Prozess beschreibt, wie eine Aufgabe zu lösen ist (VAJNA 2005). Ein Prozess kennzeichnet nach BURGHARDT (BURGHARDT 2007, S. 19 f. und BURGHARDT 2008, S. 22 f.) das eigentliche Vorgehen in einem Projekt mit seinem Planungs- und Realisierungsablauf, wobei Aktivitäten bzw. Arbeitspakete im Prozess in definierte Abläufe eingeordnet werden.

Produktentwicklungen werden häufig in Projektform umgesetzt. Dabei stellt ein Projekt einen Prozess mit einer tatsächlichen und realen Aufgabenstellung dar, die es zu lösen gilt (VAJNA 2005). Es ist ein Spezialfall für einen Geschäftsprozess (bzw. Produktentwicklungsprozess), da dieser Prozess nur ein einziges Mal ausgeführt wird (ALLWEYER 2009, S. 68):

„Ein **Projekt** ist ein zeitlich begrenztes Bestreben ein einzigartiges Produkt, eine einzigartige Dienstleistung oder ein einzigartiges Ergebnis zu schaffen [...]“ (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE 2013, S. 39). Ein Projekt ist zudem gekennzeichnet durch seine Einmaligkeit in Bezug auf die klare Begrenzung seines Umfangs und finanzieller Ressourcen sowie personeller Rahmenbedingungen (BULLINGER & WARSCHAT 1997, S. 64 f., BURGHARDT 2007, S. 19, BURGHARDT 2008, S. 22).

„Das Ergebnis des Projekts kann materiell oder immateriell sein [...] [...] ein Projekt hat einen definierten Anfang und ein definiertes Ende¹³ [...] [...] Das [Projekt-] Ende ist erreicht wenn die Ziele des Projektes erfüllt worden sind oder das Projekt wird beendet, weil die Ziele nicht erfüllt werden oder nicht erfüllt werden können oder, wenn der Bedarf für das Projekt nicht mehr gegeben ist.“ (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE 2013, S. 39).

Die Planung und Steuerung eines Projektes erfolgt durch Projektmanagement, welches ein „Konzept für die Leitung eines komplexen Vorhabens und die Institution, die dieses Vorhaben

¹³ Vgl. BURGHARDT 2007, S. 19, BURGHARDT 2008, S. 22, BULLINGER & WARSCHAT 1997, S. 64f.

leitet“ darstellt (BULLINGER & WARSCHAT 1997, S. 65). Es umfasst nach DIN 69901-5 die Gesamtheit von Führungsaufgaben und -organisation sowie -techniken und -mitteln für die Initiierung und Definition bzw. Planung sowie Steuerung und den Abschluss von Projekten (DIN 2009, S. 14). Projektmanagement steht zudem für die Anwendung von Wissen, Fähigkeiten sowie Werkzeugen und Techniken bei der Durchführung von Projektaktivitäten, um die Anforderungen des Projektes zu erfüllen (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE 2013, S. 5).

Produktentwicklungsprozesse sind dynamisch und durch Iterationen geprägt (VAJNA 2005). Im Gegensatz zu anderen Geschäftsprozessen haben sie einen einmaligen Charakter (ECKERT & CLARKSON 2010). Ihre Ergebnisse sind nicht immer vorhersehbar oder präzise (VAJNA 2005). Es besteht ein gewisser Grad an Unsicherheit, welcher die Planung für neue Projekte bzw. Prozessausführungen erschwert (ECKERT & CLARKSON 2010).

Management von Produktentwicklungsprozessen

Effektives Management und effektives Planen der Produktentwicklungsprozesse sind Voraussetzung, um auf unerwartete Engpässe und ungeplante Iterationen rechtzeitig reagieren zu können und Gewinneinbußen zu vermeiden (ECKERT & CLARKSON 2010). In diesem Rahmen ist beim Management der Produktentwicklungsprozesse aufgrund von Rahmenbedingungen, wie der ständig steigenden Komplexität und Marktdynamik, entscheidend, dass die strategische Planung Produktentwicklung und Prozessentwicklung integriert (ANDREASEN 2005b, S. 251).

Das Geschäftsprozessmanagement sichert die fortlaufende Produktion und Dienstleistungserbringung bzw. den kontinuierlichen Ablauf der Geschäftsprozesse sowie den optimalen Ressourcenverbrauch und die Erfüllung der Kundenanforderungen (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE 2013, S. 13). Es ist „[...] ein integriertes Konzept von Führung, Organisation und Controlling, das eine zielgerichtete Steuerung der Geschäftsprozesse ermöglicht [...]“ (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 4 f.).

Dementsprechend fokussiert das Management von Produktentwicklungsprozessen, als spezifische Geschäftsprozesse, auf die Planung und Steuerung sowie Verbesserung der Prozesse. Dabei werden Entwicklungsprojekte anhand von Prozessmodellen geplant, strukturiert und durchgeführt (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 183). Als generische Prozessmodelle können Vorgehensmodelle herangezogen werden. Es wurden in der Literatur unterschiedliche Vorgehensmodelle vorgestellt¹⁴ (z. B. LINDEMANN 2009, S. 37 ff., EHRENSPIEL and MEERKAMM 2013, ANDREASEN 2005b, S. 254, PAHL et al. 2005). Bild 2-1 zeigt das Vorgehen zum Entwickeln und Konstruieren nach VDI2221 (VDI 1993), welches die Arbeitsschritte und Arbeitsergebnisse beschreibt. Es beginnt mit der Klärung der Aufgabenstellung und der Anforderungsliste und schließt mit dem Ausarbeiten der Ausführungs- & Nutzungsangaben und der Produktdokumentation. Nach HALES 1993 unterstützt ein systematischer Entwicklungsansatz die Umsetzung der Anforderungen und das Erreichen der geforderten Qualität (HALES 1993, S. 9).

¹⁴ Siehe Braun (BRAUN 2005) und Beneke (BENEKE 2003, S. 17) für Gegenüberstellungen und Klassifizierung unterschiedlicher Vorgehensmodelle in der Produktentwicklung oder Allweyer für Vorgehensmodelle im Geschäftsprozessmanagement (ALLWEYER 2009, S. 95 ff.).

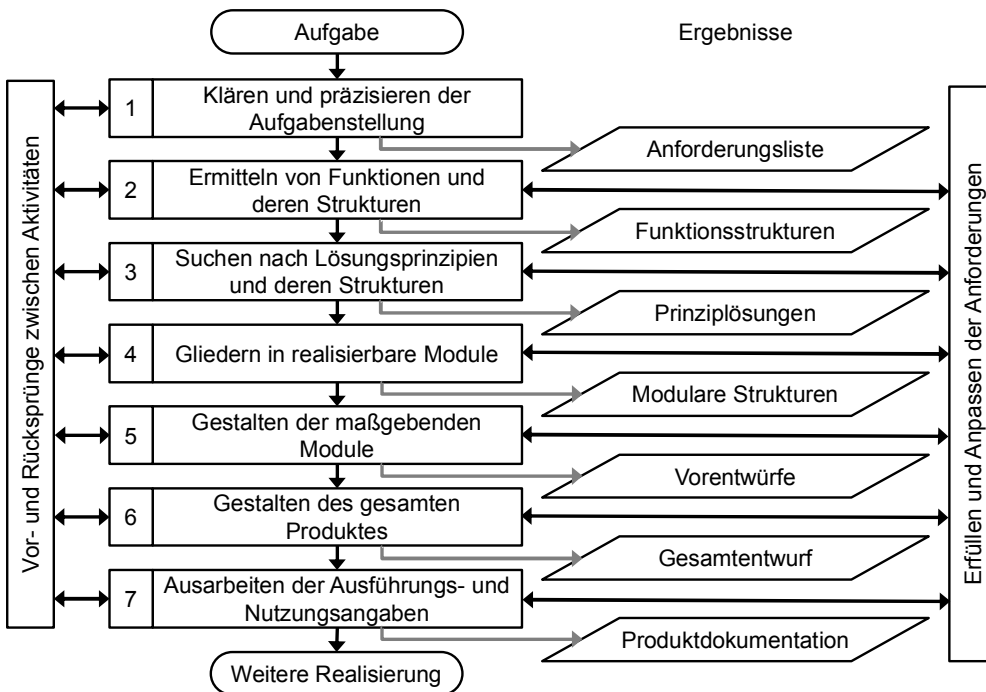


Bild 2-1: Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren nach VDI 2221 (VDI 1993, S. 9)

Prozessmodellierung

Anhand von unternehmensspezifischen Prozessmodellen lässt sich abbilden, in welcher Reihenfolge welche Aktivitäten zu erledigen sind und wer für diese Aktivitäten verantwortlich ist sowie welche Informationen an welchem Punkt benötigt werden (ALLWEYER 2009, S. 136 ff.). Dabei stellt ein Prozessmodell eine vereinfachte Abbildung des komplexen realen Prozesssystems dar (ALLWEYER 2009, S. 136 ff.). Prozessmodelle, welche den Prozessstandard in einem Unternehmen darstellen, sind Voraussetzung für eine einheitliche informationstechnische Unterstützung und Steuerung der Prozesse (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 250 f.). Allerdings sollten Prozesse auf diese Weise nicht zu stark reglementiert werden, um einen Flexibilitätsverlust zu vermeiden (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 250 f.). Für die Prozessmodellierung können unterschiedliche Methoden zum Einsatz kommen, wie z. B. Petri-Netze, Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK), Hierarchiediagramme, Entity Relationship Diagramme (ERD) oder auch die Programmiersprache Unified Modelling Language (UML) (GOLDSTEIN 1999, S. 49 ff.).

Im Rahmen der Modellierung lassen sich die IST-Prozesse Bottom-up, ausgehend von der Funktionsorganisation und den Aktivitäten, erfassen. Dabei werden auf unterster Prozessebene einzelne Prozesse zu Teil- und Geschäftsprozessen gebündelt. Dieses Vorgehen spiegelt die Institution wider, allerdings werden Strategie-, Wertschöpfungs- und Kundenorientierung nicht unterstützt. Dieses Vorgehen wird z. B. bei der Prozesskostenrechnung verwendet (Kapitel 2.1.2). (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 122)

Weiterhin bietet ein Top-Down-Vorgehen, ausgehend von den primären Prozessen und deren Teilprozessen, eine Möglichkeit zur Definition von SOLL-Prozessen (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 122): Die sekundären Teilprozesse werden so definiert, dass sie die Leis-

tungsanforderungen der primären erfüllen (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 122). Allweyer und Schmelzer & Sesselmann schlagen Workshops und Interviews mit Führungskräften sowie Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern vor (ALLWEYER 2009, S. 223 ff, SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 127). Alternativ lassen sich Abläufe durch Beobachtung und Protokollierung sowie die Analyse vorhandener Dokumentation untersuchen (ALLWEYER 2009, S. 223 ff.).

Verbesserung von Produktentwicklungsprozessen

„Den Entwicklungs- [...]prozess verbessern heißt, Maßnahmen bei den Methoden und Abläufen, bei der Personalentwicklung und bei den Werkzeugen (Engineering-Tools) zu ergreifen.“ (STARK 1997, S. 69)

Anhand der Analyse der IST-Prozesse lassen sich ein Verständnis vorhandener Abläufe erlangen und mögliche Probleme identifizieren (ALLWEYER 2009, S.224 f., SMUNT 2000). Als Kriterien für die Prozessanalyse dienen nach (ALLWEYER 2009, S. 227 ff.) die im Folgenden beschriebenen Merkmale auch als Basis für die Entwicklung von Kennzahlen. Diese sind je nach Situation unterschiedlich zu gewichten und zudem voneinander abhängig (ALLWEYER 2009, S. 227 ff.). Die Merkmale stellen neben Prozessdurchlaufzeiten und -kosten sowie der erreichten Qualität, auch die Anzahl von Organisations- oder Medienbrüchen dar (ALLWEYER 2009, S. 227 ff.). Letztere beschreiben die Übergabe von Verantwortlichkeiten zwischen Personen oder Organisationseinheiten sowie den Wechsel zwischen Dokumenten oder Informationssystemen (ALLWEYER 2009, S. 227 ff.). Weiterhin lassen sich Prozesse nach der Häufigkeit von Datenredundanzen sowie der Auslastung der beteiligten Organisationseinheiten oder den Tätigkeitsprofilen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bewerten (ALLWEYER 2009, S. 227 ff.).

Die Leistungsmessung, z. B. anhand von Kennzahlen, dient dazu, die vorhandenen Prozesse auf Verbesserungsbedarf zu prüfen (ALLWEYER 2009, S. 385): Effizienz und Effektivität der Produktentwicklungsprozesse sind kontinuierlich zu bewerten und so Abweichungen frühzeitig zu erkennen, sodass durch rechtzeitige Reaktion die Zielerreichung abgesichert werden kann (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 266 ff. und S. 308).

Der IST-Prozess ist so zu verbessern, dass ein Bewusstsein für unterschiedliche Sichten auf den Produktentwicklungsprozess geschaffen sowie gute Entwicklungspraxis und gutes Entwicklungsmanagement sichergestellt werden (ECKERT & CLARKSON 2005). Durch geeignete Prozessgestaltung ist der wirtschaftliche Erfolg eines Unternehmens zu sichern (HEISIG et al. 2010, S. V).

Die Modellierung der SOLL-Prozesse soll sich an den tatsächlich benötigten Leistungen orientieren (ALLWEYER 2009, S. 261). Mögliche Maßnahmen zur Gestaltung der SOLL-Prozesse sind beispielsweise eine prozessorientierte Neugestaltung der Aufbauorganisation (ALLWEYER 2009, S. 266) oder Outsourcing bzw. Ausgliedern von Teilprozessen (POSLUSCHNY & TREUNER 2009, S. 83). Darüber hinaus lassen sich Funktionen zusammenfassen oder Teilprozesse parallelisieren (ALLWEYER 2009, 2009, S. 266). Nicht wertschöpfende Aktivitäten und Redundanzen sind zu entfernen (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 129, SMUNT 2000, POSLUSCHNY & TREUNER 2009, S. 94). System- und Medienbrüche sind zu überwinden (ALLWEYER 2009, 2009, S. 266) und geeignete Prozesse zu standardisieren (POSLUSCHNY & TREUNER 2009, S. 96). Kontrollaktivitäten sollten auf ein Minimum reduziert werden (ALLWEYER 2009, S. 266,

POSZUSCHNY & TREUNER 2009, S. 94). Schließlich sind Kommunikation und Koordination zu verbessern und die Prozesse durch geeignete informationstechnische Systeme (IT-Systeme) zu unterstützen (ALLWEYER 2009, S. 266). Da sich die Randbedingungen fortwährend ändern (ALLWEYER 2009, S. 407ff.), sollten die SOLL-Prozesse ausreichend flexibel gegenüber Änderungen und entsprechend adaptierbar sein. (ALLWEYER 2009, S. 408). Daraus ergibt sich der Bedarf nach einem kontinuierlichen Prozessmanagement, welches fortlaufend weiterentwickelt wird, z. B. in Kombination mit Ansätzen wie Kaizen (Kapitel, ALLWEYER 2009, S. 410 f.).

Der mit der Umsetzung der SOLL-Prozesse verbundenen Wandel ist durch geeignete Kommunikation sowie Teilnahme und Unterstützung durch das obere Management zu fördern (Smunt 2000). Weiterhin sind geeignete Personalentwicklungsmaßnahmen, wie Anreizsysteme, oder IT-Unterstützung und erforderliche Werkzeuge zur Implementierung der verbesserten Prozesse zur Verfügung zu stellen (SMUNT 2000).

Unterschiedliche **Strategien** werden **zur Verbesserung** von Produktentwicklungsprozessen eingesetzt, um so schnellere Prozesse und eine höhere Flexibilität sowie eine höhere Produktqualität und die Senkung der Kosten zu erreichen (LINDEMANN 2009, S. 14). Solche Strategien sind unter anderem:

- **Integrierte Produktentwicklung** bzw. **Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung**
Durch vertikale Integration der Führungsebene wird die Kontrolle der Entwicklungstätigkeiten durch eine ganzheitliche Handhabung von Strategie und Zielen erreicht (ANDREASEN 2005a, S. 296 f.). Die horizontale Integration der Funktionen führt zu einer Steigerung der Effektivität und Optimierung (ANDREASEN 2005a, S. 296 f.). Die Bildung von funktionsübergreifenden Teams (vgl. DiTRAPANI & GEITHNER 1996, DOD IPPD HANDBOOK 1998, ALBERS MOHRMAN et al. 1995) ermöglicht eine Parallelisierung der Entwicklungstätigkeiten (BULLINGER 1990, S. 41). Dies entspricht der aktivitätsübergreifenden Integration nach Specht (SPECHT 1997). Der Autor beschreibt zudem den Bedarf der funktions- und technologie- sowie produkt- und produktgenerationenübergreifenden Integration mit dem Ziel der Wiederverwendung vorhandener Lösungen (SPECHT 1997). Weiterhin ist eine projektübergreifende Integration für die Nutzung von Synergien, z. B. bezüglich Ressourcen und Vermeidung von Mehrfachentwicklungen, umzusetzen (SPECHT 1997). Dies gilt auch für die Integration von Geschäftseinheiten und Standorten sowie unternehmensübergreifender Integration im Rahmen von Kooperationen (SPECHT 1997).
- **Simultaneous** bzw. **Concurrent Engineering**
Concurrent Engineering steht für simultanes Entwerfen und Entwickeln aller Prozesse und Informationen, die für die Erstellung eines Produktes erforderlich sind, mit dem Ziel die Entwicklungszeit zu minimieren (SWINK 2000). Informationen werden, durch die größtmögliche Überlappung und Parallelisierung der Entwicklungstätigkeiten, früh zwischen Organisationseinheiten übergeben (GOLM 1996, S. 29). Dadurch ist eine hohe Flexibilität aller Beteiligten erforderlich, um mit unsicheren Informationen umgehen zu können (GOLM 1996, S. 29). Durch die Überlappung erhöhen sich die Abhängigkeiten zwischen den Tätigkeiten und Unternehmensfunktionen und somit der Koordinationsaufwand (SWINK 2000).

Simultaneous Engineering (nach Swink ein Synonym für Concurrent Engineering (SWINK 2000) fokussiert somit auf die Vorverlagerung von Erkenntnisprozessen und die Erhöhung des Anteils deterministischer Prozesse (WILDEMANN 1997, S. 32 ff.). Darüber hinaus sind Aktivitäten durch funktionsübergreifende Entwicklung ggf. zu parallelisieren oder integrieren bzw. zu beschleunigen (WILDEMANN 1997, S. 32 ff., BULLINGER & WARSCHAT 1997, S. 15 ff., SPECHT 1997). Zudem sind sowohl Prozesse als auch Produktarchitekturen (Kapitel 2.2) zu standardisieren, um Wiederholungen und unnötige Arbeiten zu vermeiden (BULLINGER & WARSCHAT 1997, S. 15ff.). Voraussetzung für die Optimierung ist eine Investition in frühe Phasen (Front Loading) (WILDEMANN 1997, S. 32 ff.).

Für die Umsetzung von Concurrent bzw. Simultaneous Engineering gilt es nicht nur die Abläufe entsprechend zu gestalten, sondern auch das Produkt (Ziel: Wiederverwendung) und die Aufbauorganisation sowie die Teamgestaltung und Karrieremodelle und schließlich das Ressourcenmanagement (BULLINGER & WARSCHAT 1997, S. 15 ff.).

- **Restrukturierung von Prozessen, Business Process Re-engineering (BPR)**

Mehrere Autoren (z. B. HASLER & ANDROSCHIN 1997) schreiben für die Neustrukturierung der Produktentwicklung kurzfristige Maßnahmen, wie die Neuorganisation der Aktivitäten sowie Standardisierungs- oder Innovationsprogramme vor, um die Ertrags- und Marktsituation zu verbessern. Langfristig schlagen sie eine Neuausrichtung zur Erhöhung der Integrationsfähigkeiten (z. B. Einbinden von Lieferanten und Kunden) sowie die optimale Allokation der intellektuellen Ressourcen und Wissensmanagement vor (HASLER & ANDROSCHIN 1997).

Ein weitverbreiteter Ansatz zur Neugestaltung der Produktentwicklung ist das **Business Process Re-engineering (BPR)**. Es bedeutet fundamentales Überdenken und radikales Neugestalten von Geschäftsprozessen (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 22 f.). Dabei werden bestehende Strukturen, Systeme und Verhaltensweisen in Frage gestellt; mit dem Ziel Verbesserungen hinsichtlich Zeit, Qualität und Kosten sowie Kundenzufriedenheit zu erreichen (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 22 f.). Die Hauptmerkmale des BPR sind eine strikte Kundenorientierung sowie die Ausrichtung des gesamten Unternehmens auf die Geschäftsprozesse, dabei sind die Prozesse und Strukturen grundlegend zu erneuern (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 22 f.). Nachteil des BPR sind der große Aufwand und der Bedarf an personellen Ressourcen, die seine Durchführung mit sich bringt, weshalb seine Anwendung auf Prozesse mit hoher strategischer Bedeutung bzw. hohen Leistungsdefiziten beschränkt werden sollte (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 273). Eine Weiterentwicklung des BPR besteht im Integrated Product and Process Reengineering (IPPR), bei dem die Prozessverbesserung auf der Optimierung des Produktangebotes aufbaut (ROTINI et al. 2012).

- **Product Life Cycle Management (PLM)**

Ziel des Product Lifecycle Management (PLM) ist eine optimale Gestaltung der Prozesse und die Bereitstellung aller erforderlichen Produktinformationen über den Lebenszyklus hinweg (SCHEER et al. 2006, S. 13) in einem Datenmanagementsystem. Durch eine ganzheitliche Betrachtung der Produktentwicklung wird das Stamm- und Entwicklungsdatenmanagement erleichtert sowie die Entwicklungsprozesse unterstützt und verbessert (SCHEER et al. 2006, S. 8 f.). Fokus des PLM ist es, technische Daten und Prozesse zu

integrieren und diese mit betriebswirtschaftlichen Kenngrößen zu vernetzen (SCHEER et al. 2006, S. 8 f.). Dadurch sollen eine effiziente Entwicklung und die Abstimmung von Produktentwicklung und Markteinführung erreicht werden (SCHEER et al. 2006, S. 8 f.).

- **Total Quality Management (TQM)**

Total Quality Management (TQM) stellt ein Führungskonzept dar, in dem Qualität als zentraler Bestandteil der Unternehmensphilosophie fungiert. In die Beurteilung der Qualität fließt der Erfüllungsgrad aller Anforderungen und Erwartungen aller Interessensgruppen gewichtet ein. Es gilt, eine hohe Qualität der Produkte und Dienstleistungen sowie neben einer hohen Qualität der Unternehmensprozesse und Arbeitsbedingungen, auch eine hohe Qualität der Beziehungen zur Umwelt zu erreichen. Ziel des TQM ist es, die Effektivität und Effizienz dieser Bereiche kontinuierlich zu steigern. (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 17)

- **Six Sigma**

Six Sigma ist eine datengestützte Methode zur Vermeidung von Fehlern und Erhöhung der Prozessleistung. Dabei wird das Ziel verfolgt, die Prozesse derart zu gestalten und zu steuern, dass die Prozessergebnisse nur gering streuen und sich ihr Mittelwert verbessert. Dahinter steht die Annahme, dass sich die Streuung der Ergebnisse negativ auf die Kundenzufriedenheit auswirkt. Für jeden Prozess werden kritische Qualitätsmerkmale (critical to quality - CTQ) aus Kundensicht definiert, gewichtet und quantifiziert. Ein Sollwert dient als Grundlage für die Messung von Fehlern und der Variation bzw. Streuung. Ziel ist es, maximal 3,4 Fehler bei einer Million Möglichkeiten zu erreichen (also 6σ). (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 391)

Um dies erreichen zu können, müssen die Prozesse beherrschbar sein, durch die Eliminierung von vermeidbaren Ursachen einer zu hohen Variation (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 392).

- **Lean Product Development** bzw. Lean Thinking

Eine detaillierte Beschreibung findet sich in Kapitel 2.2.

- **Projektmanagement**

Wie oben aufgeführt ist „Projektmanagement [...] die Gesamtheit an Führungsaufgaben, Führungsorganisation, Führungstechniken und Führungsmitteln für die Abwicklung eines Projekts [...]“ DIN 69901 (DIN 2009, S. 14). Ziel ist es, anhand der Tätigkeiten im Projektmanagement die Qualität einer Sachleistung sowie die Termintreue zu verbessern und die Kosten zu minimieren (BULLINGER & WARSCHAT 1997, S. 66). Es umfasst die Projektdefinition, -planung, -ausführung, -kontrolle und -abschluss (BURGHARDT 2007, S. 12, BURGHARDT 2008, S. 15 f.). Ein effektives Projektmanagement ermöglicht die Verbesserung von Produktentwicklungsprozessen (LINDEMANN 2009, S. 14, ALLWEYER 2009, S. 70, BULLINGER 1990, S. 41). Dabei spielt die Projektnachverfolgung bzw. -dokumentation eine wichtige Rolle. Sie ist erforderlich für eine durchgängige Projektberichterstattung, die auf Basis der systematischen und iterativen Projektplanung (BULLINGER & WARSCHAT 1997, S. 82 f., PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE 2013, S.6, BURGHARDT 2008, S. 155 ff.) einen kontinuierlichen SOLL- und IST-Vergleich ermöglicht (BURGHARDT 2007, S. 9, BURGHARDT 2008, S. 13), anhand dessen Abweichungen

und Probleme frühzeitig erkannt und Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können (BULLINGER & WARSCHAT 1997, S. 83). Weiterhin ist sie Grundlage für die gemeinsame Abwicklung von parallelen Projekten und ermöglicht die Vermeidung von Doppelarbeit (BURGHARDT 2008, S. 488 ff.). Sie unterstützt die Erfassung und Planung von Kapazitäten und Tätigkeiten, welche insbesondere in der Multi-Projektumgebung zur Regelung von Kapazitätsengpässen von hoher Bedeutung ist (BULLINGER & WARSCHAT 1997, S.80 f., BURGHARDT 2008, S. 100 f.).

- **Projektportfoliomanagement**

In der Praxis wird selten ein ausgewogenes Verhältnis zwischen verfügbaren Ressourcen und der Projektanzahl erzielt (PAYNE 1995). Projekte stehen zueinander im Wettbewerb hinsichtlich der Ressourcen, dadurch kommt es zu Überlastung und Störung der intensiven Kommunikation und Koordination von Projekten (ADLER et al. 1995). Es können durch eine Multi-Projektumgebung Probleme bezüglich der Priorisierung oder dem Bedarf an Kompetenzen sowie der Unternehmenskultur oder dem Engagement von Personen entstehen (PAYNE 1995). Mit Hilfe des Projektportfoliomanagements¹⁵ sind die richtigen Projekte auszuwählen und auszuführen (PMI KNOWLEDGE AND WISDOM CENTER 2005, S. 492, COOPER et al. 2001, S. 8 f.). Hiller definiert das Projektportfoliomanagement als „Gestaltung, Regelung und Visualisierung der Projektlandschaft“ (HILLER 2002, S. 25).

Ziel des Projektportfoliomanagements ist es, die Projekte gemeinsam koordiniert durchzuführen, um im Vergleich zum Erfolg einzelner Projekte einen höheren Gesamtnutzen zu erreichen (BURGHARDT 2008, S. 304) und die Unternehmensstrategie effektiv und effizient umzusetzen (HILLER 2002, S. 25, vgl. SCHEER et al. 2006, S. 101 f.). So soll eine wettbewerbsfähige Position behauptet werden (COOPER et al. 2001, S. 223).

Projektportfoliomanagement bedeutet, die richtigen Informationen zur Auswahl der richtigen Projekte zu erlangen. Dafür sind die Geschäftsprozesse und Projekte integriert zu betrachten und die Strategie zur Projektauswahl ganzheitlich zu kommunizieren (LEVINE 2005, S. 4).

Eine klare Priorisierung von Projekten von deren Initiierung bis hin zum Abschluss sowie klare Regeln für Konfliktlösung sind entscheidend (LOCH & TERWIESCH 2000). Projekte stehen dabei zueinander in Beziehung: Es bestehen Wechselwirkungen (z. B. aufgrund gemeinsamer Ressourcennutzung) und Abhängigkeiten (z. B. Ergebnisse beider Projekte sind erforderlich) und Synergieeffekte bei ganzheitlicher Betrachtung im Vergleich zum Einzelergebnis (GACKSTATTER 1997, S. 33 f.). Es gilt in den Projekten effizient zu arbeiten und die Koordination zwischen den Projekten sicherzustellen, sodass Doppelarbeit

¹⁵ Unter einem Projektportfolio versteht man die Ansammlung unterschiedlicher Projekte, sowohl für Produkte als auch für interne Verbesserungen (RICHARDSON 2010, S. 29). In der Literatur spricht man auch von Produktportfoliomanagement (KLEINSCHMIDT et al. 2005, S. 223), Portfoliomanagement, Programmmanagement und Multi-Projektmanagement (HILLER 2002, S. 23) bzw. von Programmplanung (GACKSTATTER 1997, S. 11). Wobei unter einem Programm eine Gruppe zueinander in Beziehung (z. B. zeitliche Abhängigkeit) stehender Projekte verstanden wird (OEHMEN 2012, S. 19, BURGHARDT 2008, S. 15).

vermieden (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 106) und Wiederverwendung vorhandener Lösungen, z. B. schneller Technologietransfer (NOBEOKA & CUSUMANO 1995), ermöglicht wird.

Das Portfolio ist periodisch zu überprüfen und Go- / Kill-Entscheidungen zu treffen sowie neue Produktstrategien zu entwickeln (KLEINSCHMIDT et al. 2005, S. 223). Dies umfasst ebenfalls strategische Entscheidungen über die Ressourcenverteilung (PMI KNOWLEDGE AND WISDOM CENTER 2005, S. 493). Es ist eine Balance zwischen kurz- und langfristigen bzw. unterschiedlichen Projektarten zu finden (COOPER et al. 2001, S. 8 f., KLEINSCHMIDT et al. 2005, S. 223).

Die Funktionen des Projektportfoliomanagements lassen sich nach Scheer et al., Sehested & Sonnenberg und Platje (SCHEER et al. 2006, S. 103 ff., SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 107, PLATJE & SEIDEL 1994) wie folgt zusammenfassen: Zum einen ist ein Portfolio-monitoring und -controlling umzusetzen, anhand dessen ein Überblick über die vorhandenen Projekte und deren Status geschaffen werden kann. Es bildet die Basis für Portfolioentscheidungen¹⁶ zur Sicherstellung eines gesunden, wertgenerierenden Portfolios (vgl. a. COOPER 2005, S. 26 ff.). Weiterhin ist das Portfolio-Management durch geeignete Unterstützung z. B. der Priorisierung und Initiierung oder auch den Abbruch von Projekten zu implementieren. Ein geeignetes Kapazitäts- und Ressourcenmanagement und die erforderliche Unterstützung von Projektportfolioprozessen sind zu realisieren, z. B. zur Synchronisation von Portfolio- und Einzelprojektplanung oder Kommunikation.

2.1.2 Leistungsbewertung in der Produktentwicklung

Leistungsmessung erfüllt in der Produktentwicklung unterschiedlichste Zwecke. Nach Chiesa et al. 2009 wird sie in der Praxis aus den folgenden Gründen eingesetzt (CHIESA et al. 2009): Es sollen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter dazu motiviert werden, den Prozess zu verbessern sowie die Zielerreichung eines Projektes bezüglich Budget, Ressourcen und Qualität überprüft werden. Weiterhin ist eine Grundlage für die Entscheidung über den Start oder das Fortführen bzw. Abbrechen von Projekten zu schaffen. Es gilt Aussagen darüber zu treffen, welche Entwicklungsaktivitäten einen wertschöpfenden Beitrag leisten. Die Koordination und Kommunikation der im Entwicklungsprozess Beteiligten soll erleichtert werden sowie die Unsicherheit im Produktentwicklungsprozess reduziert werden. Schließlich dient die Leistungsmessung dazu, das Lernen jeder einzelnen Person zu fördern. (CHIESA et al. 2009)

Leistung in der Produktentwicklung

Nach Cedergren wird Leistung in der Produktentwicklung auf unterschiedliche Weise beschrieben (CEDERGREN 2011, S. 26 und S. 28). Dabei liegt ein Schwerpunkt häufig auf dem Ergebnis einer Entwicklung bzw. dem Erzielen eines erfolgreichen Produktes (CEDERGREN 2011, S. 26).

¹⁶ Siehe z. B. Kleinschmidt et al., S. 236 f. für finanzielle Methoden sowie andere Methoden wie Portfoliokarten oder Punktbewertungen zur Analyse des Projektportfolios (KLEINSCHMIDT et al. 2005, S. 236 f.).

Es sollte dabei zwischen der Leistung des Produktes (finanziell sowie der Markterfolg des Produktes, „Prozesseffektivität“ bei Smunt [SMUNT 2000]) und der operationalen Leistung unterschieden werden (CEDERGREN 2011, S. 27). Letztere, bei Smunt als Prozesseffizienz bezeichnet, umfasst das Erreichen der Projektziele u. a. in zeitlicher und finanzieller Hinsicht sowie in Bezug auf den Ressourcenverbrauch und die erreichte Qualität (CEDERGREN 2011, S. 27, SMUNT 2000).

Insgesamt herrscht in der Literatur ein heterogenes Bild von den Begriffen Effizienz und Effektivität vor. Ahn identifiziert drei Ausrichtungen für deren Definition (AHN 1997, S. 26 ff.): Nach der ersten Definition steht Effektivität für den Grad der Erreichung langfristiger Ziele von Organisationen. Effizienz dient hier der Erfassung von Input-Output-Relationen (Verhältnis der Eingangsgrößen und des erzielten Ergebnisses einer Maßnahme) und entspricht so einem bestimmten Aspekt der Effektivität. Insgesamt liegt der Schwerpunkt auf einer Bewertung der übergeordneten Effektivität. (AHN 1997, S. 26 ff.)

Die zweite Definition misst der Effektivität eine geringere Bedeutung zu, da sie lediglich beschreibt ob eine Maßnahme prinzipiell zur Zielerreichung beitragen kann. Die Effizienz trifft eine Aussage über den relativen Zeitbeitrag von Maßnahmen. (AHN 1997, S. 26 ff.)

Die Dritte Definition betrachtet Effizienz und Effektivität als gleichwertig, da eine Maßnahme nur dann von Vorteil ist, wenn ihre Ziele effizient erreicht werden. Wie im Falle der ersten Definition entspricht die Effektivität dem Grad der Zielerreichung und Effizienz dem Ressourcenverbrauch im Verhältnis zum erreichten Nutzen. (AHN 1997, S. 26 ff.)

Die Wichtigkeit Effektivität und Effizienz gleichwertig zu betrachten, wird von Schmelzer & Sesselmann betont (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 4). Nur so kann sichergestellt werden, dass die richtigen Ziele erfüllt werden (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 4), also die richtigen Dinge („Do the right things.“, vgl. AHN 1997, S. 26 ff.) getan werden. Es reicht nicht aus die Dinge nur richtig bzw. effizient zu erledigen („Do the things right.“, vgl. AHN 1997, S. 26 ff.).

O'Donnel & Duffy nutzen die dritte Art der Definition für ihr Modell der Leistung in der Produktentwicklung und unterscheiden zwischen Aktivitäten zur Koordination von Entwicklungstätigkeiten und den Entwicklungstätigkeiten selbst (O'DONNELL & DUFFY 2005, S. 69 ff.). Diese Unterscheidung treffen sie, da Koordinationstätigkeiten wie z. B. aus dem Bereich des Projektmanagements, keinen direkten wertschöpfenden Bezug haben und so durch klassische Controlling-Kennzahlen nur schwer abzubilden sind.

Die Effektivität einer Entwicklungstätigkeit ergibt sich aus dem Grad der Zielerreichung durch das Ergebnis der Tätigkeit (Bild 2-2). Die Effizienz resultiert aus dem durch das Ausführen erzeugten Wissenszuwachs im Verhältnis zu den verbrauchten Ressourcen. Die Leistung der Tätigkeit ergibt sich aus der gemeinsamen Beurteilung von Effektivität und Effizienz. Analog erfolgt die Leistungsbewertung der Koordinationstätigkeiten, wobei eine hohe Leistung nur dann erreicht werden kann, wenn die Entwicklungstätigkeit eine hohe Effektivität erreicht. Dies liegt darin begründet, dass z. B. das Projektmanagement nur erfolgreich sein kann, wenn die Entwicklungsziele erfüllt werden. (O'DONNELL & DUFFY 2005, S. 69 ff.)

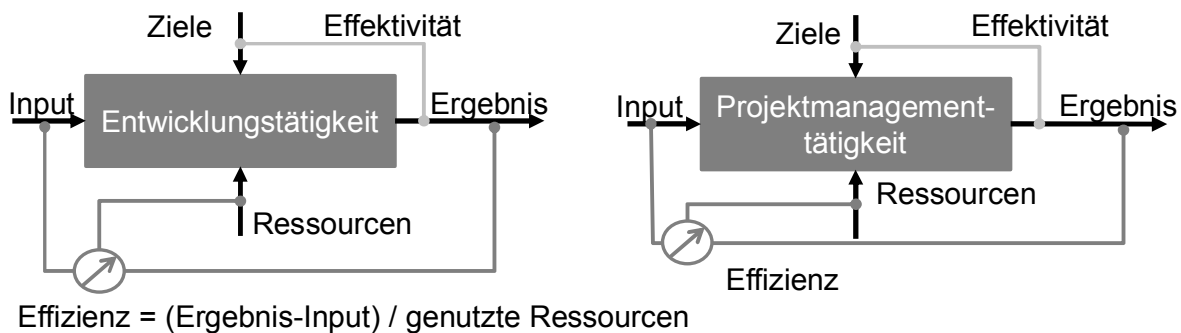


Bild 2-2: Leistung in der Produktentwicklung (nach O'DONNELL & DUFFY 2005, S. 79)

Cedergren fügt dem Modell nach O'Donnell & Duffy eine weitere Aktivität hinzu: in seinem Performance Criteria Reference Model (PCRM) findet sich zudem die Aktivität der Produktstrategie (CEDERGREN 2011, S. 132 ff. und S. 192 ff.). So soll das Modell eine Zukunftsperspektive erhalten und durch die langfristige Betrachtung die Unsicherheit zu Beginn eines Produktentwicklungsprozesses („Knowledge Gap“) vermindert werden (CEDERGREN 2011, S. 132 ff. und S. 192 ff.).

Selten wird im Bereich Produktentwicklung, neben anderen Leistungsdimensionen, Produktivität herangezogen (CEDERGREN 2011, S. 29). Diese ist nur schwer messbar, da sich die Ergebnisse aus dem Produktentwicklungsprozess im Sinne der Produktivität nicht messen lassen (CEDERGREN 2011, S. 29). Beispielsweise liefert die Anzahl der Seiten an erzeugter Dokumentation keine Aussage über die tatsächliche Produktivität, d. h. Beitrag zur Umsetzung der Unternehmensstrategie bzw. Erfüllung der Kundenanforderungen.

Leistungsbewertung mit Kennzahlen

Für die Unterstützung bei der Auswahl und Anwendung geeigneter Kennzahlen wurden Rahmenwerke zur Leistungsmessung, wie z. B. die Balanced Score Card (BSC) (KAPLAN & NORTON 1997) oder das Performance Prism (NEELY et al. 2001) vorgestellt.

Die **Balanced Score Card** (BSC) stellt dabei das bekannteste und am weitläufigsten angewendete System dar. Sie dient nach Kaplan & Norton „als strategischer Handlungsrahmen“ zur Formulierung und Umsetzung der Strategie und deren Kommunikation sowie zur strategischen Planung und für strategisches Feedback sowie Lernen (KAPLAN & NORTON 1997, S. 10).

Die BCS ergänzt die traditionelle finanzwirtschaftliche Betrachtung um die Perspektive der Kunden sowie betriebsinternen Prozesse und Innovationen bzw. des Wissens (DISSELKAMP 2012, S. 139, RAMANAN 2000, S. 407 ff.). Diese Sichten werden untereinander vernetzt: Es gilt anhand von Ursache-Wirkungsketten den Zusammenhang zwischen einzelnen Kriterien und der Unternehmensstrategie abzubilden (KAPLAN & NORTON 1997, S. 143 f.). Die Ziele bzw. Kennzahlen unterschiedlicher Perspektiven werden untereinander so in Beziehung gesetzt, dass sich die Auswirkungen von Veränderungen in der Finanzperspektive erkennen lassen (DISSELKAMP 2012, S. 140). Es wird gemessen, wie die Leistung des Unternehmens vor dem Hintergrund der konkurrierenden Bedürfnisse einzelner Stakeholder ausgeprägt ist, wofür der Einsatz von zehn bis 25 Kennzahlen empfohlen wird (RAMANAN 2000, S. 407 ff.). Tabelle 2-1 zeigt

beispielhafte Kennzahlen je Perspektive angepasst nach Disselkamp (DISSELKAMP 2012, S.139).

Tabelle 2-1: Kennzahlen – Balanced Score Card angepasst (nach DISSELKAMP 2012, S. 139)

Finanz- perspektive	Kunden- perspektive	Prozess- perspektive	Lern- perspektive
Vermögen	Marktanteil	Durchlaufzeit	Krankenstand
Umsatz	Wiederkaufs- rate	Produktivität	Kosten Weiterbildung
Gewinn	Stamm- / Neukunden	Ausschuss	Mitarbeiter- zufriedenheit

Eine BSC beschreibt die Vision des Unternehmens und unterstützt es, ein gemeinsames Verständnis zu erzeugen, sodass einzelne Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ihren Beitrag zum Ganzen erkennen und Veränderungsbemühungen Aufmerksamkeit erfahren (RAMANAN 2000, S. 407 ff.). Unter anderen lassen sich mit ihrer Hilfe Synergien finden und für die Zukunft nutzbar machen (DISSELKAMP 2012, S. 139). Weiterhin unterstützt die BSC die vorhandenen Ressourcen für Veränderungsvorhaben bzw. -projekte zu bündeln, um die Umsetzung der Unternehmensstrategie zu sichern (RAMANAN 2000, S. 407 ff.).

Die Umsetzung der BSC sowie die Abbildung der Wirkketten und das Erzeugen einer Balance zwischen der Perspektiven und ihren Kenngrößen gestaltet sich schwierig (vgl. CEDERGREN 2011, S. 45 f.).

Das **Performance Prism** (NEELY et al. 2001) besteht aus fünf untereinander verbundenen Perspektiven und ist somit ganzheitlicher als die BSC (CEDERGREN 2011, S. 46 f.). Das Rahmenwerk geht auf die Zufriedenheit der Stakeholder (Wer sind sie? Was brauchen sie?) sowie die Strategie (Welche Strategie, um welche Stakeholder zufrieden zu stellen?) ein. Weiterhin enthält es den Prozess (Welche Prozesse sind erforderlich zur Erfüllung der Strategie?) und die Fähigkeiten (Welche Fähigkeiten sind erforderlich für die Prozessdurchführung?) sowie den durch die Stakeholder zu leistenden Beitrag (Was ist von Stakeholdern zur Verfügung zu stellen, damit Fähigkeiten erlangt werden?). (NEELY et al. 2001)

Ein weiteres Rahmenwerk zur Auswahl und Anwendung von Leistungskennzahlen ist das **Input-Prozess-Output-Ergebnis** (nach BROWN 1997, S. 99 ff.). Dieses Modell geht von einer durchgehenden Ursache-Wirkungskette zwischen dem Input (z. B. Mitarbeiterzufriedenheit, Rohmaterial) in einen Produktentstehungsprozess (z. B. Produktgestaltung, Produktion, Prozesskennzahlen) und dessen Output (das Produkt, auch finanzielle Kennzahlen), der sich in einem Ergebnis am Markt (Kundenzufriedenheit) zeigt und somit die gesteckten Ziele erreicht (CEDERGREN 2011, S. 44 ff.). Dieser Ansatz geht von einer linearen Beziehung zwischen den einzelnen Einheiten aus, in der jeder Effekt in einer Einheit den nächsten Effekt in der nächsten Einheit nach sich zieht (CEDERGREN 2011, S. 44 ff.). Diese Linearität ist in der Praxis allerdings nicht gegeben, sodass die Realität durch die Vernetzung in der BSC genauer abgebildet wird.

Nach Smith und Reinertsen werden hauptsächlich vier Kennzahlen für die Leistungsbewertung von Projekten verwendet: Zeit, Kosten, Produkterfolg und die Produktionskosten (SMITH &

REINERTSEN 1998). Um die Leistungsmessung in der Produktentwicklung mit Hilfe von z. B. oben vorgestellten Rahmenwerken durchzuführen, sind aus weitläufigeren Sammlungen an Kennzahlen geeignete für jede Perspektive auszuwählen.

Zum einen werden Kennzahlen für die Perspektiven der BSC für die Bewertung der Geschäftsprozesse und der Finanzperspektive sowie die Lernperspektive und Kundenzufriedenheit angeboten (z. B. bei CHIESA et al. 2009). Beispielsweise lässt sich die Prozesseffizienz¹⁷ nach Schmelzer & Sesselmann (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 266 ff.) anhand der internen und externen Kundenzufriedenheit sowie der Prozessqualität bezüglich Prozesszeit, Termintreue und Prozesskosten beurteilen. Es ist zu beachten, dass diese Kenngrößen nicht unabhängig voneinander sind, sondern im Zusammenhang betrachtet und ggf. synchronisiert werden müssen (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 268). Zum anderen existieren eine Vielzahl an strategischen Messgrößen sowie Kennzahlen für das Innovations- und Technologie- oder Wissensmanagement (vgl. GODENER & SÖDERQUIST 2004).

Vielen der Kennzahlen und -systeme ist gemein, dass sie auf Projekte im Ganzen fokussieren. Zudem wird die Bewertung der Projekte im Allgemeinen retrospektiv durchgeführt¹⁸. Viele Kennzahlen lassen sich bspw. nicht zu Beginn bzw. während eines Produktentwicklungsprojektes, sondern erst nach dessen Abschluss erheben. Eine projektübergreifende Untersuchung wird nur bedingt unterstützt.

In dieser Arbeit liegt der Fokus nicht auf einer kennzahlenbasierten Bewertung, da eine Lösung zu entwickeln ist, die eine Bewertung auch ohne die Erhebung bestimmter z. B. finanzieller oder zeitlicher Kennzahlen ermöglicht. So soll es Personen und Unternehmen, welchen diese Messergebnisse nicht zur Verfügung stehen, möglich sein, den in dieser Arbeit vorgestellten Lösungsansatz zu nutzen (Kapitel 3). Insbesondere muss eine ganzheitliche, projektbegleitende Bewertung der Leistung in der Produktentwicklung möglich sein. Deshalb konzentriert sich der folgende Abschnitt auf Ansätze zur Durchführung von Audits und Self-Assessments anhand von Reifegradmodellen bzw. Punktbewertung.

Audits und Self-Assessment zur Leistungsbewertung

Nach Knoblinger et al. (KNOBLINGER et al. 2011) lassen sich Audits, welche durch unternehmensexterne Auditoren, und Selbstbewertungswerkzeuge (Self-Assessment-Tools), die intern im Unternehmen durchgeführt werden, unterscheiden. Diese Ansätze werden auf verschiedene Weise umgesetzt:

Reifegradraster (Maturity Grids – MG) lassen sich sowohl für die Leistungsmessung als auch für Verbesserungsvorhaben einsetzen (MAIER et al. 2012). Sie unterscheiden sich von fähigkeitsorientierten Reifegradmodellen, wie z. B. Capability Maturity Models (CMM bzw. CMMI,

¹⁷ Weitere Messgrößen für den Produktentwicklungsprozess z. B. bei Wildemann (WILDEMANN 1997, S. 56).

¹⁸ z. B. Leistungsbewertung mit Projektvergleichstechnik nach Wasielewski (WASIELEWSKI 2010), retrospektive Untersuchung des Entwicklungsergebnisses bei Meyer & Lehnerd (MEYER & LEHNERD 1997, S. 170).

CHRISISS et al. 2011, S. 8 f.) zum einen darin, dass Modelle wie CMMI die Eigenschaften spezifischer Prozesse vorschreiben, während MG generische Eigenschaften identifizieren, welche für die Entwicklung und Umsetzung leistungsfähiger Prozesse erforderlich sind (MAIER et al. 2012). Weiterhin nutzen fähigkeitsorientierte Reifegradmodelle häufig Likert-Skalen oder Checklisten mit Ja-Nein-Abfragen als Bewertungsinstrument (MAIER et al. 2012). MG beinhalten eine textuelle Beschreibung für jeden Reifegrad, die für jeden bewerteten Aspekt individuell ist (MAIER et al. 2012). In MG werden „Good Practices“ und mögliche Reifegrade bei der Umsetzung beschrieben (MOULTRIE et al. 2006). Diese Aspekte werden weder gegeneinander priorisiert, noch wird ein Gesamtbewertungsergebnis abgeleitet (MOULTRIE et al. 2006).

Im Folgenden werden ausgewählte Ansätze, sowohl Audits als auch Self-Assessment-Tools, zur Bewertung der Leistung eines Unternehmens vorgestellt. Dabei unterscheiden sich diese Ansätze zwar in ihrem Fokus (z. B. Qualitätsmanagement oder Unternehmenserfolg), sie berücksichtigen dennoch ausnahmslos die Produktentwicklung als zentrale Voraussetzung für eine hohe Leistung.

Normfamilie ISO 9000:2000

Mit der Normfamilie wurde ein Standard zum Qualitätsmanagement geschaffen. Dabei umfasst die ISO 9000 (DIN EN ISO 2005), neben einer Einführung in die Grundlagen des Qualitätsmanagements, acht Grundsätze zu den Themen Kundenorientierung, Führung, Einbeziehung von Personen, Prozessorientierung, systemorientierter Managementansatz, ständige Verbesserung, sachbezogener Ansatz zur Entscheidungsfindung sowie Lieferantenbeziehungen mit gegenseitigen Nutzen.

Während die ISO 9001 (DIN EN ISO 2008) eine Grundlage für Zertifizierung des Qualitätsmanagements in einem Unternehmen, anhand generischer Prozessbeschreibungen, wie z. B. im Rahmen der Produktentwicklung, darstellt, fokussieren die ISO 9004 (DIN EN ISO 2009) und ISO 9001 (DIN EN ISO 2008) auf die Steigerung der Leistung im Unternehmen. Dies umfasst auch die Umsetzung eines prozessorientierten Qualitätsmanagementsystems und dessen kontinuierliche Verbesserung. Für die Beurteilung der Leistung der Prozesse wird ein Reifegradmodell eingesetzt. Dieses Reifegradmodell ist in Bild 2-3 dargestellt.

Ebene	Leistungsniveau	Charakteristiken
5	Bestleistung	<ul style="list-style-type: none"> • Fest integrierter Verbesserungsprozess • Nachweis Bestleistung durch Benchmarking
4	Ständige Verbesserung	<ul style="list-style-type: none"> • Eingeführter Verbesserungsprozess • Nachhaltige Verbesserungstrends
3	Formaler, systematischer Ansatz	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserungen im Frühstadium • Daten über Einhaltung Prozessziele vorhanden
2	Reaktiver Ansatz	<ul style="list-style-type: none"> • Problem- und korrekturorientierter Ansatz • Ergebnisdaten von Verbesserungen vorhanden
1	Kein formaler Ansatz	<ul style="list-style-type: none"> • Kein systematischer Ansatz erkennbar • Keine vorhersagbaren Ergebnisse

Bild 2-3: Reifegradmodell nach ISO 9004:2000 (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 337)

Dieser Ansatz deckt alle Geschäftsprozesse sehr allgemein ab (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 337, KNEUPER 2009, S. 3). Das Variantenmanagement wird in der Normfamilie nicht explizit adressiert. Es handelt sich rein, um eine Absicherung der Qualität durch sicherstellen des Vorhandenseins und Ausführens der erforderlichen Geschäftsprozesse.

CMMI for Development (z. B. CHRISSIS et al. 2011)

Capability Maturity Model (CMM) wurde für die Verbesserung der Prozesse bei der Software-Entwicklung, mit dem Ziel die Qualität und Effektivität der Prozesse zu erhöhen, entwickelt (CHRISSIS et al. 2011, S. 9). Anhand der Abbildung der Prozesse als CMM und deren Analyse gilt es, Verbesserungspotenzial zu ermitteln und umzusetzen. CMMs wurden im Laufe der Jahre weiterentwickelt. So entstanden CMMI durch die Integration von mehreren CMMs bzw. Sichten (CHRISSIS et al. 2011, S. 10). Man spricht auch vom sogenannten CMMI for Development (CMMI-dev), welches zur Verbesserung der Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen zum Einsatz kommt (CHRISSIS et al. 2011, 2011 S. 18).

Das CMMI-dev bietet eine direkt anwendbare Hilfestellung, da es auf Best Practices basiert (KNEUPER 2009, S.2f). Es umfasst 22 Prozessgebiete. Dabei entspricht ein Prozessgebiet Zusammenfassung von Anforderungen zu einem Thema (KNEUPER 2009, S. 16). Tabelle 2-2 zeigt die 22 Prozessgebiete, die sich in die Kategorien Prozess- und Projektmanagement sowie Engineering und unterstützende Prozesse ordnen lassen (CHRISSIS et al. 2011).

Tabelle 2-2: Prozessgebiete des CMMI Development (CHRISSIS et al. 2011)

Kategorie	Prozessbereiche
Prozessmanagement	Organisationsweite Prozessdefinition
	Organisationsweiter Prozessfokus
	Organisationsweites Performancemeasurement
	Organisationsweite Definition der Prozessleistung
	Organisationsweite Schulung / Personalentwicklung
Projektmanagement	Integriertes Projektmanagement
	Projektnachverfolgung und -controlling
	Projektplanung
	Quantitatives Projektmanagement
	Anforderungsmanagement
	Risikomanagement
	Lieferantenmanagement
Engineering	Produktintegration
	Anforderungsentwicklung
	Technische Lösung
	Validierung
	Verifikation
Unterstützende Prozesse	Auswirkungsanalyse und Gegenmaßnahmen
	Konfigurationsmanagement
	Formeller Entscheidungsprozess
	Leistungsmessung und -analyse
	Qualitätsmanagement für Produkt und Prozess

Für jedes Prozessgebiet sind spezifische und generische Ziele formuliert, denen jeweils spezifische bzw. generische Praktiken zugeordnet sind, die beschreiben wie die Ziele erreicht werden

können (KNEUPER 2009, S. 16). Die Erfüllung der Anforderungen bzw. Umsetzung der Praktiken wird anhand der CMMI-Reifegrade bewertet: unvollständig, durchgeführt, gemanagt, definiert, quantitativ gemanagt, optimierend (KNEUPER 2009, S. 27).

Die Verknüpfungen und Abhängigkeiten zwischen den Prozessbereichen werden im CMMI aufgezeigt. Es besteht keine konkrete Hilfestellung bei der Definition von Verbesserungsmaßnahmen. Anwender können diese auf Basis der Analyseergebnisse eigenständig herleiten. Das Thema Variantenmanagement wird durch CMMI-dev nicht betrachtet.

European Quality Award (EFQM) (z. B. GERTZ & HARMEIER 2013)

Das Modell des European Quality Awards (EFQM-Modell), dient als Grundlage für die Bewertung innerhalb des Wettbewerbs. Für jedes Element des Modells wurden zwei bis fünf Bewertungskriterien definiert, anhand derer sich ein Unternehmen eigenständig bewerten kann. Die Bewertungsergebnisse können zur Definition von Verbesserungsmaßnahmen genutzt werden. Die Bewertung anhand des EFQM-Modells gilt es im Unternehmen zu verankern, sodass Verbesserungsmaßnahmen und deren Erfolg und Wirkung langfristig nachverfolgt sowie eine kontinuierliche Verbesserung umgesetzt wird. (GERTZ & HARMEIER 2013).

Das EFQM-Modell baut auf drei Säulen auf: sogenannte Befähiger- und Ergebniskriterien stellen zwei Säulen dar. Weiterhin sind die Themen Lernen sowie Kreativität und Innovation als dritte Säule zu verstehen. (GERTZ & HARMEIER 2013)

Die Befähigerkriterien sind nach Gertz & Harmeier (GERTZ & HARMEIER 2013) Führung, Strategie, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, Partnerschaften und Ressourcen sowie Prozesse, Produkte und Dienstleistungen. Die Ergebniskriterien umfassen mitarbeiterbezogene Ergebnisse, kundenbezogene Ergebnisse, gesellschaftsbezogene Ergebnisse sowie Schlüsselergebnisse (GERTZ & HARMEIER 2013) und stellen eine Leistungsmessung anhand von Kennzahlen dar.

Variantenmanagement wird durch das EFQM-Modell nicht explizit berücksichtigt. Des Weiteren werden die Ursachen unzureichender Leistung nicht aufgezeigt. Die Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen wird nicht durch das Modell angeleitet.

Malcom Baldrige National Quality Award (MBNQ-Award)

Der Malcom Baldrige National Quality Award wurde geschaffen, um US-amerikanische Unternehmen dazu anzuregen, ihre Qualität und Produktivität zu steigern und dafür in Form des Preises Anerkennung zu bekommen (EVANS 2000, S. 413 ff.).

Die Bewertungskriterien für den MBNQ-Award können als Selbstbewertungswerkzeug genutzt werden. Die Kriterien sind in einem Rahmenwerk zusammengefasst. Dabei werden neben dem Organisationsprofil, welches das Umfeld, die Unternehmensbeziehungen und seine strategische Situation beschreibt, sieben Kriterien definiert. Diese sieben Kriterien sind Führung, Strategische Planung, Kundenfokus, Fokus auf Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, Fokus auf die Geschäftsprozesse, Ergebnisse sowie die Leistungsmessung, -analyse und Wissensmanagement. (BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013, S. II und S. 1 f.)

Für jedes Kriterium stehen Analysefragen zur Verfügung, durch deren Beantwortung sich Erkenntnisse für die Abstimmung der Ressourcen sowie die Identifikation von Verbesserungspotenzial in Prozess, Kommunikation und Effizienz sowie Effektivität erzielen lassen (BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013, S. II). Dabei sind die Kriterien nicht präskriptiv,

sodass sie auf typische Bedarfe und Ergebnisse fokussiert sind, anstatt auf typische Abläufe oder Werkzeuge. Dadurch wird auf eine breitere Anwendbarkeit abgezielt (BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013, S. III). Die Erfüllung der Kriterien werden anhand eines sechsstufigen Reifegradmodells bewertet (BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013, S. 32 f.). Das Reifegradmodell besteht aus vier Faktoren beschrieben wird, die sich für das Kriterium Ergebnisse von denen der übrigen Kriterien unterscheidet (BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013, S. 28).

Im Rahmen des MBNQ-Awards wird nicht direkt auf Variantenmanagement eingegangen. Es wird daraufhin gewiesen, dass Ursache-Wirkungsbeziehungen und Verknüpfung zwischen den Kriterien bestehen, allerdings nur die Hauptbeziehungen zur Verfügung gestellt werden.

Design Audit (MOULTRIE et al. 2006 und MOULTRIE et al. 2007)

Die Autoren stellen einen Ansatz für ein kombiniertes Prozess- und Produktaudit auf Basis von MG vor. Damit schließen sie die Lücke fehlender Bewertungsansätze für den Prozess der Detailentwicklung bzw. -konstruktion. Das Prozessaudit des Produktentwicklungsprozesses befasst sich mit der Projektdefinition (Ideenmanagement, kreative Kultur und Umgebung, Produktstrategie, Projektauswahl) und dem Projektmanagement sowie der Detailentwicklung bzw. der Projektumsetzung. Diese umfasst die Anforderungserhebung und die Konzeptentwicklung inklusive der Produktarchitekturgestaltung sowie die Umsetzung des Konzeptes und die Zielerreichung. Das Produktaudit (vgl. MOULTRIE et al. 2007) betrachtet die Profitabilität des Produktes an sich sowie die von produktergänzenden Dienstleistungen. Das Produkt selbst wird zudem bezüglich seiner technischen Qualität, Anwenderfreundlichkeit, Nützlichkeit, Neuheit und Begehrtheit sowie seiner Produzierbarkeit beurteilt. Die Bewertungskriterien wurden iterativ mit Hilfe eines Action Research-Ansatzes (Kapitel 1.3.2) ermittelt. Als Ausgangspunkt diente den Autoren eine Sammlung von Erfolgsfaktoren der Produktentwicklung aus der Literatur (Kapitel 2.1.3). Der Ansatz ist für die Anwendung innerhalb eines Unternehmens gedacht, nicht für einen unternehmensübergreifenden Benchmark.

Obwohl die Autoren die Variantenmanagementaspekte Planung und Gestaltung der Produktvielfalt in ihrem Ansatz berücksichtigen, fehlt eine Abbildung der Abhängigkeiten zwischen diesen. Mit Hilfe dieses Audits kann nur isoliert Bedarf nach Veränderung bzw. Verbesserung identifiziert werden, da Ursache-Wirkungsbeziehungen nicht aufgezeigt werden. Die textuellen Reifegrade können als Hinweis für mögliche Handlungsalternativen herangezogen werden. Da eine Priorisierung der einzelnen abgefragten Punkte nicht erfolgt, wird die Ableitung einer Handlungsreihenfolge jedoch nicht unterstützt.

LAI Enterprise Self-Assessment Tool – LESAT (LAI 2012b)

Das Ziel des LAI Enterprise Self-Assessment Tool (LESAT) ist es, Führungskräfte dabei zu unterstützen, ihr Unternehmen hinsichtlich eines Strebens nach Exzellenz auszurichten (LAI 2012a, S. 9). Das Werkzeug stellt Messgrößen zur Verfügung, welche zur Beurteilung der aktuellen Situation genutzt werden können. Aus der Interpretation der Bewertungsergebnisse, lassen sich Handlungsalternativen bzw. eine Entscheidungsgrundlage für die Priorisierung des Verbesserungsbedarfs und die Definition von Verbesserungsmaßnahmen ableiten. Zudem lässt sich ein gemeinsames Verständnis für die aktuelle Situation erreichen. (LAI 2012b)

Das LESAT dient zur Selbstbewertung innerhalb eines Unternehmens. Für einen unternehmensübergreifenden Benchmark ist es nicht ausgelegt. Ziel ist es, die größten Verbesserungsmöglichkeiten zu identifizieren, nicht die bestmögliche Bewertung zu erreichen. Es gilt aufzuzeigen, wo sich ein Unternehmen befindet und wohin sein Weg führen kann. (LAI 2012a, S. 26)

Die Bewertungskriterien des LESAT gliedern sich in drei Bereiche. Der erste Bereich fokussiert auf das Veränderungsklima bzw. den Führungsstil des Unternehmens (LAI 2012b, S. III und S. 7). Der Schwerpunkt des zweiten Bereiches sind die Prozesse in den Lebenszyklusphasen eines Produktes, von der Konzipierung über die Entwicklung bis zur Auslieferung (LAI 2012b, S. III und S. 23). Der dritte Bereich umfasst die Infrastruktur bzw. unterstützende Prozesse wie z. B. zum Ressourcenmanagement (LAI 2012b, S. III und S. 34).

Jeder Aspekt der drei Bereiche wird durch Detailaspekte untergliedert, welche wiederum mit Hilfe einer kurzen Beschreibung und Diagnosefragen sowie kurzen Beispielen vorgestellt werden. Es gilt jeden der Detailaspekte über ein fünfstufiges, textuelles Reifegradraster zu bewerten; einerseits den IST-Stand und andererseits den SOLL-Zustand. Dieses Reifegradraster lässt sich auf generische Reifegrade zusammenführen (LAI 2012a, S. 24). Weiterhin gilt es, die tatsächliche Ausprägung bzw. den Beleg für die Bewertung und ggf. Chancen zur Verbesserung bzw. mögliche Handlungsalternativen zu dokumentieren.

Die Ergebnisse aus der LESAT-Anwendung gilt es zu interpretieren, um Handlungsalternativen und Maßnahmen zur Verbesserung der Situation abzuleiten. Die Maßnahmenauswahl wird nicht durch eine methodische Hilfestellung unterstützt. Darüber hinaus wird das Thema Variantenmanagement nur in einzelnen Aspekten, wie der Planung der Vielfalt, berücksichtigt.

Product Innovation Management (PIM) Scorecard (CORMICAN & O'SULLIVAN 2004)

Ein Beispiel für ein Self-Assessment-Tool, das eine Likert-Skala verwendet, stellt die Product Innovation Management Scorecard (PIM-Scorecard) nach Cormican & O'Sullivan (CORMICAN & O'SULLIVAN 2004) dar. Die Bewertungskriterien der Scorecard sind in fünf Kategorien geordnet und werden anhand einer Skala bewertet, die von „1 – stimme völlig zu“ bis „5 – stimme gar nicht zu“ reicht. Die Kriterien entsprechen Best Practices. Im Folgenden sind die fünf Kriterienbereiche mit einigen Praktiken dargestellt, um einen Überblick über den Ansatz zu geben:

- **Strategie und Führung** (Strategie definiert und auf Einzelziele heruntergebrochen, Führungskräfte verantwortlich für Ergebnisse, gemeinsames Verständnis der Ziele)
- **Kultur und Klima** (innovationsfreundliches Klima, Produktchampions, Teilnahme und Unterstützung durch Führung, Kundenorientierung, verfügbare Ressourcen)
- **Planung und Auswahl** (definierter Prozess zur fortlaufenden Projektbewertung und ggf. -abbruch, Balance lang- / kurzfristige Projekte, Kundenorientierung)
- **Struktur und Leistung** (flexible, funktionsübergreifende Teams, gemeinsame Ergebnisverantwortung im Team, auf Strategie abgestimmte Kennzahlen)
- **Kommunikation und Kollaboration** (Strategie kommuniziert, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Strategie bewusst, effiziente Kommunikation, Informationsverfügbarkeit)

Die PIM-Scorecard berücksichtigt zwar einzelne Aspekte des Variantenmanagements, aber auch hier erfolgt keine ganzheitliche Betrachtung. Weiterhin wird die Ermittlung der Ursachen für fehlende Leistung nicht unterstützt.

Es existiert eine Vielzahl an Audits und Selbstbewertungswerkzeugen¹⁹ zur Bewertung der Leistung eines Unternehmens in Bezug auf die Produktentwicklung, wie hier anhand ausgewählter Ansätze gezeigt wurde. Während durchwegs Aspekte des Variantenmanagements, wie die Planung und z. T. auch die Gestaltung der Vielfalt in den Werkzeugen enthalten sind, wird ein ganzheitliches Variantenmanagement als Grundlage für effektive und effiziente Produktentwicklung nicht adressiert. Kausale Beziehungen zwischen den einzelnen Bewertungskriterien werden nur ansatzweise als Unterstützung für die Analyse zur Verfügung gestellt. Die Ermittlung von Ursachen für fehlende Leistung, also z. B. warum ein Bewertungskriterium nicht erfüllt ist, wird durch diese Werkzeuge nicht unterstützt. Insbesondere bei Ansätzen mit textuellen Reifegraden wird keine methodische Hilfestellung bei der Priorisierung der Verbesserungsbedarfe gegeben. Die Ansätze basieren auf „Best“ bzw. „Good Practices“. Dementsprechend liefert die Interpretation der Bewertungsergebnisse Hinweise auf Handlungsalternativen für die Umsetzung des erkannten Verbesserungsbedarfs.

2.1.3 Erfolgsfaktoren in der Produktentwicklung

Wie in den vorhergehenden Abschnitten deutlich wird, hat sich eine Vielzahl an Forscherinnen und Forschern mit der Frage nach der Bewertung und Verbesserung der Produktentwicklung (-prozesse) beschäftigt. Damit verfolgen sie das Ziel, durch einen effektiven und effizienten Entwicklungsprozess, am Markt erfolgreiche Produkte zu entwickeln (vgl. MOULTRIE et al. 2006). Darauf aufbauend wurden vielfältige empirische Forschungsarbeiten durchgeführt, um zu ermitteln, welche Aspekte den Erfolg der Produktentwicklung ausmachen (MOULTRIE et al. 2006). Beispielsweise basieren erfolgreiche Produktentwicklungsprozesse auf dem Verständnis aller Beteiligten von den Kundenanforderungen sowie von der Produktarchitektur und vom Produktentwicklungsprozess (ECKERT & CLARKSON 2005).

Durch die Umsetzung dieser Erfolgsfaktoren, sollte es Personen der Managementebenen eines Unternehmens ermöglicht werden, den Erfolg eines neuen Produktes durch bestimmte Aktivitäten zu beeinflussen (ERNST 2002).

Um einen hohen Erfolg zu erreichen, gilt es sowohl Effizienzziele, wie kurze Produktentwicklungszeiten, als auch Effektivitätsziele, wie die Erfüllung der Kunden- und Marktanforderungen, zu erfüllen. Dies kann z. B. durch klar strukturierte Prozesse unterstützt werden (WHEELWRIGHT & CLARK 1992, MOULTRIE et al. 2006 S. 189)

Sehr umfassende Studien zu Erfolgsfaktoren sind z. B. bei Ernst (ERNST 2002) und Cooper & Kleinschmidt (z. B. COOPER & KLEINSCHMIDT 1995, COOPER & KLEINSCHMIDT 2007) zu finden. Die in der Literatur präsentierten Erfolgsfaktoren unterscheiden sich zwar, lassen sich allerdings, wie in Anhang 7.4.1 dargestellt, zu ähnlichen Kategorien zusammenfassen (vgl.

¹⁹ Siehe z. B. KNOBLINGER et al. 2011.

PULLEN et al. 2009). Die Definition für Erfolg bzw. die verwendeten Leistungsmessgrößen sind sehr stark unterschiedlich und aufgrund der empirischen Untersuchungen unternehmensspezifisch, sodass sich diese, nach Ernst, nicht über verschiedene Studien hinweg analysieren lassen (ERNST 2002). Häufig werden Größen, wie die gesamte Entwicklungsdauer, oder Kenngrößen zur Ermittlung des Erfolgs eines Produktes am Markt (z. B. Anteil eines Produktes an den Verkaufszahlen des Unternehmens, Erfolg relativ zu den Wettbewerben oder Profitabilität) verwendet.

Anhang 7.4.1 enthält die Ergebnisse einer umfassenden Literaturrecherche zu Erfolgsfaktoren in der Produktentwicklung²⁰. Beispielhaft werden hier zusammengefasst die Erfolgsfaktoren nach Cooper und Kleinschmidt (COOPER & KLEINSCHMIDT 1995, COOPER & KLEINSCHMIDT 2007) beschrieben, da sie die Sammlung in Anhang 7.4.1 weitestgehend repräsentieren:

- **Hochqualitativer Produktentwicklungsprozess** – Qualität der Ausführungen, Flexibilität, Definierte Reviews und KO-Kriterien für ggf. Abbruch
- **Klare, kommunizierte Produktstrategie** – Balance zwischen kurz- und langfristiger Planung, Kommunikation der Strategie
- **Angemessene Ressourcen für neue Produkte** – Bereitstellung durch oberes Management, personelle und finanzielle Ressourcen, u. a. für Grundlagenthemen bzw. Vorentwicklung
- **Teilnahme („Commitment“) des oberen Managements** – Ressourcen zur Verfügung stellen, eingebunden in Entscheidungsfindung bezüglich Produkt sowie Projektfortführung
- **Unternehmerisches Klima** – Ressourcen für Verfolgen eigener Ideen bzw. für Kreativität und Ideenmanagement
- **Ergebnisverantwortung des oberen Managements** – kontinuierliche Leistungs- bzw. Erfolgsmessung, Commitment fördern
- **Strategischer Fokus und Synergie** - neue Produkte nicht in unbekannte Märkte, keine komplett neue Technologie in neuen Produkten
- **Hochqualitative Entwicklungsteams** – eine qualifizierte Führungskraft je Projekt, regelmäßige Kommunikation, effiziente Entscheidungen
- **Funktionsübergreifende Teams** – definierter, verantwortlicher Leiter, Leiter und Team verantwortlich für gesamtes Projekt)

Nach Barczak & Kahn (BARCZAK & KAHN 2012) sind die generischen Erfolgsfaktoren sowie die in ihrer Arbeit vorgestellten negativen Faktoren, als Grundlage für umfassende Audits zu nutzen, um mögliche Ausrichtungen für eine kontinuierliche Verbesserung zu erhalten. Es gilt

²⁰ Zudem umfasst diese Zusammenstellung die Bewertungskriterien der in Kapitel 2.1.2 vorgestellten Methoden, die zum Teil auf Studien zu Erfolgsfaktoren aufbauen.

Erfolgsfaktoren, welche Best Practices darstellen, für deren Implementierung an den unternehmensspezifischen Kontext anzupassen (BARCZAK & KAHN 2012). Weiterhin ist eine kontinuierliche Verbesserung anzustreben, mit Hilfe umfassender Kommunikation der Ergebnisse und des Verbesserungsbedarfs sowie von Wissensdatenbanken zur Dokumentation der Entwicklungsaudits (BARCZAK & KAHN 2012).

Die Notwendigkeit, die Erfolgsfaktoren im jeweiligen Kontext zu operationalisieren, wird in der Literatur häufig genannt. Auch wird bestimmten Faktoren eine höhere Bedeutung als anderen zugewiesen²¹, woraus sich Hinweise für eine Umsetzungsreihenfolge ziehen lassen. Allerdings wird der Analyse der Ursachen, aufgrund derer bestimmte Praktiken bisher nicht oder nicht erfolgreich implementiert wurden, wenig Aufmerksamkeit gewidmet.

Darüber hinaus sind Erfolgsfaktoren häufig voneinander abhängig; diese Kausalketten werden bisher nicht ermittelt bzw. es besteht noch kein umfassendes Verständnis für die Zusammenhänge (ECKERT & CLARKSON 2005). Obwohl Erfolgsfaktoren für Aspekte der Gestaltung des Produktentwicklungsprozesses wie auch für die Planung und Beherrschung der Produktvielfalt formuliert wurden, besteht somit bisher keine Kenntnis über deren Zusammenhänge.

Das Forschungsfeld der Erfolgsfaktoren für die Produktentwicklung bestätigt somit, dass eine hohe Leistung in der Produktentwicklung durch Fragen des Variantenmanagements beeinflusst ist. Allerdings werden keine Zusammenhänge zwischen beiden Bereichen untersucht und z. B. prozessuale Erfolgsfaktoren mit der Entwicklung einer Variantenstrategie verknüpft. Schließlich werden die Gestaltung der Vielfalt bzw. die Produktarchitekturgestaltung kaum betrachtet. Die Erfolgsfaktoren können somit als Referenz für die Bewertung der Leistung der Produktentwicklung bzw. die Auswahl möglicher Verbesserungsmaßnahmen herangezogen werden. Dabei hat eine Verknüpfung zwischen den Themenbereichen Produktentwicklung und Variantenmanagement im Rahmen dieser Arbeit zu erfolgen.

2.1.4 Zusammenfassung und Herausforderungen

Inhalt von Kapitel 2.1 sind die Grundlagen und Begriffsdefinitionen zur Produktentwicklung und ihren Prozessen. Zudem erfolgte eine Darstellung bestehender Ansätze zur Leistungsmessung und des Forschungsfelds der Erfolgsfaktoren in der Produktentwicklung. Dabei wurden diese auf die Berücksichtigung von Variantenmanagement (Definition siehe Kapitel 2.3.1) sowie die Abbildung von Ursache und Wirkung unzureichender Leistung hin untersucht.

Sowohl Arbeiten zur Leistungsmessung als auch die zu Erfolgsfaktoren in der Produktentwicklung sind auf die Verbesserung der Leistung in der Produktentwicklung ausgerichtet. Erfolgsfaktoren stellen die Aspekte dar, welche die Voraussetzung für eine erfolgreiche Produktent-

²¹ Siehe auch Faktoren wie ein hochqualitativer Produktentwicklungsprozess sowie eine klare, kommunizierte Produktstrategie und angemessene Ressourcen für neue Produkte bei Cooper & Kleinschmidt (COOPER & KLEINSCHMIDT 2007).

wicklung bilden. Die Leistungsmessung zielt auf die Bewertung des Erfolges der Produktentwicklung ab. Allerdings bestehen bisher kaum Verbindungen zwischen den in der Literatur genannten Erfolgsfaktoren und Ansätzen zur Leistungsmessung (CEDERGREN 2011, S. 191).

Obwohl Abhängigkeiten zwischen einzelnen Erfolgsfaktoren bestehen, wurden diese nicht ausreichend untersucht, um ein umfassendes Verständnis dieser Erfolgsfaktoren zu erreichen (ECKERT & CLARKSON 2005). Kausalketten zwischen den Erfolgsfaktoren wurden demnach bisher nicht beschrieben.

Das Rahmenwerk nach Brown (BROWN 1997) basiert auf Ursache-Wirkungsketten u. a. zwischen In- und Output eines Prozesses, die lineare Abhängigkeiten zwischen Leistungsgrößen darstellen. Allerdings dienen diese Kausalketten nicht einer systematischen Analyse der Ursachen unzureichender Leistung. Insgesamt werden Ursachen und deren Auswirkungen in Form von Leistungsschmälerungen in der Produktentwicklung nur punktuell genannt (z. B. BENEKE 2003, S. 61), wobei die Quelle dieser Information nicht immer angegeben wird.

Obwohl sich viele Autoren im Rahmen der Leistungsmessung mit der aggregierten Entwicklungszeit (z. B. für ein gesamtes Projekt) beschäftigt haben, wurden der Entwicklungszeit und Ressourcenverwendung (personell) innerhalb von Projekten bzw. für einzelne Entwicklungsphasen wenig Aufmerksamkeit geschenkt (JOHNSON & KIRCHAIN 2011). Die meisten Modelle sind hochaggregiert und nutzen projektübergreifende Metriken (Gesamtprojektdauer bzw. -kosten) (JOHNSON & KIRCHAIN 2011).

Viele der existierenden Ansätze zur Leistungsmessung verwenden Daten, welche in frühen Phasen des Entwicklungsprozesses, in denen die Informationen aus einer Analyse hilfreich für steuernde Maßnahmen wären, nicht verfügbar sind (JOHNSON & KIRCHAIN 2011). Die Ansätze zur Leistungsmessung konzentrieren sich zumeist auf späte Phasen der Produktentwicklung (CEDERGREN 2011, S. 191). Es sind Ansätze erforderlich, die es ermöglichen, den Produktentwicklungsprozess kontinuierlich zu überwachen, um potenzielle Engpässe frühzeitig erkennen und darauf reagieren zu können (VAJNA 2005, EVERSHEIM & SCHUH 2005, S. 11 f.). Allerdings fokussieren bestehende Ansätze zur Leistungsmessung meist auf das Resultat des Prozesses, nicht auf den Prozess selbst (CEDERGREN 2011, S. 52). Wie im Fall des Forschungsprojekts, stehen häufig keine Daten für retrospektive Prozess- bzw. Projektanalysen zur Verfügung. Zudem haben bisherige Forschungsarbeiten meist ihren Schwerpunkt auf einzelnen Projekten, sodass ihre Ergebnisse keine holistische Betrachtung der Produktentwicklung unterstützen (CEDERGREN 2011, S. 52, KILLEN & KJAER 2012).

Es wird im Rahmen der Leistungsmessung in der Produktentwicklung nicht explizit auf die Thematik des Variantenmanagements eingegangen. Auch das Projektportfoliomanagement, das die nachhaltige Planung der Produktvielfalt repräsentiert, wird in der Leistungsmessung nicht explizit berücksichtigt. Es werden nur Teilaspekte wie die Produktarchitektur oder Produktplanung jeweils isoliert betrachtet. Bisher wurde keine empirische Untersuchung der Zusammenhänge zwischen der Leistung in der Produktentwicklung und dem Variantenmanagement vorgestellt.

Es besteht der Bedarf ein Verständnis für den Zusammenhang zwischen Produkten und Prozessen zu gewinnen (ECKERT & CLARKSON 2005, KILLEN & KJAER 2012). Es wird in der Literatur

zwar, wie z. B. bei Beneke (BENEKE 2003, S. 34), aufgezeigt, dass Prozess- sowie Organisations- und Produktstruktur sich gegenseitig beeinflussen. Es werden u. a. Ansätze zu einer ganzheitlichen, flexiblen Prozessmodellierung vorgestellt, die diese Abhängigkeiten einbeziehen. Der Gesamtzusammenhang zwischen Entwicklungsprozessen und Produkt wurde allerdings bisher nicht ausreichend betrachtet (BENEKE 2003, S. 36 und S. 55). Bis jetzt fehlen ganzheitliche Methoden zur Unterstützung einer ganzheitlichen Berücksichtigung der Wechselwirkungen (BENEKE 2003, S. 36 und S. 55, KILLEN & KJAER 2012). Obwohl die Produktarchitektur als wichtiger Erfolgsfaktor genannt wurde, wird sie kaum explizit bei der Leistungsmessung berücksichtigt (CEDERGREN 2011, S. 191). Darüber hinaus ist das Produktmanagement in der Leistungsmessung meist nicht verankert (außer bei Cedergren), da der Fokus mehr auf Projektmanagementaktivitäten liegt (CEDERGREN 2011, S. 191). Somit spielen zwar die Aspekte des Variantenmanagements (Planen, Gestalten und Beherrschen der Vielfalt, Kapitel 2.3.1) eine entscheidende Rolle als Erfolgsfaktoren sowie in der Leistungsmessung. Allerdings werden Abhängigkeiten zwischen den Aspekten sowie Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen ihnen und der Leistung in der Produktentwicklung nicht empirisch untersucht bzw. vorgestellt.

Ähnliches gilt für die Leistungsbewertung anhand von Audits und Self-Assessment-Werkzeugen. Es werden keine Ursache-Wirkungsbeziehungen betrachtet, die für die Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen herangezogen werden können.

Insgesamt gilt es, Verbesserungsmaßnahmen auf Basis der Bewertungsergebnisse abzuleiten. Dabei sind die Ergebnisse durch die Bewertenden zu interpretieren und mögliche Maßnahmen zu definieren. Eine methodische Unterstützung für die Nutzung der Resultate aus der Leistungsmessung oder die Umsetzung von Verbesserungspotenzial gibt es im Allgemeinen nicht. Für viele Modelle und Rahmenwerke ist es schwierig, die erzeugte Information in die Tat umzusetzen (CEDERGREN 2011, S. 52).

Somit lässt sich zunächst der Bedarf formulieren, eine Verbindung zwischen Erfolgsfaktoren der Produktentwicklung und der Leistungsmessung zu schaffen, in dem der zu entwickelnde Lösungsansatz Erfolgsfaktoren und Leistung in der Produktentwicklung gegenüberstellt. Zudem gilt es die Aspekte des Variantenmanagements in der Leistungsmessung zu berücksichtigen. Dabei ist ein Verständnis für die Ursachen und Wirkungen von Leistungsdefiziten in der Produktentwicklung zu schaffen.

Rahmenwerke zur Leistungsmessung aus der Literatur können herangezogen werden, um die Leistung in der Produktentwicklung oder identifizierte Leistungsdefizite zu beschreiben. Für eine umfassende Analyse der Ursachen und Wirkungen, im Sinne des Lean Product Development (siehe Leistungsdefinition in Kapitel 1.3.2 und 2.2.3) sind sie jedoch nicht geeignet. Lean Thinking hat bisher vereinzelt Berücksichtigung beim Thema Leistungsmessung erfahren: Unter anderem ist nach Cedergren Wert (Definition siehe Kapitel 2.2.3) nicht Thema der Leistungsmessung, die auf Zeit, Kosten und Qualität fokussiert ist (CEDERGREN 2011, S. 191).

Es soll keine reine retrospektive, sondern zudem eine prozess- und projektbegleitende Analyse ermöglicht werden, um eine Anwendbarkeit des Lösungsansatzes auch dann sicherzustellen, wenn retrospektive Daten für die Untersuchung nicht zur Verfügung stehen. Zudem sollen nicht einzelne Projekte für sich betrachtet, sondern ein projektübergreifendes Vorgehen entwickelt werden. Weiterhin ist durch den zu entwickelnden Lösungsansatz die Nutzung der Ergebnisse

aus der Leistungsanalyse sowie die Umsetzung des erkannten Verbesserungsbedarfs zu unterstützen. Hilfestellung soll bei der Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen geleistet werden.

Nach Goldstein (GOLDSTEIN 1999, S. 65) hat „[...] kaum ein Unternehmen die Möglichkeit [...], „auf der grünen Wiese“, also ohne Berücksichtigung der vorhandenen Prozesse, zu planen, [...]“. Deshalb ist es, entscheidend, dass der zu entwickelnde Lösungsansatz nicht nur einen ganzheitlichen Wandel, sondern auch inkrementelle und kontinuierliche Verbesserung der Situation unterstützt. Tabelle 2-3 fasst die hier erläuterten Ziele und Anforderungen an den Lösungsansatz aus Sicht der Leistungsmessung in der Produktentwicklung zusammen.

Tabelle 2-3: Ziele und Anforderungen an den Lösungsansatz – Sicht Leistungsmessung in der Produktentwicklung

Forschungsbedarf aus Sicht der Leistungsmessung in der Produktentwicklung	
Ziele	
	Integration der Erfolgsfaktoren für hohe Leistung in der Produktentwicklung in die Leistungsmessung
	Verständnis für die Ursachen und Wirkungen von Leistungsdefiziten
	Umfassendes Verständnis für die Rolle des Variantenmanagements in der Produktentwicklung
	Unterstützung bei der Nutzung der Ergebnisse aus der Leistungsmessung
Anforderungen	
	Ganzheitliche Verbesserungsinitiative bzw. Wandel ermöglichen
	Inkrementelle und kontinuierliche Verbesserung ermöglichen
	Leistungsmessung
	Anhand qualitativer und quantitativer Messgrößen ermöglichen
	Prozess- bzw. projektbegleitend sowie ggf. auch retrospektiv ermöglichen
	Prozess- bzw. projektübergreifend ermöglichen
	Ermittlung der Ursachen und Wirkungen von Leistungsdefiziten unterstützen
	Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen auf Basis der Leistungsmessung unterstützen

2.2 Lean Product Development

Dieser Abschnitt stellt die Ursprünge des Lean Thinking und die Grundlagen des Lean Product Development sowie seine Berücksichtigung von Variantenmanagement vor. Die Ausführungen schließen mit der Erläuterung des für diese Arbeit relevanten Forschungsbedarfs und daraus abgeleiteten Anforderungen an den entwickelten Lösungsansatz (Kapitel 1.2).

2.2.1 Ursprünge des Lean Thinking und Lean Product Development

Nach Murman et al. (MURMAN et al. 2002, S. 90) ist “Lean Thinking [...] the dynamic, knowledge-driven, and customer-focused process through which all people in a defined enterprise continuously eliminate waste with the goal of creating value.” Weiterhin bedeutet

Lean Thinking “[...] learning to see value.” (MURMAN et al. 2002, S. 90), also “Lernen den Wert zu erkennen”.

Lean Thinking entstand in den 1940er und 50er Jahren, als Taiichi Ohno mit dem Auftrag, die Leistungsfähigkeit von Toyota auf den Stand der US-amerikanischen Wirtschaft zu bringen, die Massenproduktion in den USA untersuchte. Er verfolgte das Vorhaben, ein Produktionssystem zu entwickeln, das an die besonderen Herausforderungen Japans angepasst war. Diese Herausforderungen waren neben einem kleinen, fragmentierten Inlandsmarkt und fehlender Arbeitskraft sowie fehlenden Rohstoffressourcen und begrenztem Bauland auch fehlendes Kapital. (MURMAN et al. 2002, S. 88)

Das von Ohno entwickelte Toyota Produktionssystem (TPS) wurde auch als Lean Production oder schlanke Produktion bekannt (LIKER 2006, S. 27). Dieses ist darauf ausgerichtet, nur das zu produzieren, was tatsächlich vom Kunden gefordert wurde; und zwar in der geforderten Menge bzw. Vielfalt, für den richtigen Preis und zur richtigen Zeit sowie in der vom Kunden geforderten Qualität (MURMAN et al. 2002, S. 101). Dabei ist es nicht nur ein Produktionssystem, sondern ein ganzheitliches Managementsystem (OHNO 2009, S. 28).

Das TPS strebt nach Konsistenz in der Leistung des Unternehmens als Ergebnis der operativen Exzellenz, die durch den Einsatz von Instrumenten und Methoden der Qualitätsverbesserung (Kaizen bzw. kontinuierlicher Verbesserungsprozess etc.) erreicht wird (LIKER 2006, S. 29). Dafür ist es, laut Liker (LIKER 2006, S. 29), erforderlich, dass diese Instrumente auf einer Unternehmensphilosophie aufsetzen: Dies umfasst das Motivieren der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, eine der Philosophie entsprechenden Führungs- und Unternehmenskultur sowie die Entwicklung einer Strategie zur Verankerung der Philosophie im Unternehmen. Die Unternehmensführung muss sich zur Lean Philosophie und deren Umsetzung bekennen und diese unterstützen (LIKER 2006, S. 34).

Wie es Liker (LIKER 2006, S. 409) darstellt, entspricht das TPS nicht einem greifbaren Erfolgsrezept mit einer definierten Toolbox, das nur für die Umsetzung in der Produktion oder die kurz- und mittelfristige Realisierung vorgehensehen ist. Vielmehr fasst Liker (LIKER 2006, S. 409) die Eigenschaften des TPS wie folgt zusammen:

- TPS als konsistente Denkweise und Philosophie
- TPS mit Fokus auf umfassende Kundenzufriedenheit
- TPS als Rahmen für Teamwork und Verbesserung
- TPS evolutionär als kontinuierliche Suche nach besseren Wegen
- TPS zur Umsetzung prozessimmanenter Qualität
- TPS als organisierte, disziplinierte Arbeitsumgebung

Bild 2-4 zeigt nach Liker (LIKER 2006, S. 65) die Elemente des TPS. Übergeordnete Ziele des TPS sind es, beste Qualität zu niedrigsten Kosten mit kürzest möglichen Durchlaufzeiten zu erreichen, während zu jeder Zeit größte Sicherheit und eine hohe Arbeitsmoral gewahrt bleiben.

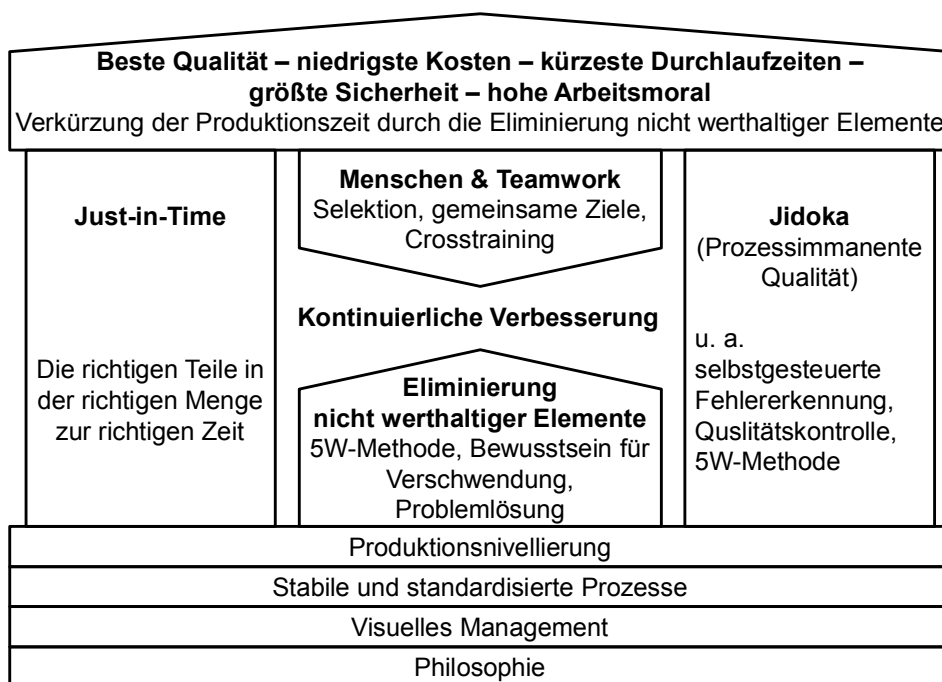


Bild 2-4: Elemente des Toyota Produktionssystems (TPS) (nach LIKER 2006, S. 65)

Dies wird einerseits durch die Eliminierung von allem nicht dem Kundenwert Zutraglichem erreicht. Es ist ein Bewusstsein für Verschwendung (siehe folgenden Abschnitt für Definition) zu entwickeln und, durch die Ermittlung ihrer Ursachen, sind diese zu eliminieren. Weiterhin sind durch Vorgehensweisen des Bereiches Menschen und Teamwork gemeinsame Ziele zu definieren sowie eine effektive und effiziente Entscheidungsfindung zu realisieren und erforderliche Kompetenzen aufzubauen. Darüber hinaus sind unter dem Begriff Just-in-Time die richtigen Teile, zur richtigen Zeit, in der richtigen Menge und am richtigen Ort zur Verfügung zu stellen. Voraussetzungen dafür stellen z. B. die Umsetzung eines kontinuierlichen Flusses (siehe folgender Abschnitt) oder die Umsetzung einer integrierten Logistik (wie z. B. Kanban) dar. Der Ansatz des Jidoka zielt auf die Verankerung der Produktqualität im Prozess der Produktentstehung ab. Zu dessen Umsetzung können u. a. Qualitätskontrollen an jeder Arbeitsstation oder die Vermeidung von Montagefehlern durch eindeutige Produktgestaltung (Poka Yoke bedeutet Fehlervermeidung [LIKER & MEIER 2009, S. 244]) genutzt werden. Die vier Bereiche des TPS sind auf eine kontinuierliche Verbesserung der erreichten Ergebnisse und der ausgeführten Prozesse ausgerichtet. (LIKER 2006, S. 65)

Als Basis für die Realisierung der vier Bereiche gilt es stabile und standardisierte Prozesse sicherzustellen, und die Auslastung der Produktion zu nivellieren sowie visuelles Management einzusetzen. Die Grundvoraussetzung für eine Umsetzung des TPS stellt die Verankerung der dem TPS zugrundeliegenden Philosophie dar. (LIKER 2006, S. 65)

Im Rahmen des Toyota Produktionssystems entstanden Werkzeuge, wie z. B. Kanban-Systeme und die Just-in-Time-Lieferung, die einzelne dieser Herausforderungen angingen (MURMAN et al. 2002, S. 88). Über die Jahre entwickelte sich daraus das Lean Thinking, basierend auf der Erfahrung und des kontinuierlichen Lernens der beteiligten Personen (MURMAN et al. 2002, S. 88). Der Begriff Lean wird seit den späten 1980er bzw. 1990er Jahren verwendet (MURMAN et al. 2002, S. 101).

Im Laufe der Zeit hat sich Lean Thinking auf der Basis des TPS entwickelt. Durch das Studium des TPS wurden in der Praxis Lean Prinzipien entwickelt und später u. a. durch die Wissenschaft kodifiziert wurden (MURMAN et al. 2002, S. 90). Dabei unterscheiden sich die Bezeichnungen sowie die Anzahl der Prinzipien bei unterschiedlichen Autoren zum Teil stark, obgleich diese Prinzipien sich in ihrer Aussage gleichen (für eine Gegenüberstellung der Prinzipien s. Anhang 1.1).

Ein Unternehmen, das erreichen will „Lean“ zu werden, muss ganzheitlich Verschwendung eliminieren mit dem Ziel, die Werterzeugung zu verbessern (MURMAN et al. 2002, S. 6) Dabei sind alle nicht wertschöpfenden Prozesse systematisch zu eliminieren, um die Ziele bzw. den Wert mit dem geringstmöglichen Aufwand zu erreichen (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 3). Murman et al. (MURMAN et al. 2002, S.144) definieren ein schlankes Unternehmen als "[...] integrated entity that efficiently creates value for its multiple stakeholders by employing lean principles and practices." Um diese gesamthafte Transformation zu erreichen, muss das Unternehmen in seiner Gesamtheit, insbesondere müssen die menschlichen Aspekte berücksichtigt werden (MURMAN et al. 2002, S. 145).

Lean Thinking wird seit langem in der Produktion (Lean Production) eingesetzt. Durch den großen Erfolg, der dabei erzielt werden konnte, wurde es auch für die Umsetzung in anderen Unternehmensbereichen interessant (z. B. Lean Administration oder Lean System Engineering in HASKINS et al. 2011, S. 34f.) und fand schließlich in Form des Lean Product Development Einzug in die Entwicklung. So wurde u. a. der Just-in-Time-Ansatz in einer Studie zum Stand der Praxis in der Entwicklung im Jahr 1990 (BULLINGER 1990) positiv bewertet: Die Ausweitung des Ansatzes auf Entwicklungsprozesse führe zu einer besseren Integration von Entwicklungs- und Produktionslogistik sowie zu einer Erhöhung der Effektivität in der Entwicklung und zu einer zielkonformen Ausrichtung aller Unternehmensbereiche.

Obwohl in der industriellen Praxis das große Potenzial zur Erhöhung der Effizienz der Produktentwicklung gesehen wird, scheuen Unternehmen häufig vor der Einführung von Lean Product Development zurück, da sie einen hohen Aufwand bei der Einführung befürchten (GRAEBSCHE et al. 2007a).

Der folgende Abschnitt geht im Detail auf die Definition von Lean Product Development und dessen Elemente sowie Prinzipien ein. In Kapitel 2.2.1 bis 2.2.3 wird auf Vorgehensweisen im Lean Product Development eingegangen. Im Anschluss bietet Kapitel 2.2.4 eine Übersicht über die Rolle von Variantenmanagement im Lean Product Development.

2.2.2 Lean Product Development und dessen Elemente

Lean Product Development²² ist auf die Effizienz und Effektivität der Produktentwicklungsprozesse ausgerichtet, wobei seine Hauptdirektive die Orientierung am Wert bzw. Kundenwert

²² Lean Product Development wird in der Literatur auch als Lean Development, Lean Innovation etc. beschrieben.

ist (vgl. HAQUE & JAMES-MOORE 2004, MCMANUS 2005, WARD 2007). Es gilt, die Produktentwicklungsprozesse durch die Eliminierung von Verschwendung²³ zu verbessern und so die Durchlaufzeiten sowohl einzelner Prozessschritte als auch des Gesamtprozesses zu reduzieren (MCMANUS 2005, S. 13). Dabei stellt die Definition des zu erreichenden Wertes eine Grundvoraussetzung für die Steuerung der Verbesserungsinitiativen (MCMANUS 2005, S. 18 f.).

Nach Sehested & Sonnenberg (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 3) ist das Schaffen von Innovationen gleichbedeutend mit Wertgenerierung durch Problemlösung. Dabei ist Kreativität unerlässliche Voraussetzung für einen erfolgreichen Problemlösungsprozess, wobei sichergestellt sein muss, dass diese Lösungen nutzenbringend umgesetzt werden (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 3). Die Autoren charakterisieren Lean Product Development²⁴ als effizientes Arbeiten mit Wissen, wobei Effizienz hier sowohl für die „richtigen Dinge tun“ als auch für „die Dinge richtig tun“ sowie für „die Dinge besser tun“ steht (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 3). Es gilt heuristische Prozesse, die einen explorativen, einzigartigen, nicht vorhersehbaren Charakter haben in gleichem Maße zu unterstützen und zu verbessern, wie sich wiederholende und vorhersehbare Prozesse (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 3). Somit gilt es Kreativität und Effizienz gleichzeitig zu fördern (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 6). Durch das Herunterbrechen großer Problemstellungen auf Teilprobleme wird eine Struktur geschaffen, welche durch die Vorgabe von Randbedingungen die Kreativität unterstützt (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 6).

Unterschiedliche Methoden oder auch sog. „Lean Enabler“ können genutzt werden, um Verschwendung zu eliminieren (OEHMEN & REBENTISCH 2010) und lassen sich den sog. Lean Prinzipien zuordnen. Unterschiedliche Verschwendungsarten bzw. -ursachen sind voneinander abhängig; sie beeinflussen und verursachen sich gegenseitig (OEHMEN & REBENTISCH 2010). Deshalb ist es entscheidend, die Ursache zu identifizieren, die die Wurzel eines Verschwendungssymptoms bildet, und sie durch eine geeignete (Lean-) Maßnahme zu eliminieren, sodass das Symptom nachhaltig vermieden wird. (KATO 2005, LIKER & MEIER 2009, S. 393 ff.). Im Folgenden werden die hier genannten Konzepte beschrieben.

Nach Sehested & Sonnenberg (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 48 ff.) darf Lean Product Development nicht als eine in die Entwicklung übertragene Methode aus der Produktion verstanden werden. Die Randbedingungen in der Produktion sind im Gegensatz zu den dynamischen Verhältnissen in der Produktentwicklung antizipierbar. Vorgehensweisen setzen in der Produktion somit auf einer völlig von der Entwicklung verschiedenen Grundlage auf. Kreativität und Ideenfindung sollen keinesfalls durch zu starre Strukturen, Prozess- und Dokumentationsvorgaben unterdrückt werden (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 48 ff.). Der Fokus von Lean Product Development liegt nicht darauf, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter schneller arbeiten zu lassen, sondern Zeit und Freiraum für die Wertschöpfung zu schaffen (SEHESTED &

²³ Zum Beispiel unnötige Tätigkeiten oder Zeitverschwendung.

²⁴ Sehested & Sonnenberg (SEHESTED & SONNEBERG 2011) sprechen von Lean Innovation.

SONNEBERG 2011, S. 48 ff.). Durch die Vergabe von Verantwortung und Freiheit an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter soll deren Interesse und Engagement gefördert werden (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 48 ff.).

Wert

„Wert“ stellt eines der zentralen Konzepte des Lean Thinking dar. Nach Womack & Jones ist der Wert definiert als Produkt bzw. Dienstleistung, die wie durch die Kunden gefordert, zur richtigen Zeit, die richtige Spezifikation erfüllend und zum richtigen Preis zur Verfügung gestellt werden (WOMACK & JONES 1997, S. 17 ff.). Slack (SLACK 1999) detailliert dies derart, dass Wert das Maß für den vom Kunden empfundenen Nutzen eines bestimmten Produkts oder einer bestimmten Dienstleistung darstellt. Dabei ist der Wert eine Funktion aus dem Beitrag des Produkts zur Erfüllung eines Kundenbedürfnisses sowie der relativen Wichtigkeit dieses Bedürfnisses und den Kosten für die Kunden (SLACK 1999).

Nach Murman et al. (MURMAN et al. 2002, S. 178 f.) ist der Wert nicht starr zu definieren, sondern entwickelt sich abhängig von den Prioritäten, der Zahlungsbereitschaft oder den Zeithorizonten der Kunden bzw. Stakeholder. Wert kann für unterschiedliche Stakeholder auf Grund ihrer eigenen Perspektive, z. B. bezüglich ihres Nutzens oder ihrer Vorteile, in der Interaktion mit einem Unternehmen stark verschieden wahrgenommen werden (MURMAN et al. 2002, S. 178 f.). Bild 2-5 zeigt eine beispielhafte Darstellung möglicher Stakeholderperspektiven (MURMAN et al. 2002, S. 168):

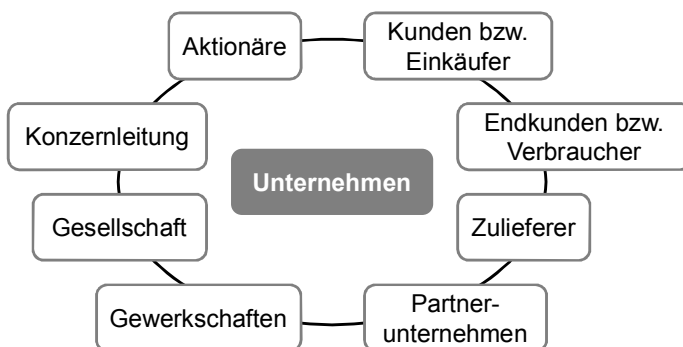


Bild 2-5: Beispiele für Unternehmensstakeholder mit unterschiedlichem Wertempfinden (nach MURMAN et al. 2002, S. 168)

Da die Definition des Wertes sich über die Zeit entwickelt, müssen Unternehmen strategisch agil sein, um ihre Wettbewerbsposition behaupten zu können (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 11). Sie haben somit in der Lage zu sein, ihre Strategie, abhängig von den Veränderungen in ihrem Umfeld, anzupassen. Diese Fähigkeit wird nur dann Früchte tragen, wenn die Änderungen in der strategischen Ausrichtung durch die gesamte Organisation (Prozesse, Abläufe) getragen und zügig umgesetzt werden können.

Nach Murman et al. (MURMAN et al. 2002, S. 12) gilt es, den „Lean value“ durch die wertorientierte Eliminierung von Verschwendung umzusetzen; z. B. mit Hilfe eines Rahmenwerkes für die Werterzeugung (MURMAN et al. 2002, S. 7). Laut Murman et al. (MURMAN et al. 2002, S. 7) konzentrieren sich viele Autoren auf die Optimierung und Unterstützung bei der Bereitstellung des Kundenwerts, während es genauso die Identifikation und Definition des Wertes zu

behandeln gilt. Diese Schritte werden in dem von den Autoren vorgestellten Rahmenwerk betont.

Der Wertstrom besteht nach Womack & Jones (WOMACK & JONES 1997, S. 23 ff.) aus allen Tätigkeiten, die erforderlich sind, um ein Produkt bzw. eine Dienstleistung oder ein Leistungsbündel in den Prozessen der Produktentwicklung, Auftragsabwicklung und Produktion zu erstellen. Dabei ist der Wertstrom in der Produktentwicklung durch den Fluss von Informationen geprägt (GRAEBSCH et al. 2008). Um langfristig am Ziel einer schlanken Entwicklung bzw. eines schlanken Unternehmens anzukommen, reicht es nicht aus Wert oder Verschwendung für sich zu betrachten: Es gilt, Verschwendung zu minimieren mit der Ausrichtung darauf die Wertschöpfung zu optimieren (MURMAN et al. 2002, S. 12 ff.). Nicht die Reduktion des Ressourcenverbrauchs soll im Vordergrund stehen, sondern das Vermeiden von Verschwendung, um die Qualität der erzeugten Lösungen sowie die Reaktionsfähigkeit auf Änderungen im Marktumfeld und der -anforderungen zu steigern sowie Kosten zu minimieren (MURMAN et al. 2002, S. 93 ff.).

Verschwendung – muda

Als Verschwendung oder mit dem japanischen Ausdruck muda bezeichnen Womack & Jones (WOMACK & JONES 1997, S. 23 ff.) „Die Bereitstellung der falschen Güter und Dienstleistungen auf die richtige Weise [...]“. Falsche, nicht durch die Kunden geforderte Lösungen, stellen somit keinen Wert dar. Heruntergebrochen auf den Entwicklungsprozess stellen alle Tätigkeiten, die nicht direkt zur Umsetzung des Kundenwertes beitragen, Verschwendung dar: Dies umfasst unnötige Arbeitsschritte, für deren Ergebnis der Kunde nicht bereit ist etwas zu bezahlen (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 3).

Diese nicht wertschöpfenden Tätigkeiten bezeichnen Womack & Jones 1997 (WOMACK & JONES 1997, S. 24) auch als Blindleistung. Neben eindeutig nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten gibt es Aktivitäten, die nicht direkt an der Werterzeugung beteiligt sind, aber für die Durchführung wertschöpfender Aufgaben erforderlich sind (auch „Scheinleistung“, WOMACK & JONES 1997, S. 24). Um solche notwendigen Tätigkeiten zu identifizieren, gilt es, die Frage zu beantworten, ob diese nicht direkt wertschöpfenden Aktivitäten tatsächlich Verschwendung sind oder für die Wissenserzeugung in der Produktentwicklung unerlässlich sind (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 52).

Beispiele für solche indirekt-wertschöpfende Tätigkeiten sind solche, welche die Kommunikation in der Produktentwicklung erleichtern, wie Besprechungen, Projektmanagement- und Wissensmanagementaufgaben oder Maßnahmen zur Steigerung der Zufriedenheit der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (MCMANUS 2005, S. 32 f., angepasst nach CHASE 2001, S. 59).

Wertschöpfende Tätigkeiten liefern demnach direkt einen Beitrag zur Definition des Produktes bzw. einer Dienstleistung (z. B. Anforderungsspezifikation oder Detaillierung einer konstruktiven Ausführung) bzw. zur Definition des Produktionsprozesses (z. B. Werkzeugentwicklung und -fertigung) (MCMANUS 2005, S. 32 f., angepasst nach CHASE 2001, S. 59). Nach Chase (CHASE 2001, S. 59) ist es u. U. nicht möglich, eindeutig als direkt oder indirekt-wertschöpfend einzustufen, Tätigkeiten, wie die Erstellung von Produktdokumentationen oder gesetzlich vorgegebene Versuche.

Nach Imai kann im Lean Thinking anhand der Drei-Mu-Checkliste in muda bzw. Verschwendung, muri bzw. Überlastung und mura bzw. Abweichung unterschieden werden (IMAI 1992, S. 273). Im Lean Product Development unterscheiden Autoren meist nach Verschwendungstypen, welche ursprünglich aus der Lean Production stammen. So definierte Ohno (OHNO 2009) für die Produktion die sieben Verschwendungsarten: Überproduktion, Überbearbeitung, Warten, Transport, Lagerung, Unnötige Wege und Fehler. Diese Typen finden bei Autoren im Bereich Produktentwicklung in angepasster Definition Verwendung (z. B. MCMANUS 2005, MURMAN et al. 2002 oder SCHIPPER & SWETS 2010).

Nach Murman et al. (MURMAN et al. 2002, S. 94) sowie Schipper & Swets (SCHIPPER & SWETS 2010, S. 29) sind diese Verschwendungsarten aus der Produktion an andere Situationen wie Administration oder Entwicklungsprozesse anpassbar. Schipper & Swets (SCHIPPER & SWETS 2010, S. 57) liefern bspw. folgende Definition der Verschwendungen für die Produktentwicklung:

- Warten – voneinander abhängige Personen, hohe Anzahl an Prozessschnittstellen
- Lagerbestand – begrenzte Wiederverwendung von konstruktiven Lösungen
- Überproduktion – ungenutzte/s Detailwissen / -lösungen
- Überbearbeitung – Ausdetaillierung von später verworfenen Konzepten
- Fehler – konstruktive Änderungen in späten Phasen oder im Feld
- Unnötige Bewegung – ineffektive Kommunikation
- Nicht wertschöpfende Bearbeitung – zu spezifische und zu lange verfolgte Lösungen

Zusätzlich führen Schipper & Swets (SCHIPPER & SWETS 2010, S. 57) nicht genutzte personelle Ressourcen sowie verworfenes oder verlorenes Wissen als Verschwendungsarten auf. Da der Wertstrom in der Produktentwicklung durch iterative und verzweigte Informationsflüsse geprägt ist, muss Verschwendung unter diesem Gesichtspunkt betrachtet werden (MURMAN et al. 2002, S. 209).

In der Literatur besteht kein Konsens über die Anzahl und Benennung von Verschwendungsarten sowie deren Definition. Von Autor zu Autor existieren kleine bis große Unterschiede. So unterscheiden Schipper & Swets (SCHIPPER & SWETS 2010, S. 52 f.) lediglich zwei Arten von Verschwendung: Produktverschwendung bzw. Over-Engineering und Prozessverschwendung in Gestalt unnötig durchgeführter Arbeitsschritte. Die Tabelle in Anhang 1.1 zeigt eine Gegenüberstellung von Verschwendungsarten, wie sie von unterschiedlichen Autoren präsentiert werden.

Nach Ohno (OHNO 2009) stellt Überproduktion die schlimmste Verschwendungsart aus Produktionssicht dar. Aus der Perspektive des Gesamtmanagements ergab eine weltweite Studie der Boston Consulting Group (BOSTON CONSULTING GROUP 2008, S. 13) unter 2.957 Führungskräften lange Entwicklungszeiten und eine risikovermeidende Kultur als kritischste Herausforderungen, gefolgt von Problemen bei der Auswahl der richtigen Ideen für die Kommerzialisierung und schlechte Koordination im Unternehmen. Pflaum und Magenheimer (PFLAUM & MAGENHEIMER 2010) untersuchen in ihrer Fragebogenstudie Lean Thinking in indirekten Bereichen (Stichprobengröße $n = 75$). Dabei ergaben sich zu hohe Bestände als bedeutendste Verschwendung, gefolgt von einer hohen Anzahl an Prozessschnittstellen bzw. langen Wegen und ungeeignetem Ressourceneinsatz (PFLAUM & MAGENHEIMER 2010). In der Entwicklung ergab sich ein leicht abweichendes Bild: Bestände und die Anzahl der Schnittstellen bzw. lange Wege

waren hier gleichermaßen ausschlaggebend, gefolgt von unzureichendem Ressourceneinsatz und häufigen Fehlern bzw. Rückfragen.

Graebisch et al. (GRAEBSCH et al. 2007a) fokussierten in ihrer Studie auf das Verständnis und die Anwendung von Lean Product Development in der industriellen Praxis. Aus der Umfrage unter 122 deutschen Unternehmen ergaben sich unzureichende Kommunikation sowie Entscheidungsfindung und Verwaltung als Hauptverschwendungen.

Vor dem Hintergrund, dass der Wertstrom in der Produktentwicklung in Form von Informationsfluss stattfindet, unterschieden Kirner et al. (KIRNER et al. 2013) in ihrer Studie zwischen Verschwendung bei der Übermittlung bzw. Verarbeitung von Informationen sowie Verschwendung von Informationsbausteinen selbst. Dabei ergeben sich häufige Korrekturen und schlechtsynchronisierte Tätigkeiten als bedeutendste Verschwendungsarten bei der Verarbeitung von Informationen sowie Warten bei der Übermittlung von Informationen. Fehlerhafte oder unvollständige Informationen wurden im dritten Bereich als entscheidend genannt. (KIRNER et al. 2013)

In Kapitel 2.1.2 wurde die Definition für Leistung in der Produktentwicklung, die dieser Arbeit zugrunde liegt, vorgestellt. Demnach ist die Leistung definiert durch die Effizienz und Effektivität der Produktentwicklung bezüglich der Entwicklungstätigkeiten sowie der Entwicklungsmanagementtätigkeiten. Aus Sicht des Lean Product Development wird die Definition in dieser Arbeit wie folgt genutzt²⁵:

Verschwendung wird verstanden als (zu) geringe Effektivität, z. B. fehlende Definition der Entwicklungsstrategie, und Effizienz, z. B. übermäßiger Ressourcenverbrauch. Wert steht weiterhin für eine hohe Effektivität, z. B. Ermitteln der wahren Kundenanforderungen, und hoher Effizienz.

Innerhalb dieser Arbeit wird zwischen **Verschwendungssymptomen** und deren **Ursachen** unterschieden. Als Verschwendungssymptome werden die Verschwendungen verstanden, die direkt beobachtet werden können, wie eine zeitliche Verzögerung oder ein mehrfach erstelltes Dokument (vgl. Liker 2009 S. 420 f.). Beispielsweise mit Hilfe der Methode des Fünf-Mal-Warum-Fragens (Kapitel 2.2.2, Ohno 2009) gilt es der Ursache des Problems auf den Grund zu gehen (LIKER & MEIER 2009, S. 393 ff.). Nur, wenn in der Folge Verbesserungsmaßnahmen an der Ursache einer Verschwendung angreifen, kann das Verschwendungssymptom nachhaltig vermieden werden.

Obwohl diese Notwendigkeit in der Literatur vielfach betont wird, unterscheiden nicht alle Autoren zwischen Verschwendungssymptomen und -ursachen. Es existieren nur wenige Arbeiten, die sich mit den Kausalzusammenhängen zwischen beiden beschäftigen. So unterscheiden Graebisch et al. (GRAEBSCH et al. 2007a) in ihrer Studie zwischen Verschwendungsarten und -treibern, wobei sie die Zusammenhänge zwischen beiden nicht abfragen.

Pessôa et al. (PESSÔA et al. 2009) entwickeln eine Methode für die Abbildung von Kausalzusammenhängen zwischen zehn Verschwendungsarten mit je zwei bis vier Unterarten. Diese

²⁵ Vgl. Kapitel 1.3.2, bzw. KIRNER & LINDEMANN 2013.

Zusammenhänge werden in einer Einflussmatrix bzw. Design Structure Matrix (DSM, siehe Kapitel 3.1.1) abgebildet und analysiert. Innerhalb dieser Methode wird keine Unterscheidung zwischen Symptomen und Ursachen getroffen. Es wird lediglich betrachtet, wie sich Verschwendungssymptome²⁶ gegenseitig beeinflussen. Durch die Analyse der Anzahl der direkten und indirekten Abhängigkeiten zwischen den Symptomen wird eine Gewichtung der Zusammenhänge abgeleitet. Aus der Gewichtung ergibt sich eine Eliminierungsreihenfolge für Gruppen von Verschwendungen, wobei die Veränderung der Gewichtung nach der Eliminierung jeder Verschwendung untersucht und berücksichtigt wird. Der Ansatz geht nicht auf die Ermittlung der Ursachen außerhalb der Sammlung an Verschwendungsarten und -unterarten ein.

Kato (KATO 2005) beschäftigte sich u. a. mit kausalen Zusammenhängen zwischen Verschwendungen und deren Ursachen. Diese Relationen leiten sich aus bestehender Literatur ab und werden von Kato anhand der Daten aus drei Fallstudien angepasst. Daraus entstanden umfangreiche Ursache-Wirkungsdiagramme, die als Grundlage bzw. Checkliste für die Verschwendungsanalyse herangezogen werden können. Die Verschwendungsart stellt eine Art Messgröße dar, da sie laut Kato (KATO 2005, S. 37) leichter zu quantifizieren sind als Ursachen. Die Ursachen werden schrittweise konkretisiert, dabei stellen sie einzelne Aspekte aus dem Bereich Variantenmanagement (Definition Kapitel 2.3.1) dar. Die Rolle des Variantenmanagement hinsichtlich des Verschwendungsaufkommens wird nicht untersucht. Eine Verknüpfung zwischen Verschwendungsursachen und möglichen Verbesserungsmaßnahmen erfolgt nicht. (KATO 2005)

Andere Autoren nennen zwar beispielhaft Ursachen für Verschwendungsarten (z. B. McMANUS 2005, S. 58 f., WILDEMANN 1997, S. 122 f.) Dabei erfolgt keine systematische und empirische Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Verschwendungsarten und möglichen -ursachen.

Siyam et al. (SIYAM et al. 2012a und SIYAM et al. 2012b) beschäftigen sich mit dem Zusammenhang zwischen Wert und Verschwendung. Basierend auf einer umfassenden Literaturrecherche, leiten die Autoren eine umfassende Sammlung an Verschwendungsarten und deren Ursachen bzw. Methoden zur Wertsteigerung von Informationen sowie deren Verarbeitung und Übertragung her. Die Methoden zur Wertsteigerung und die Verschwendungsarten stellen sie auf Basis der Literaturrecherche in Beziehung. Auf dieser Grundlage treffen sie Aussagen darüber, welche Methoden besonders effektiv für die Eliminierung von Verschwendung eingesetzt werden können bzw. welche Verschwendungsarten die Durchführung bestimmter Methoden gefährden können.

Lean Prinzipien und Rahmenwerke für die Umsetzung von Lean Thinking

Für die Umsetzung von Lean Thinking in unterschiedlichen Bereichen, wie der Produktion oder Produktentwicklung, wird die Realisierung und Verankerung von sog. Lean Prinzipien empfohlen. In der Literatur wird neben Lean Prinzipien auch von Lean Enablern und Lean Tools

²⁶ Die Verschwendungsarten und -unterarten (PESSÔA et al. 2009) sind mit Verschwendungssymptomen nach der Definition in dieser Arbeit gleichbedeutend.

bzw. Werkzeugen oder Methoden gesprochen. Dabei sind die Definitionen für Prinzipien, Enabler und Werkzeuge nicht trennscharf.

Die fünf Lean Prinzipien nach Womak and Jones (WOMACK & JONES 1997) werden durch viele Autoren als Referenz für die Produktentwicklung genutzt. Diese Prinzipien sind folgendermaßen definiert:

- **Wert** – durch den Endkunden definierter Wert
- **Wertstrom** – Identifizieren aller Aktivitäten für die Erstellung eines Produktes / einer Dienstleistung / eines Leistungsbündels; Eliminieren nicht-wertschöpfender Tätigkeiten, direkt- und indirekt-wertschöpfende Tätigkeiten optimieren
- **Fluss** – kontinuierlich fließende Prozesse – kontinuierlicher Fluss durch Vermeiden von Warteschlangen
- **Pull** – Kunden den Wert ziehen lassen – Umsetzen durch Kanban- und Just-in-Time-Ansätze; Wirkungen in Form des Ausgleichs von Auslastungsschwankungen und minimierter Vorratshaltung (vgl. auch Murman et al. 2002, S. 92)
- **Perfektion** – Streben nach kontinuierlicher Verbesserung

Murman et al (MURMAN et al. 2002, S. 12 ff. und S. 147 ff.) betonen mit ihren Lean Value Prinzipien ergänzend die Wichtigkeit der Identifikation (im Sinne des richtigen Produktes) und Definition des Wertes (im Sinne Anforderungsdefinition) sowie der Verankerung von Lean und das Engagement für Lean im gesamten Unternehmen (ganzheitliche Sicht auf das Unternehmen und die Abhängigkeiten im Unternehmen sowie die beteiligten Personen), um so von Beginn an Qualität zu erreichen. Diese Prinzipien verankern Murman et al. (MURMAN et al. 2002, S. 147 ff.) in ihrem Lean Enterprise Model, das ein Rahmenwerk für die Umsetzung der Prinzipien bildet. Dabei sind prozessorientierte²⁷ Methoden und human-orientierte²⁸ Methoden umzusetzen. Durch die Entwicklung dieses Rahmenwerkes verbinden die Autoren die abstrakten Lean Prinzipien mit konkreteren Handlungsalternativen, in Gestalt der prozess- und human-orientierten Methoden.

Andere Rahmenwerke stellen keine direkte Verbindung zu den Lean Prinzipien nach Womack & Jones (WOMACK & JONES 1997) her. Sie umfassen eine Sammlung an konkreten Handlungsanweisungen zur Umsetzung von Lean Product Development. Im Folgenden werden ausgewählte Ansätze kurz zusammengefasst. Diese Ansätze umfassen typische Lean-Werkzeuge und Methoden, die hauptsächlich darauf ausgerichtet sind, Wertschöpfung zu optimieren und Verschwendung zu eliminieren bzw. zu vermeiden. Diese Werkzeuge und Methoden sind in Tabelle 2-4 zusammengefasst und als Teil des Maßnahmenkatalogs in Anhang 1.1 näher erläutert.

²⁷ Prozessorientierte Methoden: lückenlose Informationsflüsse sichern, Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung, kontinuierliche Prozessverbesserung, kontinuierliche Prozessbewertung, Stabilität durch Strategie (MURMAN et al. 2002, S. 150).

²⁸ Humanorientierte Methoden: Kommunikation der Lean Strategie durch Führungspersonen, Vertrauen zwischen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und Führungspersonen, Entscheidungen auf niedrigstmöglicher Hierarchiestufe, Personalentwicklung, Kundenorientierung, Lernatmosphäre schaffen (MURMAN et al. 2002, S. 150).

Tabelle 2-4: Übersicht über Lean Enabler, Methoden und Werkzeuge

Lean Enabler / Tool	Beschreibung	z. B. Quelle
Auslastungsnivellierung Heijunka	Auslastungsgrad gleichmäßig halten durch geeignete Ressourcenallokation	Ohno 2009, Liker 2009, McManus 2005, Ward
Gemba	Vorort, dort wo die Arbeit passiert, analysieren und Lösungen finden	Schipper & Swets 2010
Eigenverantwortliche Experten	Eigenverantwortliches Planen und Bearbeiten von Entwicklungsaufgaben durch Entwicklungsteams	Ward 2007
Entscheidungen	Entscheidungen auf möglichst niedriger Hierarchiestufe treffen	McManus 2005
Fluss - Flow	Kontinuierliche Verfügbarkeit von Informationen zur richtigen Zeit und in geeignetem Umfang	Morgan und Liker 2006, Oppenheim 2004,
Front Loading	Ausreichend Ressourcen in frühen Phasen für Informationsbeschaffung, -erarbeitung	Sehested & Sonnenberg 2011
Führung	Führungskräfte kommunizieren und leben Lean Philosophie vor	Ward 2007
Just-in-time	Güter in der richtigen Zeit, in der richtigen Menge am richtigen Ort	Ohno 2009
Informations-6S	Ermitteln welche Informationen von wem, wann, in welcher Form benötigt: Sortieren und systematisch abspeichern, Standards zur Dokumentation, einfache Strukturen, einfache Informationssysteme, sichere und zuverlässige Umgebung, Standardabläufe; Datenkonsistenz sichern	McManus 2005, Imai 1992, Liker 2006, Schuh 2009
Kontinuierliche Verbesserung - Kaizen	Ständiges Hinterfragen des aktuellen Standes (z. B. Prozesse) und Definition von Verbesserungsmaßnahmen	Murman et al. 2002, McManus 2005
Matrixbasierte Methoden	Design Structure Matrix (DSM), Multiple-Domain Matrix (MDM) zur Verschwendungsanalyse bzw. Prozessoptimierung	Browning & Eppinger 2002, Elezi et al. 2010
One-Piece-Flow	Möglichst geringe Anzahl an parallelen Projekten, Vermeiden von Reibungsverlusten für Bearbeiter/innen	Sehested & Sonnenberg 2011
PDCA-Zyklus	Plan-Do-Check-Act-Zyklus - Vorgehensmodell zur Problemlösung	Liker 2009
Personalentwicklung	Entwickeln der Kompetenzen der Mitarbeiter/innen, Lernende Organisation	McManus 2005
Poka-Yoke	Narrensicherheit, Fehler vermeiden durch geeignete Konstruktion bzw. Vorrichtungen	Ohno 2009, Murman et al. 2002
Prototyping und Versuche	Frühe Prototypen und Versuche als Informationsquelle für Produktdetaillierung bzw. Lernen für Zukunft; unnötige Versuche vermeiden	Sehested & Sonnenberg 2011, McManus 2005
Pull	Bewusstsein und Kenntnis jeder Person über Kunden und Zeitpunkt für von ihr erzeugte Informationen	Haque und James-Moore 2004, Oppenheim 2004
Standardisierung	Standardisierte Arbeitsabläufe für wiederkehrende Tätigkeiten, Standards für Wiederverwendung von Lösungen bzw. Komponenten und Baugruppen	Liker 2009, Ohno 2009, Schuh 2009
Set-based Engineering	Verfolgen einer Vielzahl an Lösungen für die gleiche Aufgabenstellung, Auswählen der endgültigen Lösung so spät wie möglich	Ward 2007, Al-Ashaab et al 2013
Starker Projektleiter	Verantwortung und Entscheidungskompetenzen für Projektleiter	Morgan und Liker 2006, Ward 2007
Takt	Regelmäßiges Prüfen der Zielerreichung, z. B. in Meilensteinen, Erzeugen positiven Drucks	Sehested & Sonnenberg 2011, McManus 2005
Timeboxing	Beibehalten eines fixen Projektendes, Überlappung von Projekten vermeiden und fördern gleichmäßiger Takt, ggf. zusätzliche Ressourcen investieren	Sehested & Sonnenberg 2011
Unternehmenskultur	Verankern der Lean Philosophie, Lernende Organisation, Beziehungen innerhalb des Unternehmens und über dessen Grenzen hinaus, basierend auf gegenseitigem Vertrauen	Sehested und Sonnenberg 2011, McManus 2005
Value Stream Mapping	Analysieren der IST-Prozesse bzw. vergangener Projekte als Grundlage für das Ableiten von SOLL-Prozessen	McManus 2005, Wang et al. 2011
Verantwortlichkeiten und Rollen	Klares Definieren und Kommunizieren von Verantwortlichkeiten und Rollen; Schaffen eines Bewusstseins für Verantwortlichkeiten	Sehested und Sonnenberg 2011
Visuelles Management	Sichtbarmachen des aktuellen Standes anhand von Kennzahlen, Projektplänen etc.; Probleme früh erkennen für Gegenmaßnahmen	Ohno 2009, Sehested & Sonnenberg 2011
Fünf Warum und wahre Ursache	Fünf-Mal-Warum-Fragen zur Ermittlung der Verschwendungsursache; Gegenmaßnahmen nur zur Eliminierung der wahren Ursachen bzw. der Wurzel des Problems	Ohno 2009, Liker 2009, Wang et al. 2011
Wissensmanagement	Lernen für die Zukunft: gewonnene Informationen bzw. erzeugtes Wissen erfassen und dokumentieren	Schipper & Swets 2010
Zuliefererintegration	Frühes Einbinden von Zulieferern bzw. Dienstleistern	Liker 2009

Das 4-P-Modell (Bild 2-6) nach Liker (LIKER 2004) bzw. Liker (LIKER 2006, S. 39) umfasst 14 Managementprinzipien (LIKER 2004, S. 37 ff. bzw. LIKER 2006, S. 39), die den vier Kategorien

Philosophie (Langfristige Ausrichtung) und Prozess (Eliminieren nicht-wertschöpfender Elemente) sowie People / Partner (Mehrwert für Organisation durch Organisationsentwicklung) und kontinuierliche Problemlösung zugeordnet sind (LIKER & MEIER 2009, S. 34 ff., LIKER 2006, S. 29 und S. 69 ff.).

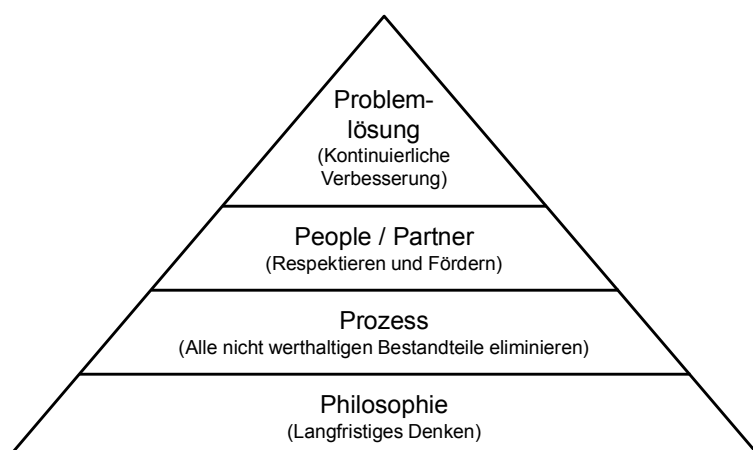


Bild 2-6: „4-P“-Modell der Toyota-Methode (nach LIKER 2004, S. 30)

Mit Fokus auf leichte Umsetzbarkeit in der industriellen Praxis formulieren Liker & Meier (LIKER & MEIER 2009, S. 30 ff.) die 14 Managementprinzipien wie folgt, mit Perspektive auf das Gesamtunternehmen: Als Basis für Managemententscheidungen gilt es eine langfristige **Philosophie** zu wählen. Darauf aufbauend gilt es, die **Prozesse** zu verbessern: Ein kontinuierlicher Prozessfluss ist umzusetzen, sodass durch die Förderung der Kommunikation zwischen den Prozessen Probleme schnell identifiziert werden können. Überproduktion ist durch Anwenden des Pull-Ansatzes (z. B. durch Kanban) zu vermeiden. Gleichzeitig gilt es das Produktionsvolumen zu nivellieren, um kontinuierlich fließende Prozesse zu erreichen. Es ist danach zu streben von Beginn an die geforderte Qualität zu erreichen und Korrekturen zu vermeiden. Wiederkehrende Aufgaben und Prozesse sind zu standardisieren und visuelle Kontrollen einzusetzen, um Abweichungen und Probleme früh zu erkennen. Nur zuverlässige Technologien sollten für die Unterstützung von Geschäftsprozessen bzw. in der Produktion zum Einsatz kommen. (LIKER & MEIER 2009, S. 30 ff.)

Personalentwicklung und die Entwicklung von **Partnerschaften** in der Geschäftswelt stellen die dritte Gruppe dar (LIKER & MEIER 2009, S. 30 ff.): Es gilt die Führungskräfte dahingehend zu entwickeln, dass sie die Lean Philosophie transportieren und vorleben. Parallel sind die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bzw. die Teams entsprechend zu schulen und ihre Kompetenzen zu entwickeln. Das Netzwerk an Geschäftspartnern und Zulieferern sind zu pflegen und durch Kooperation auszubauen. Die langfristige Umsetzung von Lean in einem Unternehmen geschieht durch die Verankerung eines **kontinuierlichen Problemlösungs-** und Lernprozesses: Führungskräfte sollten an der Problemlösung aktiv teilnehmen. Entscheidungen sind nach Berücksichtigung aller Alternativen im Konsens zu fällen und Maßnahmen zügig umzusetzen. Kontinuierliche Reflexion und Verbesserung sollten im Sinne einer lernenden Organisation umgesetzt werden. (LIKER & MEIER 2009, S. 30 ff.)

Sehested und Sonnenberg (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 57 ff.) nennen die folgenden Lean-Werkzeuge als die zentralen Bausteine für die Umsetzung von Lean Product Development. Im Rahmen von „Gemba“ gilt es dort, wo die Arbeit passiert, vor Ort zu sein, um mit eigenen Augen Analysen durchzuführen und ggf. Verbesserungsbedarf zu sehen (vgl. auch Schipper und Swets (SCHIPPER & SWETS 2010, S. 4f.). Im Sinne des **Front Loading** gilt es in frühen Phasen in ausreichendem Maße Ressourcen für die Informationsbeschaffung zur Verfügung zu stellen. **Visuelles Management** dient dazu den aktuellen Stand anhand von Kennzahlen so wie Risiken und deren mögliche Lösungen zu visualisieren. Dadurch wird ein gemeinsames Verständnis für die zu erreichenden Ziele geschaffen sowie die Koordination der Projektarbeit unterstützt und das Verantwortlichkeitsgefühl der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gestärkt. Unter **Timeboxing** verstehen die Autoren das Beibehalten eines fixen Endtermins, wofür bei Abweichungen ggf. mehr Ressourcen investiert werden. Dies fördert einen gleichmäßigen Takt und äußert sich in kürzeren Entwicklungszeiten und weniger überlappenden Projekten. Letzteres wird durch einen **One-Piece-Flow** von Projekten unterstützt, der besagt, dass möglichst wenige Projekte parallel bearbeitet werden. Dadurch entstehen für einzelne Personen weniger Reibungsverluste durch Aufgabenvielfalt und durch häufigeres Abschließen von Arbeiten wird ein Gefühl der Befriedigung erzeugt. Ein gleichmäßiger **Takt** wird z. B. durch Meilensteine erzeugt, mit dem Ziel im positiven Sinne Druck zu erzeugen, da die Zielerreichung regelmäßig überprüft wird (vgl. auch MCMANUS 2005, S. 62f). Schließlich dienen **Prototyping** sowie Versuche und Simulationen dazu, für die Detaillierung des Produktes bzw. die Zukunft zu lernen. (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 57 ff.)

Ward (WARD 2007, S. 59 ff.) formuliert folgende Prinzipien für die schlanke Produkt- und Prozessentwicklung: Das grundlegende Prinzip ist der Wertfokus für die Erzeugung von Wissen und Produkten in ihren jeweiligen Wertströmen, wobei er die Produktion als den Kunden für die Produktentwicklung herausstellt. Der Wert soll die Produkt- und Prozessentwicklung im Sinne des Pull-Prinzips „ziehen“. Dafür ist der Wert zu verstehen und zu erkennen. Projektleiter handeln als verantwortliche **unternehmerische Systementwickler** für die Umsetzung dieser Wertströme, wofür sie durch die Linienführung unterstützt werden. Mit Hilfe von **Set-Based-Concurrent Engineering** (SBCE) wird das Erreichen einer optimalen Lösung sichergestellt, indem eine Vielzahl an Lösungsalternativen in, nach den Grundsätzen des Concurrent Engineering gestalteten, Entwicklungsprozessen parallel verfolgt wird. Das SBCE ist durch die Umsetzung eines gleichmäßigen **Taktes**, z. B. über Definition von Meilensteinen, und einer **gleichmäßigen Arbeitsauslastung** zu unterstützen. Entwicklungsteams sollten als **eigenverantwortliche Experten** arbeiten. Durch eigenverantwortliches Planen und Arbeiten wird eine Kultur des Lernens geschaffen. (WARD 2007, S. 59 ff.).

Schipper & Swets (SCHIPPER & SWETS 2010, S. 2 ff.) nennen als Prinzip für innovatives Lean Product Development zunächst die Notwendigkeit durch die Nutzer bzw. Kunden wahrgenommene Lücken im Produktangebot zu identifizieren. Schipper und Swets gliedern den Produktentwicklungsprozess in sog. **Lernzyklen**, welche durch einen gleichmäßigen Takt charakterisiert sind: in gleichmäßigen Abständen wird die Zielerreichung kontrolliert und ggf. Gegenmaßnahmen ergriffen. So sind die Erkenntnisse aus einem Lernzyklus nutzbar. Darauf aufbauend ist der **Produktentwicklungsprozess zu stabilisieren** durch die Nutzung von vorhandenem Wissen aus vergangenen Lernzyklen und die effektive Gestaltung wiederkehrender, unterstützender Prozesse durch Verschwendungsminimierung. Neu erzeugtes **Wissen** ist so zu

erfassen, dass das Unternehmen daraus lernen kann. Zu diesem Zweck ist auch **Rapid Prototyping** zu nutzen, um durch frühe Versuche für die Detaillierung der Produkteigenschaften zu lernen. Schließlich sind **Lean-Werkzeuge** zu nutzen, wie visuelles Management oder „gemba“, bei dem am eigentlichen Ort z. B. Best Practice Prozesse aufgenommen und Veränderungen kommuniziert werden, anzuwenden. (SCHIPPER & SWETS 2010, S. 2 ff.)

Die Lean Innovation Prinzipien nach Schuh orientieren sich weniger stark an den Begriffen und Werkzeugen aus der oben erläuterten Literatur und fügen einige Gesichtspunkte hinzu: Den Startpunkt stellt die strategische Positionierung mit dominanten Fähigkeiten des Unternehmens dar und es gilt Kundenwerte und Projektziele klar zu hierarchisieren. Die strategische Ausrichtung des Unternehmens ist mit Hilfe von Produkt- und Technologie-Roadmaps zu planen. Produktarchitekturen werden im Rahmen integrierter Produkt- und Produktionsstrukturen gestaltet, das Produktsortiment mit Hilfe von Merkmals- und Variantenbäumen optimiert und die Vielfalt auf Ebene der konstruktiven Lösungen durch die Definition von Freiheitsgraden und Designsets gesteuert. Durch Klassifizierung und Steuerung von Prozessen wird der Wertstrom gestaltet und Informationsflüsse werden durch Sicherstellen konsistenter Daten optimiert. Es ist eine projektübergreifende Steuerung durch Multiprojektmanagement vorzusehen und durch ein geeignetes ergebnisorientiertes Innovationscontrolling und synchronisiertes Einsteuern neuer Varianten im Sinne eines Release Engineering zu ergänzen. Schließlich ist die Innovationsproduktivität kontinuierlich zu verbessern. (SCHUH et al. 2009, SCHUH et al. 2008a, KRUMM & SCHNITTY 2012)

Das Lean Enterprise Modell der Lean Advancement Initiative (LAI 2012b, MCMANUS 2005, S. 75 f.) (ergänzt durch Metriken) repräsentiert Lean Best Practices, zusammengefasst zu zwölf übergreifenden Handlungsanweisungen: Es gilt das für das Unternehmen spezifische Flussprinzip zu erkennen und umzusetzen, wie auch einen nahtlosen Informationsfluss. Entscheidungen sollten auf der niedrigstmöglichen Hierarchieebene getroffen werden. Die Kompetenzen des Personals sind zu entwickeln und bestmöglich zu nutzen. Lean sollte durch die Führungsebenen kommuniziert und vorgelebt werden. Diese Lean Leadership ist zu fördern. Beziehungen sowohl innerhalb des Unternehmens als auch mit Kunden, Partnerunternehmen oder Zulieferern sind auf einem gegenseitigen Vertrauensverhältnis aufzubauen. Die Umsetzung der integrierten Produkt- und Prozessentwicklung ist anzustreben, wobei die kontinuierliche Kundenorientierung zu fördern ist. Bestehende Prozesse sind kontinuierlich zu hinterfragen und eine lernende Umgebung ist zu schaffen. So sind die Leistungsfähigkeit und die kontinuierliche Weiterentwicklung der Prozesse sicherzustellen. Schließlich ist die Stabilität im sich ständig verändernden (Wettbewerbs-) Kontext zu maximieren. MCMANUS 2005, S. 75 f.)

Den vorgestellten Ansätzen zur Umsetzung von Lean Product Development durch die Verwirklichung definierter Prinzipien sind trotz ihrer Verschiedenartigkeit folgende Aspekte gemein: Zentraler Fokus ist der Wert bzw. die Strategie an dem / der sich alle Aktivitäten auszurichten haben. Verschwendung ist zu eliminieren mit dem Ziel, die Wertschöpfung zu optimieren. Führungskräfte müssen die Lean Philosophie kommunizieren und vorleben sowie an ihrer Umsetzung teilnehmen. Dies gilt insbesondere für die obersten Führungsebenen (KARLSSON & ÅHLSTRÖM 1996). Kompetenzen der Führungskräfte sowie Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind zu nutzen und weiterzuentwickeln. Eine Kultur des Lernens muss aufgebaut werden. Pro-

zesse und Vorgehensweisen sind kontinuierlich zu reflektieren und verbessern. Tabelle 2-4 enthält eine Zusammenfassung typischer Lean Methoden und Werkzeuge. Diese Werkzeuge sind als Teil des Maßnahmenkatalogs in Anhang 1.1 näher erläutert.

Als Voraussetzung für die Umsetzung der Lean Philosophie und somit der Transformation zu einem schlanken Unternehmen ist der Wandel im Unternehmen zu treiben: Es ist erforderlich, die Denkweisen in allen Hierarchieebenen zu verankern und die Unternehmenskultur zu ändern bzw. anzupassen (SCHIPPER & SWETS 2010, S. 3 ff.). Diese Aufgabenstellung kann nicht als zeitlich begrenztes Projekt betrachtet werden (KARLSSON & ÅHLSTRÖM 1996). Die Lean Philosophie ist mit ihrer Denkweise und insbesondere im Sinne der kontinuierlichen Verbesserung als fortlaufendes Vorhaben in einem Unternehmen zu verankern (vgl. SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 173). Es gilt ein Bewusstsein für die Philosophie und den Veränderungsbedarf zu erzeugen (KARLSSON & ÅHLSTRÖM 1996).

Werkzeuge und Vorgehensweisen des Change Management sind für diese kontinuierliche Aufgabe hilfreich. Beispielsweise erweitert Helten (HELTEN 2013) die allgemeinen Vorgehensmodelle des Change Management um ein Pilotierungsmodell für die Einführung von Lean Product Development im Mittelstand, welches auf ein Set aus für den Einführungserfolg relevanten Faktoren aufbaut. Diese Arbeit bildet eine Brücke zwischen den Arbeiten aus dem Change Management und dem im Forschungsfeld des Lean Product Development vorgeschlagenen Implementierungsvorgehen. Letztere fokussieren hauptsächlich auf Erfolgsfaktoren für Lean Product Development bzw. die Umsetzungsreihenfolge von Lean Elementen sowie Werkzeugen und Methoden.

Sehested und Sonnenberg (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 173 ff.) formulieren ebenfalls Erfolgsfaktoren für die Einführung und nachhaltige Verankerung von Lean Product Development: Sie betonen die Wichtigkeit einer klaren strategischen Ausrichtung und Zieldefinition für das Vorhaben. Die Kundenorientierung ist, z. B. durch Einbindung der Kunden von Beginn an, sicherzustellen. Die Ergebnisse der Lean Initiative müssen für die Kunden sichtbar sein, dabei ist die Reduzierung der Entwicklungszeit in den Fokus zu stellen. Die Führungskräfte müssen als treibende Kraft und Vorbilder fungieren und die Motivation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter fördern, auf allen Hierarchieebenen aktiv am Wandel teilzunehmen und ihn voranzubringen. (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 173 ff.)

Ähnliche Schwerpunkte enthält die von Murman et al. (MURMAN et al. 2002, S.154 ff.) entwickelte Roadmap für den Wandel zum schlanken Unternehmen als Vorgehensmodell mit einer ganzheitlichen Sichtweise auf das Unternehmen. Hauptschritte dieser Roadmap sind das Schaffen der strategischen Ausrichtung des Unternehmens auf Lean und die Definition der Ziele für dessen Einführung. Darauf folgen die Definition des Wertstroms und der daran beteiligten Stakeholder sowie die Anpassung der Unternehmensinfrastruktur (z. B. Aufbaustruktur) und die Erstellung einer detaillierten Umsetzungsplanung. Letztere ist in Lean Initiativen umzusetzen und durch kontinuierliche Verbesserung weiterzuentwickeln bzw. zu ergänzen. Daraus ergibt sich ein langfristiger Kreislauf, ähnlich dem Plan-Do-Check-Act-Zyklus (PDCA-Zyklus). (MURMAN et al. 2002, S.154 ff.)

Nightingale & Srinivasan (NIGHTINGALE & SRINIVASAN 2011) betonen mit ihren sieben Prinzipien zur Transformation zum schlanken Unternehmen neben Schwerpunkten, die auch bei Murman et al. zu finden sind, sich zuerst auf die Effektivität des Unternehmens zu fokussieren

(„das Richtige tun“) und erst im zweiten Schritt auf die Effektivität („die Dinge richtig tun“). Darüber hinaus sind die Abhängigkeiten innerhalb des Unternehmens und nach außen zu berücksichtigen, um Stabilität und gleichmäßigen Fluss unternehmensintern und über dessen Grenzen hinweg umzusetzen. Schließlich ist eine Kultur des Lernens (lernende Organisation) zu schaffen. Diese Prinzipien finden ihrerseits Eingang in eine Lean Transformation Roadmap (NIGHTINGALE & SRINIVASAN 2011, S. 32 ff.), welche sich in drei Zyklen zur strategischen Ausrichtung (inkl. Verpflichtung der Führungskräfte) sowie zur Planung der Lean Initiative (inkl. Analyse der IST-Prozesse und Definition der SOLL-Prozesse) und zur Ausführung gliedert. (NIGHTINGALE & SRINIVASAN 2011)

Adickes et al. (ADICKES et al. 2008) nutzen für die Einführung von Lean Product Development den sogenannten General Management Navigators (GMN) (Bild 2-7, MÜLLER-STEWENS & LECHNER 2011, S. 22 ff.). Der GMN umfasst die vier Bereiche Positionierung (Wertorientierung), Wertschöpfung (Planung und Optimierung des Wertstroms), Veränderung und Initiierung (die Umsetzung selbst). Diese Bereiche decken sich mit den Inhalten und Schwerpunkten anderer Rahmenwerke, wie der nach Nightingale & Srinivasan (NIGHTINGALE & SRINIVASAN 2011) oder Murman (MURMAN et al. 2002). Zusätzlich wird durch die linke Seite des GMN „Veränderung“ die Change Management Komponente betont. Unterstützend zu diesem Modell nutzen die Autoren ein Reifegradmodell (Umsetzungsgrad von Lean Product Development), um den Ausgangszustand zu ermitteln sowie die Entwicklung bis zum Zielzustand zu verfolgen (SCHUH et al. 2007).

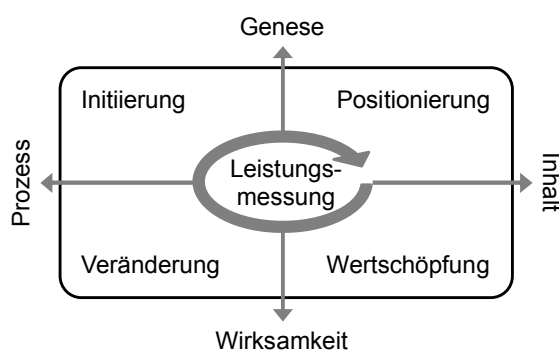


Bild 2-7: Hilfsmittel zur Lean Einführung – General Management Navigator (nach MÜLLER-STEWENS & LECHNER 2011, S. 22 ff.)

Wang et al. (WANG et al. 2011) führen existierende Rahmenwerke zur Einführung von Lean Product Development in einen Ansatz zur Erstellung einer Lean Deployment-Roadmap zusammen. Diese umfasst ergänzend zu anderen Ansätzen ein Schritt-für-Schritt-Vorgehen zur Implementierung. Ziel der Lean Deployment-Roadmap ist es, aufeinanderfolgend die Entwicklung der strategisch richtigen Produkte sowie eine effektive Integration von Produktlebenszyklus, Unternehmen und effizienten Prozesse zu realisieren. Das neu erarbeitete Rahmenwerk stellt Phasen des Produktentwicklungsprozesses und Verschwendungsarten sowie Lean-Werkzeuge gegenüber (WANG et al. 2011).

Eine weitere Roadmap für die ganzheitliche Lean-Transformation stellen Hoppmann et al. (HOPPMANN et al. 2011) vor. Basierend auf einer Fragebogenstudie, u. a. zu Einführungsaufwand und Komplexität einzelner Lean-Werkzeuge, ermitteln die Autoren eine Rangfolge der

Werkzeuge, welche als Orientierung zur zeitlichen Auswahl und kombinierten Umsetzung von Lean-Maßnahmen dienen kann (HOPPMANN et al. 2011). Cross (CROSS 2013) konzentriert die Einführung und Umsetzung von Lean Product Development auf drei Schritte. Zunächst gilt es im Sinne von „Watch and see“ ein Bewusstsein für die Probleme bzw. Verschwendung im Unternehmen zu gewinnen (CROSS 2013). Im nächsten Schritt „Think and Learn“ geht es darum, die Lean Philosophie zu verinnerlichen (CROSS 2013S. 26 f.). Der letzte Schritt „Get our hands dirty“ zielt darauf ein positives Veränderungsklima im Unternehmen zu schaffen²⁹, um alle Betroffenen für den Start der Lean-Transformation zu motivieren (CROSS 2013 S. 28 f.).

Ein Scheitern bei der Einführung der Lean Philosophie und damit verbundenen Werkzeuge bzw. Methoden, lässt sich häufig darauf zurückführen, dass die Verantwortlichen sich nur auf lokale, leicht lösbare Problemstellungen fokussieren (NIGHTINGALE & SRINIVASAN 2011, S. 30, ADICKES et al. 2008). Weitere Ursachen für Misserfolge bezüglich Lean bestehen in ungeeigneten oder häufig wechselnden Führungskräften (NIGHTINGALE & SRINIVASAN 2011, S. 30) sowie einer ungeeigneten bzw. starren Unternehmenskultur (ADICKES et al. 2008).

2.2.3 Leistung im Lean Product Development – Messen und Verbessern

Vorgehensweisen zur Messung und Verbesserung der Leistung im Lean Product Development – der Effizienz und Effektivität³⁰ – werden in diesem Abschnitt erläutert. Ausgehend von der Wertdefinition, der umzusetzenden Strategie aus Kundensicht, ist die IST-Leistung bzw. des Verschwendungsaufkommen zu ermitteln. Die Analyseergebnisse dienen als Grundlage für das Festlegen der im SOLL-Zustand anzustrebenden Leistung sowie der zu diesem Zweck umzusetzenden Maßnahmen.

Strategien und Ziele – Wert definieren

Ausgangspunkt für die Verbesserung der Effizienz und Effektivität im Lean Product Development bildet die Definition des (Kunden-) Wertes. Es gilt Lücken im Produktangebot zu finden, deren Besetzung durch den Kunden gewünscht ist bzw. für ihn Nutzen bringt (SCHIPPER & SWETS 2010, S. 2). Eine umfassende Analyse dieser Lücken, z. B. durch die Einbindung von Kunden oder Methoden der Strategie- und Produktplanung bzw. des Portfoliomanagements soll zu einer Zieldefinition für die Entwicklung neuer Produkte bzw. Produktfamilien führen. Die wahren, ggf. impliziten Kundenbedürfnisse sind zu ermitteln (SCHIPPER & SWETS 2010, S. 16). Daran sind sowohl aktuelle als auch zukünftige Projekte zu messen und die zukünftige Zielrichtung abzuleiten (SCHIPPER & SWETS 2010, S. 16). Gegebenenfalls sind laufende Projekte, welche im Rahmen dieser Bewertung keinen ausreichenden Wert für die Kunden ergeben, abzubrechen. Damit wird vermieden, dass u. a. weitere personelle und finanzielle Ressourcen in die Entwicklung unrentabler Produkte investiert werden.

²⁹ Die Anwendung von 5S wird genutzt, um die Arbeitsplätze im Gesamtunternehmen (z. B. Entwicklung, Empfang) ansprechend und positiv zu gestalten (CROSS 2013, S. 28 f.).

³⁰ Vgl. Kapitel 2.1.2.

Ein kontinuierlicher Kundenfokus ist umzusetzen (MCMANUS 2005, S. 76). Dabei fördert eine geeignete strategische Positionierung anhand der dominanten Fähigkeiten des Unternehmens (SCHUH et al. 2009, SCHUH et al. 2008b, KRUMM & SCHNITTY 2012) den Markterfolg der kundenorientierten Produkte. Insbesondere folgende der Lean Prinzipien aus dem Umfeld von Schuh (SCHUH et al. 2009, SCHUH et al. 2008b, KRUMM & SCHNITTY 2012) spiegeln dies wider:

- Klare Hierarchisierung von Kundenwerten und Projektzielen
- Roadmapping für Produkte und Technologien,
- Sortimentsoptimierung mit Merkmals- und Variantenbäumen,
- Projektsteuerung durch Multiprojektmanagement und Taktung
- Innovationscontrolling mit ergebnisorientierten Regelkreisen
- Release Engineering (Synchronisierte Änderungen)

Die Definition des wahren Kundenwertes, heruntergebrochen auf die Stakeholder und Kunden innerhalb eines Unternehmens, ist die grundlegende Voraussetzung für eine effektive und effiziente Produktentwicklung. Nur, wenn die tatsächlich durch den Kunden bzw. den Markt geforderten Produkte und Produktfamilien entwickelt werden, kann Verschwendung nachhaltig vermieden werden.

Es gilt deshalb bei der Beurteilung der Leistung der Produktentwicklung im Sinne des Lean Product Development insbesondere zu ermitteln, ob der Definition und kontinuierlichen Überprüfung des Wertes hinreichend Aufmerksamkeit und Sorgfalt gewidmet werden.

Leistungsmessung – IST-Stand und Verschwendungsanalyse

Durch eine umfassende Analyse des IST-Zustandes der Leistung in der Produktentwicklung, bzw. deren Prozesse, wird der aktuelle Wertstrom erfasst und bewertet. Auf dieser Grundlage lässt sich Verbesserungsbedarf bzw. die zu eliminierende Verschwendung sowie der SOLL-Wertstrom ableiten. Im Folgenden werden bisher genutzte Methoden zur Verschwendungsanalyse, also Ermittlung des IST-sowie SOLL-Wertstroms vorgestellt. Diese Methoden sind zudem ein wichtiges Hilfsmittel für die Realisierung eines kontinuierlichen Flusses, des Pull-Ansatzes und des kontinuierlichen Hinterfragens sowie Weiterentwickelns der Prozesse.

Für die Bewertung des Wertstroms bzw. die Identifizierung von Verbesserungsbedarf existieren zwei Herangehensweisen. Zum einen kann die Höhe des erzeugten Wertes bzw. des Reifegrads der Wertschöpfung oder aktuell erreichte Schlankheit („leanness“) gemessen werden. Je nach Bewertungsergebnis ergibt sich daraus ggf. Handlungsbedarf, um die Wertgenerierung zu verbessern. Zum anderen besteht die Möglichkeit, Verschwendungsanalysen zur Ermittlung des Verbesserungsbedarfs durchzuführen. Die Herangehensweisen zur Beurteilung des Wertes stellen sich anhand von ausgewählten Ansätzen wie folgt dar. In beiden Fällen ist es wichtig, dass die Ziele für die im zukünftigen SOLL-Wertstrom zu erreichenden Verbesserungen vor Beginn der Analyse definiert sind und die beteiligten Personen ein gemeinsames Verständnis für diese Ziele haben (LIKER & MEIER 2009, S. 75).

Beispielsweise beschreiben Al-Ashaab et al. (AL-ASHAAB et al. 2013) ein auf der Balanced Score Card basierendes Vorgehen zur Bewertung des Umsetzungsgrades der Lean Prinzipien bzw. der Schlankheit in den Perspektiven Produktentwicklungsprozess und Wissensorientierung sowie Umsetzung von Lean Enablern und Werkzeugen zur Wertsteigerung und kontinuierlicher Verbesserung. Die Autoren nennen detaillierte Aspekte jeder Perspektive, die über

ein fünfstufiges Reifegradmodell zu bewerten sind. Die Stufen reichen von „Start“ (keine Anwendung von Lean Product Development [LPD]), über „Awareness“ (Bewusstsein der Vorteile von LPD, keine Umsetzung) sowie „Unstructured“ (LPD-Einführung gestartet anhand unstrukturierten Vorgehens) und „Continued“ (Lean Methoden in einzelnen Phasen anhand eines strukturierten Vorgehens implementiert) zu „Evolved“ (LPD in allen Phasen der Produktentwicklung implementiert). Ziel dieser Bewertung ist es, den IST-Stand für jede Perspektive zu ermitteln und den SOLL-Stand zu definieren.

Anhand der ebenfalls auf der BSC basierenden Lean Monitoring Card nach Reik et al. (REIK et al. 2011) lässt sich der bisher durch die Einführung von Lean Product Development erreichte Erfolg in vier Perspektiven messen: neben der rein finanziellen Sicht in der Unternehmensperspektive, wird zudem der Umsetzungsgrad einzelner Verbesserungsmaßnahmen sowie die Wahrnehmung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von Veränderungen seit der Maßnahmen-einführung erfasst. Schließlich bezieht sich die Lernperspektive auf die Entwicklung der Kompetenzen und des Wissens im Unternehmen. (REIK et al. 2011)

Vor dem Hintergrund umfangreicher Entwicklungsprogramme gilt es den Grad der Wertschöpfung ebenfalls anhand von Kriterien jenseits einer reinen Zeit, Kosten und Qualitätsbetrachtung zu messen (OEHMEN 2012, S. 25 ff.). Die Messgrößen sind ähnlich der BSC in Perspektiven gruppiert. Diese sind neben Umsetzung der Unternehmensstrategie oder Produkt- und / oder Dienstleistungsperformance bzw. -qualität, auch finanzieller und unternehmerischer Erfolg sowie Lernen und Wandel und schließlich Qualität und Effizienz des Prozesses beim Programmmanagement. (OEHMEN 2012, S. 25 ff., Kapitel 2.1.1)

Reifegradmodelle zur Bewertung des IST-Standes finden sich zudem bei Schuh et al. (SCHUH et al. 2007) und im Lean Enterprise Self Assessment Tool (LESAT) der Lean Advancement Initiative (LAI 2012b, MURMAN et al. 2002, S. 157, Kapitel 2.1.2). Im Rahmen des LESAT wird das Reifegradmodell für die Bewertung detaillierter Praxisaspekte in den Bereichen der Unternehmensführung und Change Management sowie der Lebenszyklusprozesse (u. a. Programmmanagement, Anforderungsmanagement, Produktentwicklung, Supply Chain Management etc.) und der Infrastruktur im Unternehmen genutzt (LAI 2012b).

Dagegen klassifizieren Schuh et al. (SCHUH et al. 2007) in ihrer Studie die Aktivitäten im Produktentwicklungsprozess in fünf Tätigkeitsarten. Für jede Tätigkeitsart wird, anhand von definierten Messgrößen und Kennzahlen je Reifegrad, sowohl der IST- als auch der SOLL-Stand der Lean Umsetzung identifiziert. Weiterhin sind jedem Reifegrad bestimmte Lean Methoden und Werkzeuge zugeordnet, sodass je nach angestrebtem Grad Handlungsalternativen ausgewählt werden können (SCHUH et al. 2007).

Ausführliche Sammlungen von Messgrößen und Kennzahlen zur Beurteilung des Wertes bzw. der Qualität der Wertschöpfung in der Produktentwicklung finden sich z. B. bei Siyam et al. (SIYAM et al. 2011). Die Autoren stellen ein Rahmenwerk zur Beurteilung und Steigerung des Wertes in der Produktentwicklung dar. Darüber hinaus liefern die Autoren in Siyam et al. (SIYAM et al. 2012a und SIYAM et al. 2012b) neben einer ausführlichen Auflistung von möglichen Methoden zur Förderung der Wertschöpfung, eine Sammlung an Messgrößen zur Bewertung der Wirkung dieser Methoden.

Die wertorientierte Bewertung des IST-Standes bringt den entscheidenden Vorteil mit sich, dass den Analysierenden das Ziel der Wertschöpfungsoptimierung immer vor Augen bleibt. Die Wertdefinition wird durch die Diskussion und Festlegung der anzustrebenden Ausprägung des Wertes unterstützt. Dem gegenüber wird durch diese Herangehensweise die Identifikation der Ursache, z. B. eines geringen Reifegrades, bei der Umsetzung von Lean Enablern nicht unterstützt. Die Verknüpfung von Ursache und Wirkung wird in diesen Ansätzen nicht explizit berücksichtigt und fließt demnach nicht in die Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen mit ein.

Bei der **Verschwendungsanalyse** ist es entscheidend, dass nicht nur die zu beobachtenden Verschwendungssymptome festgehalten werden, sondern insbesondere deren Ursachen – die Wurzel jedes Problems (LIKER & MEIER 2009, S. 420 f.). Mit Hilfe der Methode des Fünf-Mal-Warum-Fragens (auch 5W-Methode) lassen sich Verschwendungsursachen durch mehrfaches Hinterfragen bis zum ursächlichen Sachverhalt konkretisieren³¹ (LIKER 2006, S. 352, OHNO 2009, S. 164).

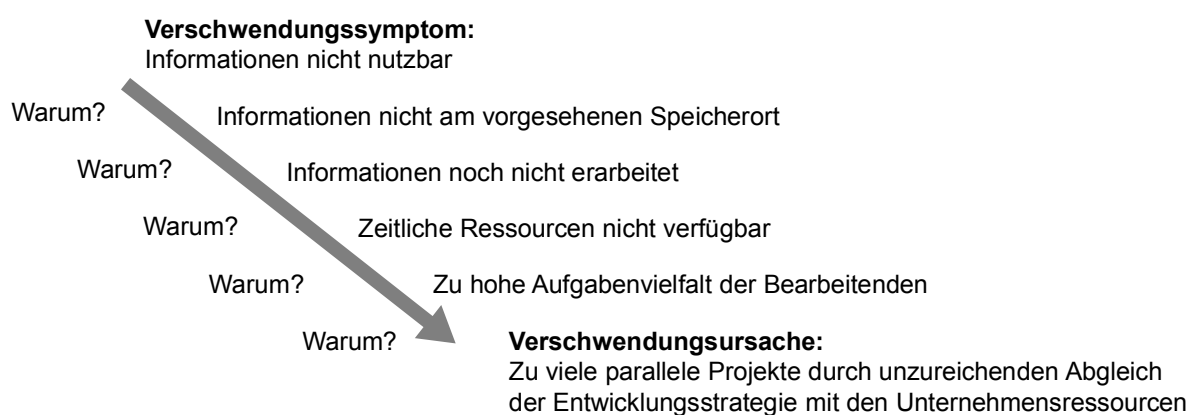


Bild 2-8: Fünf-Mal-Warum-Fragen – Ursache-Wirkungsketten (vgl. LIKER 2009)

Bild 2-8 zeigt ein Beispiel für die Anwendung dieser Methode. Das beobachtete Verschwendungssymptom besteht in der Tatsache, dass benötigte Informationen nicht nutzbar sind. Durch mehrfaches Hinterfragen ergibt sich als Ursache ein Defizit im Abgleich der Entwicklungsstrategie mit den verfügbaren Unternehmensressourcen: Einzelne Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die einer hohen Anzahl an Projekten zugeordnet sind, sind nicht mehr in der Lage Informationen entsprechend der Projektplanung rechtzeitig zu erarbeiten. Das Identifizieren der Problemwurzeln ermöglicht ein klares Verständnis für mögliche Gegenmaßnahmen (LIKER & MEIER 2009, S. 393). Nur wenn Gegenmaßnahmen zur Beseitigung der Verschwendungsursachen definiert werden, können die Verschwendungssymptome, z. B. Verzögerungen, nachhaltig beseitigt werden. Es ist entscheidend, dass identifizierte Probleme aus einer ganzheitlichen Perspektive analysiert werden; „dort wo sie auftreten“ (LIKER 2004, S. 393 ff.). Demnach sind Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus der Entwicklung bzw. weiteren beteiligten Bereichen in die Untersuchungen einzubinden, um ein ganzheitliches und realitätsgetreues Bild zu erhalten.

³¹ Vgl. „wahre Ursache“ (OHNO 2009, S. 168).

Verschwendungsanalysen können bspw. in Workshops durchgeführt werden. Innerhalb einer solchen Veranstaltung werden Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter dazu angehalten, über ihre Abteilungen und Prozesse nachzudenken sowie alles zu äußern, das ihrem Empfinden nach keinen Wert generiert (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 42). Durch eine regelmäßige Durchführung solcher Workshops eröffnet sich einem Unternehmen die Möglichkeit auf informelle Art und Weise einen kontinuierlichen Strom an Verbesserungsideen zu erhalten (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 42). Eine Formalisierung kann in Form von regelmäßigen Kaizen-Workshops erfolgen (Liker 2006 S. 379 ff.). Diese unterstützen es, den Kreislauf der kontinuierlichen Verbesserung aufrechtzuerhalten, der aus der Stabilisierung der Prozesse und des Erzeugens eines gleichmäßigen Flusses sowie Standardisieren wiederkehrender Abläufe und einer schrittweisen Verbesserung aller Prozesse besteht (LINDEMANN 2009, S. 84 f.).

Weitere Methoden für die Verschwendungsanalyse sind Projektanalysen und die Wertstromanalyse, das sog. Value Stream Mapping (Sehested und Sonnenberg 2011, S. 42). Die Methode Value Stream Mapping (VSM) (Morgan und Liker 2006)³² oder das Product Development Value Stream Mapping (PDVSM) (McManus 2005) werden in Workshops angewendet und unterstützen durch Formblätter die Erfassung von Entwicklungstätigkeiten entlang eines Entwicklungsprojektes. VSM kann, z. B. anhand der Lean Prinzipien nach Womack & Jones (WOMACK & JONES 1997), durchgeführt werden (SCHIPPER & SWETS 2010, S. 90 f.). Schipper & Swets (SCHIPPER & SWETS 2010, S. 92) stellen VSM als mächtiges Werkzeug zur Visualisierung der Produktentwicklungsprozesse dar, um mögliche Probleme sichtbarzumachen und die Richtung für erforderliche Veränderungen bzw. Verbesserungen vorzugeben.

Beispielsweise können Kaizen-Workshops zur Wertstromanalyse nach Liker (LIKER 2006, S. 385)³³ folgendermaßen aufeinander folgen. Zunächst gilt es zu klären, wer die Kunden bzw. Stakeholdern mit ihren Anforderungen sind. Im zweiten Schritt erfolgt die IST-Analyse der Prozesse und wertschöpfender sowie nicht-wertschöpfender Tätigkeiten. Anschließend wird der SOLL-Prozess definiert, wobei es die Ursachen für Nicht-Wertschöpfendes zu vermeiden gilt. Daraufhin wird die Umsetzungsplanung erstellt, bevor die Verbesserungsmaßnahmen durchgeführt werden. Abschließend gilt es, die erzielten Ergebnisse und Veränderungen in einer erneuten IST-Analyse zu bewerten und das Vorgehen im Rahmen der kontinuierlichen Verbesserung fortzuführen. (LIKER 2006, S. 385)

Bei der Anwendung des VSM oder PDVSM ist es entscheidend, dass bspw. ein vergangenes Projekt untersucht wird (SCHIPPER & SWETS 2010, S. 90 f.). Würde der Produktentwicklungsprozess im Allgemeinen anhand dieser Methoden untersucht, bestünde die Gefahr, dass der bereits bekannte Prozess nur neu dokumentiert wird, aber eine Analyse der Leistungsfähigkeit innerhalb eines Projektes bezüglich Zeit und Budget nicht erfolgen kann (SCHIPPER & SWETS

³² VSM wurde ursprünglich für die Wertstromanalyse in der Produktion verwendet (ROTHER & SHOOK 2009). Einige Autoren wie Murman et al. (MURMAN et al. 2002) wenden VSM für das gesamte Unternehmen an. Ström et al. (STRÖM et al. 2013) präsentieren eine vereinfachte Form des VSM für die Produktentwicklung.

³³ Liker (LIKER 2006, S. 385) spricht von Kaizen-Workshops für administrative bzw. dienstleistungsbezogene Geschäftsprozesse. In diesen Bereich lassen sich Produktentwicklungsprozesse einordnen.

2010, S. 90 f.). Gleichzeitig sollte sich die Analyse nicht auf ein einzelnes Projekt bzw. eine einzige Ausprägung des Prozesses beschränken, da so möglicherweise nur punktuelle Verbesserungen und keine unternehmensweiten Effekte erzielt werden (MURMAN et al. 2002, S. 181).

Eine weitere Möglichkeit zur Identifikation von Verschwendung bietet die sogenannte Snapshot-Analyse (GRAEBSCH et al. 2008). Diese Analyse basiert auf einer Zeitaufschreibung von Beschäftigten im Entwicklungsbereich und ggf. weiteren Bereichen, welche in der Produktentwicklung mitwirken. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter dokumentieren bspw. eine Woche lang für jede Tätigkeit, wieviel Zeit sie dafür aufgewendet haben. Dadurch entsteht eine Momentaufnahme („Snapshot“) der Tätigkeitsprofile. Verschwendung kann anhand dieser Zeitschreibung in Form hoher E-Mail-Bearbeitungszeiten oder hohem Aufwand für die Informationsbeschaffung deutlich werden. Um den Aufwand für die Beschäftigten bei der Analyse möglichst gering zu halten, werden vorab unternehmens- und abteilungsspezifische Tätigkeitsprofile erstellt sowie in Form eines geeigneten Werkzeugs (z. B. einer Tabelle) zur Verfügung gestellt. Die Auswertung der Zeitaufschreibung erfolgt anonym. (GRAEBSCH et al. 2008) Nachteil der Snapshot-Analyse ist, dass sie die Ursachen für das Verschwendungsaufkommen nicht miterfasst.

Neben der Durchführung von Zeitschreibungen für die Verschwendungsanalyse, lassen sich Kenngrößen aus dem Unternehmenscontrolling zur Beurteilung des Verschwendungsumfanges verwenden. Auflistungen solcher quantitativen Kennzahlen, wie z. B. Projektbearbeitungszeiten oder Durchlaufzeiten bestimmter Prozessschritte, finden sich z. B. bei Siyam et al. (SIYAM et al. 2012a und SIYAM et al. 2012b) oder McManus (MCMANUS 2005). Allerdings lassen sich durch solche Kennzahlen gemessene Werte häufig nur schwer auf einzelne Verschwendungsarten bzw. -ursachen herunterbrechen. So wird üblicherweise nicht erfasst wie viel Zeit für die Suche nach Informationen aufgewendet wird. Demnach ist es wichtig für die Beurteilung der Bedeutung eines bestimmten Verschwendungssymptoms neben quantitativen Messgrößen ggf. qualitative Werkzeuge einsetzen zu können.

So lassen sich Prozessabläufe mit Hilfe von matrix-basierten Methoden des strukturellen Komplexitätsmanagements, wie der **Design Structure Matrix (DSM)** (Kapitel 1.3.2), analysieren und optimieren. Die Verknüpfungen zwischen IST-Prozessen und -Teilprozessen werden in der Matrix erfasst. Durch Umordnen der Matrixzeilen und -spalten wird die Reihenfolge der Prozessschritte so verbessert, dass Iterationen vermieden bzw. erforderliche Iterationen so kurz wie möglich gehalten werden (BROWNING & EPPINGER 2002). Weitere matrix-basierte Methoden des strukturellen Komplexitätsmanagements können genutzt werden, um Verschwendung in Entwicklungsprozess- und Produktstrukturen zu identifizieren. Beispielsweise setzen Elezi et al. (ELEZI et al. 2010) eine Multiple-Domain Matrix (MDM) zur Modellierung und Analyse der genannten Strukturen ein, um unnötige Komplexität als Ursache von Verschwendung zu identifizieren.

Die bisher vorgestellten Methoden sind unter der Voraussetzung anwendbar, dass die für die retrospektiven Analysen erforderlichen Informationen im Unternehmen dokumentiert werden. Zum Beispiel sind die Daten unterschiedlicher Projektplanungsstände, so wie die Ursachen von Planungsänderungen oder Problemen und deren Lösung, oder Verzögerungen, bzw. anderer Ereignisse erforderlich.

Verschwendungsanalysen anhand von Verschwendungsbibliotheken haben, gegenüber Analysen ohne eine solche Führung, den entscheidenden Vorteil, dass sie Personen, die keine oder wenig Erfahrung mit Lean Product Development haben, durch den Checklistencharakter an diese Denkweise heran geführt werden. Generell eignen sich solche Sammlungen durch das Liefern von Denkanstößen zur Unterstützung einer ganzheitlichen Verschwendungsanalyse. Andere Ansätze, wie das VSM, bieten keine Unterstützungsmöglichkeit und erfordern Trainings- bzw. Schulungsaufwand.

Ein Beispiel für die Verwendung von Verschwendungsbibliotheken stellt die, auf einer Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) basierende, Methode zur Verschwendungsanalyse nach Rossi et al (ROSSI et al. 2011) dar. Bei diesem Vorgehen werden zunächst Verschwendungsarten vorgeschlagen. Es gilt für zutreffende Verschwendungen qualitative Angaben zu deren Wirkung sowie möglichen Ursachen und Methoden zur Entdeckung der Ursache zu machen. Zudem erfolgt eine Priorisierung der Verschwendungen durch die Multiplikation der Einzelbewertungen mit der Häufigkeit sowie der Schwere der Verschwendung und die Schwierigkeit ihre Ursache zu finden. Jeder dieser Aspekte wird mit einer vierstufigen qualitativen Skala bewertet. Abschließend gilt es ebenfalls mit einer solchen Skala die Vermeidbarkeit der Verschwendung einzuschätzen. Die Autoren binden diese Analyse in eine Vorgehensweise zur kontinuierlichen Verbesserung der Produktentwicklung ein, wobei anhand der Verschwendungsanalyse eine mehrstufige Prozessanalyse erfolgt (ROSSI et al. 2012). Dieses Vorgehen gibt weder Hilfestellung bei der Identifikation von Verschwendungsursachen noch bei der Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen.

Patil et al (PATIL et al. 2013) nutzen in ihrem Lean Function Deployment (LFD) u. a. eine Verschwendungssammlung. Diese Methodik soll es ermöglichen den Grad der Schlantheit in der Produktentwicklung zu messen, wobei sie im Gegensatz zu anderen Autoren, diesen nicht anhand der Anzahl umgesetzter Lean-Werkzeuge bemessen (PATIL et al. 2013). Die Autoren widmen sich (ähnlich wie SIYAM et al. 2012a und SIYAM et al. 2012b) der Forschungslücke bezüglich der Verbindung zwischen Methoden und Verschwendungstreibern. Darüber hinaus umfasst das LFD ein Rahmenwerk, das Phasen des Produktentwicklungsprozesses und Verschwendungssymptome mit deren Ursachen³⁴ und Lean Merkmalen³⁵ sowie Lean Tools gegenüberstellt. Allerdings geben die Autoren nicht an, wie deren Kategorien und Unterkategorien ausgeprägt sind. Im Rahmen des LFD können Unternehmen ihre Ziele definieren und priorisieren und sie schließlich in mehreren Matrizen („Houses of Lean-ness“) über Leistungsgrößen sowie Verschwendungsarten / -ursachen und Lean Merkmalen mit Lean-Werkzeugen verknüpfen (PATIL et al. 2013). Bei dem LFD handelt es sich um eine bisher nicht empirisch evaluierte Methodik im Konzeptstadium.

³⁴ Ähnlich Eben et al. (EBEN et al. 2011), Kirner et al. (KIRNER et al. 2013).

³⁵ Die Autoren sprechen von Lean Enalbern als Attribute von Prozessen, die deren Schlantheit beschreiben (PATIL et al. 2013).

Verbesserung – Ermittlung des SOLL-Standes und Maßnahmenauswahl

Der ermittelte IST-Stand der Produktentwicklungsprozesse dient als Grundlage für die Definition von Verbesserungsmaßnahmen, um einen bestimmten angestrebten SOLL-Stand zu erreichen. Dieser Zielzustand kann, wie bei Schuh et al. (SCHUH et al. 2007), über ein Reifegradmodell definiert werden. Alternativ lässt sich das SOLL mit Hilfe des Value Stream Mapping (VSM oder auch PDVSM) visualisieren. Obgleich dieses Vorgehen in der Literatur durchwegs betont wird³⁶ und eine Vielzahl an Verbesserungsmethoden zur Verfügung stehen, wurde bisher nur wenig systematische Unterstützung bei der Definition der SOLL-Zustände und geeigneten Verbesserungsmaßnahmen angeboten.

So nennen Murman et al. (MURMAN et al. 2002, S. 150) die Notwendigkeit der Unterstützung von prozessorientierten Methoden (z. B. lückenlose Informationsflüsse sichern) durch humanorientierte Methoden (z. B. Lernatmosphäre im Unternehmen schaffen) für die Verschlankung der Unternehmensprozesse. Tabelle 2-5 enthält eine Auflistung dieser Methoden.

Tabelle 2-5: Prozess- & humanorientierte Verbesserungsmethoden (MURMAN et al. 2002, S. 150)

Verbesserungsmaßnahmen nach Murman et al. 2002, S. 150	
Humanorientiert	Prozessorientiert
Führungskräfte kommunizieren Lean Strategie	Lückenlose Informationsflüsse sichern
Gegenseitiges Vertrauen zwischen Mitarbeiter/-innen und Führungskräften sichern	Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung umsetzen
Entscheidungen auf niedrigster Hierarchiestufe	Kontinuierliche Prozessbewertung verankern
Kontinuierliche Personalentwicklung verankern	Kontinuierliche Prozessverbesserung verankern
Lernatmosphäre schaffen	Stabilität durch Strategie erzeugen
Kundenorientierung sichern	

Eine Checkliste für den Abgleich der Situation im Unternehmen mit einem idealen, schlanken Zustand liefert Romberg (ROMBERG 2010, S. 148 ff.). Diese Liste enthält Aspekte, die ein schlankes Unternehmen beschreiben. Anwender können anhand der Liste beurteilen ob Handlungsbedarf besteht. Gleichzeitig können aus den genannten Aspekten Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet werden. Der Autor bietet jedoch keine systematische Unterstützung zur Analyse der Auswirkungen bisher nicht umgesetzter Aspekte oder bei der Ableitung und Auswahl von Maßnahmen.

Oppenheim et al. (OPPENHEIM 2004) liefern eine **Sammlung von Lean Enablern** für Systems Engineering³⁷, um die Effektivität bei der Erarbeitung und Bereitstellung des Stakeholderwertes ganzheitlich zu optimieren. Die Enabler sind entsprechend der Lean Prinzipien nach

³⁶ Dies erfolgt insbesondere im Rahmen von Ansätzen und Vorgehensweisen zur Einführung von Lean Product Development, wie sie in Kapitel 2.2.2 vorgestellt werden.

³⁷ Systems Engineering ist nach Haskins et al. (HASKINS et al. 2011, S. 6) definiert als Ansatz für die erfolgreiche Realisierung von Systemen (siehe Kapitel, z. B. technische Systeme bzw. Systeme aus Subsystemen wie Personen

Womak & Jones (WOMACK & JONES 1997) gruppiert und dienen als Orientierungshilfe zur Gestaltung der Prozesse im Systems Engineering. Eine Weiterentwicklung dieser Sammlung an Best Practices stellen die „Lean Enabler for Managing Engineering Programms“ nach Oehmen (OEHMEN 2012) dar, für die effektive und effiziente Koordination und Durchführung von in Programmen bzw. Portfolios zusammengefassten Einzelprojekten (Kapitel). Dafür sind die Enabler für Programmmanagement ebenfalls nach den Lean Prinzipien geordnet, aber zudem charakterisiert nach ihrer positiven Wirkung in bestimmten Systems Engineering Prozessen sowie nach ihrer Beeinflussung von Leistungsaspekten und empirisch ermittelten Problemfeldern des Programmmanagements (OEHMEN 2012).

Diese Best Practice Sammlungen dienen als Orientierungshilfe und Checkliste für die Definition von SOLL-Zuständen bzw. -prozessen. Sie liefern keine systematische Hilfestellung bei der Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen. Nur in einzelnen Fällen nehmen Enabler Bezug auf bestimmte Verschwendungsarten, wobei keine Unterscheidung zu deren Ursachen getroffen wird. Auf ähnliche Weise schlagen Haque & James Moore (HAQUE & JAMES-MOORE 2004) beispielhafte Maßnahmen zur Umsetzung der Lean Prinzipien nach Womack & Jones vor.

Hat man mit Hilfe des VSM / PDVSM den IST-Stand, auch „current state“, erarbeitet, gilt es den SOLL-Zustand oder „future state“ zu definieren. Es gilt zu beachten, dass die Ergebnisse der IST-Analyse nur zur Orientierung dienen sollen; die Prozesse des zukünftigen Wertstromes gilt es neu auszurichten (LIKER & MEIER 2009, S. 71). Dabei sind nicht nur die Hauptprozesse, also rein wertschöpfende Prozesse, sondern auch die unterstützenden und indirekt-wertschöpfenden Prozesse kontinuierlich zu optimieren (SCHIPPER & SWETS 2010, S. 102 ff.). Es ist wichtig die Prozessanalyse auf der Grundlage vergangener Projekte durchzuführen: so lassen sich die unterstützenden Prozesse derart definieren bzw. standardisieren, dass sie gleichbleibende und stabilisierende Randbedingungen darstellen (SCHIPPER & SWETS 2010, S. 102 ff.).

Nach Oppenheim (OPPENHEIM 2004) sollten neben VSM / PDVSM bisher genutzte Prozessmanagementwerkzeuge für die Festlegung des SOLL-Zustandes eingesetzt werden. An einem allgemein zugänglichen Ort, z. B. in einem nur zu diesem Zweck genutzten Raum („War-room“), gilt es den future state zu visualisieren (OPPENHEIM 2004). Dieser ist anhand geeigneter Takt- bzw. Meilensteinphasen zu strukturieren (OPPENHEIM 2004), sodass durch regelmäßigen Zielabgleich einerseits ein gleichmäßiger Arbeitsfluss entsteht. Andererseits können so Probleme und Abweichungen rechtzeitig für Gegenmaßnahmen erkannt werden (s. o.). Große Projekte oder Entwicklungsprogramme gilt es in handhabbare Einheiten zu gliedern, wobei eine geeignete ggf. sequenzielle zeitliche Planung der Meilensteine einzelner Projekte den Informationsaustausch zwischen einzelnen Projekten sicherstellt, in dem Projektleiter an den Meilensteinen der jeweils anderen Projekte teilnehmen können (OPPENHEIM 2004).

und technischen Systemen). Der Ansatz fokussiert dabei insbesondere die Anforderungsermittlung und -detaillierung sowie deren Management in frühen Phasen der Systementwicklung mit dem Ziel hohe Qualität zu erreichen. Die Gestaltung und Validierung des Systems berücksichtigt Geschäftsprozesse, Kosten- und Zeitplanung, Leistung, Versuche, Schulung und Service sowie Produktion und Entsorgung.

Nach Liker (LIKER & MEIER 2009, S. 75) sollte der SOLL-Wertstrom sieben Elemente widerspiegeln. Diese Elemente sind neben Flexibilität sowie kurzen Durchlaufzeiten und, z. B. durch das Pull-Prinzip, verknüpften Prozessen (Pull, FIFO), auch sog. „flow loops“ im Sinne einer selbstregelnden Steuerung des Wertstromes (Regelung durch die Nachfrage; z. B. Teile-Supermarkt als Anfang und Ende eines flow loops) sowie vereinfachten Informationsflüssen und einem Bewusstsein für Kundenanforderungen oder das Umsetzen von Tempogebern (sog. „pace-maker“) (LIKER & MEIER 2009, S. 75). Diese Elemente können als Grobziele für die IST-Analyse dienen (LIKER & MEIER 2009, S. 75).

Die Methode des gemba, also Probleme dort zu analysieren wo sie passieren bzw. gemeinsam mit den betroffenen Personen zu untersuchen (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 57 ff., SCHIPPER & SWETS 2010, S. 4 f.) lässt sich ebenfalls nutzen, um den SOLL-Stand sowie Verbesserungsmaßnahmen zu erarbeiten. So lassen sich nicht nur Best Practices identifizieren und erforderliche Veränderungsmaßnahmen kommunizieren, sondern auch die Verankerung der Lean Philosophie unterstützen (SCHIPPER & SWETS 2010, S. 4 f.).

Wie oben angeführt, können matrix-basierte Methoden des strukturellen Komplexitätsmanagements zur Identifikation möglicher Alternativen und Verbesserungsmaßnahmen für den SOLL-Zustand eingesetzt werden (ELEZI et al. 2010, BROWNING & EPPINGER 2002, MCMANUS 2005, OPPENHEIM 2004). Beispielsweise kann die Reihenfolge der Prozessschritte mit Hilfe einer Design Structure Matrix auf zu lange bzw. überflüssige Iterationen hin untersucht werden. Zudem lässt sich eine, im Sinne der Informationsabhängigkeiten zwischen den Schritten, verbesserte Reihenfolge der Prozessschritte ableiten. Dies ist ein Beispiel für die systematische Unterstützung bei der Maßnahmenableitung.

Im vorherigen Abschnitt wurde bereits kurz auf das Vorgehen nach Rossi et al. 2012 eingegangen, welches Hilfestellung zwar bei der systematischen Definition des SOLL-Zustandes bietet, nicht aber bei der Ableitung und Definition von Maßnahmen. Das Konzept des Lean Funktion Deployment nach Patil et al. (PATIL et al. 2013) stellt eine umfassende Methode zur Verknüpfung von Verschwendungssymptomen und -ursachen mit Verbesserungsmaßnahmen dar. Allerdings präsentieren die Autoren neben dem reinen Vorgehen keine inhaltlichen Informationen, wie die Kategorien für die Verschwendungsanalyse oder die Maßnahmen bzw. mögliche Verknüpfungen zwischen Verschwendungsursachen und Maßnahmen. Letzteres ist Thema der Arbeiten von Siyam et al. (SIYAM et al. 2012a und SIYAM et al. 2012b).

Wie anhand der Ausführungen in diesem Abschnitt ersichtlich ist, existieren nur wenige Ansätze zur Unterstützung der Ermittlung von Verschwendungsursachen. Weiterhin hat nur eine geringe Anzahl an Autoren Ansätze zu systematischen Unterstützung bei der Auswahl von Maßnahmen zur Erreichung des SOLL-Zustandes erarbeitet (vgl. PATIL et al. 2013, KIRNER & LINDEMANN 2013).

2.2.4 Variantenmanagement im Lean Product Development

Das Thema Variantenmanagement³⁸ wird im Lean Product Development nur von einer geringen Anzahl an Autoren explizit betrachtet. So existieren einzelne Arbeiten, welche Aspekte des Variantenmanagements in Bezug auf Verschwendung aufführen. Über die Definition des Wertes bzw. der Unternehmens- und Produktstrategien wird ebenfalls Bezug auf den Umgang mit der Vielfalt genommen. Darüber hinaus wird Variantenmanagement als Lean Enabler oder Werkzeug dargestellt und findet schließlich im Rahmen von Portfolio- bzw. Multi-Projektmanagement Erwähnung in der Literatur zum Lean Product Development.

Die Planung und Gestaltung der Vielfalt im Variantenmanagement findet sich bei einigen Autoren im Rahmen der **Wert-** bzw. Strategiedefinition wieder (z. B. WOMACK & JONES 1997, SCHIPPER & SWETS 2010, SEHESTED & SONNEBERG 2011, MURMAN et al. 2002, NIGHTINGALE & SRINIVASAN 2011). Der Fokus liegt dabei auf der Entwicklung der „richtigen Produkte“ und der Nutzung von Plattform- oder Modularisierungsstrategien. Modulare Produktarchitekturen sowie ein Produkteinführungsplan und Investition in die Informationsbeschaffung in frühen Phasen werden für die Unterstützung eines gleichmäßigen Flusses in der Entwicklung vorgeschlagen (BJARNOE 2006).

Im Umfeld von Schuh (vgl. u. a. SCHUH et al. 2009, KRUMM & SCHNITTY 2012) findet das Thema Variantenmanagement in den folgenden Lean Innovation Prinzipien (Kapitel 2.2.2) auf ähnliche Weise Berücksichtigung: Neben der strategischen Positionierung und Roadmapping für Produkte / Technologien sowie der Produktarchitekturgestaltung durch integrierte Produkt- und Produktionsstrukturen, sind in diesem Kontext Sortimentsoptimierung mit Merkmals- und Variantenbäumen sowie Release Engineering in Form synchronisierter Änderungen relevant. Diese Prinzipien beziehen sich vor allem auf die Definition und die Umsetzung des Kundenwertes bzw. der Produktstrategie, heruntergebrochen auf Produktkomponenten. Allerdings nehmen die Autoren keine empirische Untersuchung der Auswirkungen einer fehlenden Umsetzung einzelner Prinzipien auf die Leistung der Produktentwicklung vor.

Darüber hinaus wurde durch Cusumano & Nobeoka (CUSUMANO & NOBEOKA 1998) das Thema Multi-Projektmanagement bzw. Projektportfoliomanagement (vgl. Kapitel) im Lean Thinking geprägt. Sie zeigen den positiven Einfluss auf von Multi-Projektmanagement auf den Unternehmens- sowie Projekterfolg (CUSUMANO & NOBEOKA 1998). Die Forschung von Cusumano & Nobeoka (CUSUMANO & NOBEOKA 1998) basiert auf den Erkenntnissen aus einer vorangehenden Studie der Autoren (CUSUMANO & NOBEOKA 1992, vgl. NOBEOKA & CUSUMANO 1995), aus der sich der Bedarf nach einer produktionsähnlichen Unterstützung von Produktentwicklungsprozessen (bezüglich Kompetenzentwicklung und informationstechnischer Unterstützung sowie Wiederverwendung von Teilen und Lösungen) ergab. Als Lösungsmöglichkeit dem Einfluss von Anforderungen auf Qualität und Entwicklungszeit Rechnung zu tragen, wurde die geeignete Gestaltung des Projektmanagements verbalisiert (CUSUMANO & NOBEOKA 1992).

³⁸ Variantenmanagement wird in dieser Arbeit verstanden als das Planen, Gestalten und Beherrschen der Produktvielfalt (siehe Kapitel 2.3.1).

Durch ein solches Multi-Projektmanagement sind die Effizienz und Effektivität der Produktentwicklung durch die geeignete Definition strategischer Anforderungen zu steigern, die bis auf einzelne bzw. multiple Projekte oder die Produktqualität herunter gebrochen werden können (CUSUMANO & NOBEOKA 1992). Sehested und Sonnenberg (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 105 ff.) unterstreichen den Nutzen einer kombinierten Umsetzung von Portfoliomanagement (Kapitel 2.1.1) und Lean Product Development für erfolgreiche Projektdurchführung. Die Ziele beider Ansätze stimmen z. B. in Bezug auf die Ziel- und Effizienzorientierung und der priorisierten Ressourcenallokation sowie der Personal- und Kompetenzentwicklung und der Vermeidung von Doppelarbeit durch Koordination von Projekten überein (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 107). Nach Sehested und Sonnenberg (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 121 ff.) sind Beispiele für dieses positive Zusammenwirken zum einen die Portfoliopriorisierung, welche kontinuierlich erfolgen sollte und ggf. die Anpassung bzw. den Abbruch oder das Zusammenfassen von Projekten beinhaltet. Zum anderen gilt es kontinuierlich einen Überblick über das aktuelle Portfolio zu wahren sowie dafür den Fokus und Fortschritt einzelner Projekte zu messen.

Obwohl Vorarbeiten zur Strategiedefinition im Lean Product Development vorliegen, konzentrieren sich diese auf Produktplattform- sowie Multi-Projektstrategien (MARTÍNES LÉON & FARRIS 2011). Dabei wird die Entwicklung der Produktstrategien, von den Autoren zumeist isoliert betrachtet, d. h. die prozessuale Unterstützung für die Umsetzung der Strategien wird nicht explizit vorgestellt. Die Entwicklung der Wertströme bzw. Prozesse erfolgt getrennt. Dabei wird auf die Notwendigkeit der vorhergehenden Zieldefinition hingewiesen. Es fehlen somit bislang Mechanismen für die projektübergreifende Koordination von Aktivitäten und Funktionen (MARTÍNES LÉON & FARRIS 2011). Kvist 2010 (KVIST 2010, S. 107) spricht im Fall von redundanten bzw. nicht-wertschöpfenden Produkten bzw. Komponenten von Verschwendung

In Bezug auf **Verschwendungs**klassifikation bzw. Verschwendungsanalysen, haben sich nur wenige Autoren mit dem Thema Variantenmanagement beschäftigt. Hauptaugenmerk ist dabei die Gestaltung der Vielfalt. So stellen nach Bjarnoe (BJARNOE 2006) ungeeignete Architekturen und starre Systeme sowie unzureichende Wiederverwendung bestehender Lösungen Ursachen für Verschwendung dar. Schuh nennt zudem unzureichende Standardisierung (z. B. im Sinne Gleich- und Wiederholteilemanagement) sowie die unzureichende Nutzung von Skaleneffekten (SCHUH 2007) als Verschwendungsarten. Beide Autoren betrachten keine Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen spezifischen durch unzureichendes Variantenmanagement ausgelösten Verschwendungsarten bzw. Symptomen.

Im Gegensatz dazu präsentiert Kato (KATO 2005, S.174 ff.) ein Ursache-Wirkungsdiagramm, welches Aspekte des Variantenmanagement als Ursachen bestimmter Verschwendungsarten aufzeigt. Dabei stellen die Verschwendungsarten messbare Indikatoren für das Verschwendungsaufkommen dar. Das Diagramm dient als eine Art Checkliste für die Wertstromanalyse im Rahmen des Value Stream Mapping (Kapitel 2.2.3). Kato nennt eine unreife Architekturgestaltung als Ursache für die Verschwendungsarten Überproduktion (durch Ergänzen ursprünglich nicht geplanter Features, KATO 2005, S. 175) und Überbearbeitung sowie Korrekturen (beide durch Änderungen in frühen Phasen und unzureichendes Anforderungsmanagement, KATO 2005, S.185 bzw. S. 192). Korrekturen, u. a. in Form ungeplanter Iterationen, werden als

Folge einer zu komplex gestalteten Produktarchitektur mit einer zu hohen Anzahl an zu koordinierenden Schnittstellen genannt (KATO 2005, S. 192). Wieder- bzw. Neuerfinden bereits im Unternehmen vorhandener Lösungen wird durch fehlende Maßnahmen zur Beherrschung der Vielfalt ausgelöst: Fehlende Informationssysteme bzw. eine große räumliche Verteilung der Entwicklungsteams oder eine komplexe Organisationsstruktur sowie ungeeignete Fremdvergabe von Entwicklungsumfängen bilden die Ursachen (KATO 2005, S. 197).

Die Autoren betrachten zum Thema Verschwendung zwar Aspekte des Variantenmanagements, präsentieren allerdings keine Unterstützung, um die Auswirkungen dieser Aspekte systematisch zu untersuchen. In der Literatur zum Lean Thinking wird das Thema Variantenmanagement hauptsächlich im Bereich der **Lean Enabler** oder **Maßnahmen** aufgegriffen.

Beispielsweise zeigen Gautam et al. (GAUTAM et al. 2007) auf, dass Aspekte des Variantenmanagement für die Eliminierung aller Verschwendungsarten genutzt werden können³⁹. Die Autoren schlagen ein modellbasiertes Vorgehen zur Wiederverwendung vorhandenen Wissens, umgesetzt in Plattform- oder modularen Architekturen, vor; sowohl auf Ebene der Anforderungen und Funktionen als auch auf Ebene der Komponenten (GAUTAM et al. 2007). Ebenfalls Murman et al. (MURMAN et al. 2002, S. 242) betonen den Einfluss der Produktarchitektur auf die Effizienz und Wertorientierung nachfolgender Prozesse und sowie der erzielten Ergebnisse. Durch die Wahl der Produktarchitektur sowie der Organisationsstruktur des Unternehmens, können Standardisierungsvorhaben sowohl ermöglicht als auch verhindert werden (MURMAN et al. 2002, S. 234 f. und S. 242).

Die von Romberg (ROMBERG 2010, S. 148 ff.) präsentierte Checkliste zur Identifikation von Handlungsbedarf enthält Aspekte aus dem Variantenmanagement, dementsprechend besteht laut Romberg der Bedarf Variantenmanagement im Sinne der Planung, Gestaltung und Beherrschung der Vielfalt umzusetzen. Auswirkungen nicht umgesetzter Aspekte werden nicht empirisch untersucht. Anwendenden Unternehmen steht keine methodische Unterstützung zur Analyse der Auswirkungen fehlenden Variantenmanagements auf die Leistung bzw. die Schlankheit der Produktentwicklung zur Verfügung.

Wie oben aufgeführt, wird Variantenmanagement häufig als Lean Enabler zur Umsetzung der Lean Prinzipien genannt. Hoppmann et al. (HOPPMANN et al. 2011) führt es als ganzheitliche Methodik auf, während andere Autoren einzelne Aspekte als Enabler formulieren (z. B. OPPENHEIM 2004, OEHMEN 2012). Tabelle 2-6 enthält eine Gegenüberstellung der Lean Enabler bei Oppenheim et al (OPPENHEIM 2004) und Oehmen (OEHMEN 2012) mit Bezug zu Aspekten des Variantenmanagements. Die Autoren stellen keinen Bezug zu möglichem Verschwendungsaufkommen bei Nicht-Anwendung der Lean Enabler her.

³⁹ Gautam et al. (GAUTAM et al. 2007) nutzen die Klassifikation nach Morgan (MORGAN 2002).

Tabelle 2-6: Lean Enabler und Variantenmanagement (nach OPPENHEIM et al. 2011 und OEHMEN 2012)

Lean Prinzip	Quelle	Lean Enabler
Wertstrom	Oehmen 2012 S. 54f.: Lean Enabler Programm Management	Aktive Gestaltung und Management der Architektur des Unternehmens: <ul style="list-style-type: none"> • Klare, ganzheitliche Definition des Produktportfolios als Vision • Klare Kohärente Beschreibung der Architekturen • Anpassbare Produktarchitekturen zur Erfüllung der Anforderungen an Geschäftsprozesse
	Oppenheim et al. 2011: Lean Enabler Systems Engineering	Planung nur für tatsächlichen Bedarf anhand der Wiederverwendung von Plattformen, Standards bzgl. Hardware und Software sowie Wissensbausteinen
Fluss	Oehmen 2012 S. 27ff. und 54f.: Lean Enabler Programm Management	Kollaborative und integrierende Entscheidungsfindung auf Basis der Problemwurzel: <ul style="list-style-type: none"> • Sicherstellen der Abstimmung der Gestaltung von System, Organisation, Verträgen, Risikomanagement und Entscheidungsfindung Standardisieren von Schlüsselementen zur Erhöhung der Effizienz und Effektivität: <ul style="list-style-type: none"> • Prozesse für Projekt- und Programmmanagement • Standardisierung der Systemgestaltung durch Entwicklungsschecklisten • Standardarchitekturen (z. B. Modularisierung, Plattformen und Busse) • Prozessstandardisierung in Management, Produktentwicklung und Produktion • Kompetenzprofile (z. B. durch Training, Mentoring, Rotation fördern)
	Oppenheim et al. 2011: Lean Enabler Systems Engineering	Im Falle der Lean Enabler für Systems Engineering, sind die von Oehmen 2012 aufgeführten Enabler bzgl. der Standardisierung von Schlüsselkomponenten dem Lean Prinzip Perfektion zugeordnet.

In anderen Arbeiten ordnen Autoren Maßnahmen aus dem Bereich des Variantenmanagements bestimmten Lean Prinzipien zu. Beispielsweise nennt Oppenheim (OPPENHEIM 2004) eine koordinierte Wiederverwendung bestehender Lösungen in Form von Produktmodulen oder -plattformen als Mittel im Sinne des Prinzips der Perfektion (Kapitel 2.2.2), Risiken der Produktentwicklung zu minimieren. Haque & James-Moore (HAQUE & JAMES-MOORE 2004) stellen Standardlösungen als Maßnahmen zur Verschwendungseliminierung sowie Plattform- und Modularisierungsstrategien als Hilfsmittel zur Umsetzung eines kontinuierlichen Flusses dar.

Zusammenfassend wurde das Thema Variantenmanagement im Lean Product Development nur in einzelnen Arbeiten explizit betrachtet. In diesen Fällen wird es überwiegend als Lean Enabler oder im Rahmen der Lean Prinzipien beschrieben, wobei keine Untersuchung der Auswirkungen einer fehlenden Umsetzung seiner Teilaspekte erfolgt. Darüber hinaus ist die Gestaltung der Produktvielfalt (Kapitel 2.3.2) hinsichtlich der Kundenbedürfnisse Ziel des Produktportfolio- bzw. Multiprojektmanagements. Implizit erfährt der Umgang mit Produktvielfalt in Forschungsarbeiten zum Verschwendungsaufkommen Beachtung sowie bei der Wert- und Strategiedefinition. Eine umfassende empirische Betrachtung der Auswirkungen eines fehlenden oder unzureichenden Variantenmanagements ist bislang nicht erfolgt.

2.2.5 Zusammenfassung und Herausforderungen

Lean Product Development ist nach Sehested und Sonnenberg (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 47) nicht schwer verständlich oder schwer anzuwenden. Seine zentrale Herausforderung besteht in der Definition der richtigen Prioritäten und der Entwicklung der erforderlichen Unternehmenskultur (SEHESTED & SONNEBERG 2011, S. 47). Diese Aussage zeigt die Wichtigkeit einer geeigneten Strategie und deren Umsetzung durch das Produktportfolio und den von der Unternehmenskultur getragenen Produktentwicklungsprozessen. Es gilt, die Wertsteigerung durch die Eliminierung von Verschwendung in den Prozessen zu unterstützen und fördern. In der Literatur findet sich eine Vielzahl an Rahmenwerken zur Einführung von Lean Product Development. Dies wird durch Auflistungen von Lean Enablern und Werkzeugen und Vorgehensweisen zur Wertdefinition sowie Verschwendungsanalysen unterstützt.

Allerdings besteht keine einheitliche Definition von Verschwendung (siehe Anhang 1.1). Es besteht somit der Bedarf eine Klassifikation für Verschwendung zu definieren, die im Kontext des Lean Product Development einsetzbar ist.

In einer Studie unter Industrieunternehmen nach Kirner et al. (KIRNER et al. 2013) geben rund 55% der 42 Teilnehmerinnen und Teilnehmer an, dass in ihrem Unternehmen keine systematische Verschwendungsanalyse durchgeführt wird. Dies wird durch die Ergebnisse einer weiteren Umfrage unter produzierenden Unternehmen bekräftigt: Laut Krumm und Schnippy (KRUMM & SCHNIPPY 2012) führen nur 30% der 165 teilnehmenden Institutionen systematische Verschwendungsanalysen durch.

Eine Begründung kann darin bestehen, dass bisher nur wenige Hilfsmittel für die Identifikation sowie pragmatische Ermittlung und Bewertung von Verschwendung zur Verfügung stehen (ROSSI et al. 2011 und ROSSI et al. 2012). Die Entwicklung von Verschwendungsontologien hat mehr Aufmerksamkeit erlangt (ROSSI et al. 2011).

Darüber hinaus wurden die Kausalzusammenhänge zwischen Symptomen und Ursachen nur durch wenige Autoren betrachtet, obwohl in der Literatur die Wichtigkeit umfassend betont wird, Verbesserungsmaßnahmen an den Verschwendungsursachen ansetzen zu lassen. Für die Ursachenermittlung wurden demnach nur wenige Hilfsmittel entwickelt. So stehen die Methode des Fünf-Mal-Warum-Fragens zur schrittweisen Konkretisierung der Ursachen nach Ohno (OHNO 2009) oder die als Checklisten zu nutzenden Ursache-Wirkungs-Diagramme nach Kato (KATO 2005) sowie das Lean Function Deployment nach Patil et al. (PATIL et al. 2013) zur Verfügung.

Letzteres nutzt Verschwendungsbibliotheken für die Analyse, befindet sich aber aktuell in einem konzeptionellen Stadium. Die Verschwendungssammlung wurde bisher nicht veröffentlicht. Ebenfalls nutzen Rossi et al. 2011 und 2012 Verschwendungsbibliotheken für die Analyse. Die Autoren geben dabei keine Hilfestellung für die Ursachenermittlung. Andere Autoren wie z. B. Oehmen (OEHMEN 2012, S. 28 f.) listen Verschwendungen u. a. in Form von Hauptherausforderungen auf, wie Herausforderungen des Programmmanagements. Diese sind vergleichbar mit Verschwendungsursachen, es wird aber keine Beziehung zu ihren möglichen Wirkungen hergestellt, sie dienen lediglich für die Ableitung von Maßnahmen (Lean Enablern).

Es gilt somit zu untersuchen wie unterschiedliche Verschwendungssymptome und -ursachen voneinander abhängen und sich ihre Auswirkungen im Produktentwicklungsprozess fortpflanzen (MARTÍNES LÉON & FARRIS 2011). Schließlich sind effektive Werkzeuge zur Verschwendungseliminierung zu identifizieren (MARTÍNES LÉON & FARRIS 2011).

Für die Umsetzung der Lean-Prinzipien werden diesen meist Maßnahmen oder sog. Lean-Werkzeuge zugeordnet (z. B. HAQUE & JAMES-MOORE 2004). In der Literatur existieren nur wenige Vorarbeiten, die für unterschiedliche Kategorien von Verschwendung (-ursachen) geeignete Maßnahmen vorschlagen (SIYAM et al. 2012a, SIYAM et al. 2012b, EBEN et al. 2011). Auch Patil et al. widmen sich dieser Forschungslücke (PATIL et al. 2013). Patil et al. bemängeln zudem, dass Bewertungsmethoden meist enden, ohne Vorschläge für Verbesserungsmethoden zu geben (PATIL et al. 2013).

Es wurden Studien unter produzierenden Unternehmen durchgeführt, welche Lean Prinzipien in erfolgreichen Unternehmen zu einem besonders hohen Grade umgesetzt haben (z. B. ARNOSCHT & ARYOBSEI 2012, SCHUH et al. 2012b, SCHUH et al. 2007). Allerdings wurden keine Aussagen darüber getroffen, an welchem Verschwendungsaufkommen erkennbar ist, dass bestimmte Prinzipien nicht ausreichend umgesetzt sind. Somit liefern diese Studien keine Hinweise für die ursachenbasierte Maßnahmenauswahl.

Nach einer Umfrage von Graebisch et al. wird die Anwendung von Lean Product Development von einer Mehrheit der befragten Unternehmen als eher schwierig bis schwierig eingestuft (GRAEBISCH et al. 2007a, S. 51). Des Weiteren äußerten Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Studie nach Kirner et al. (KIRNER & LINDEMANN 2013) Probleme bei der Anwendung sowie dem Verständnis der sehr allgemeinen Lean Prinzipien. Auch führten eine fehlende Akzeptanz von Lean bzw. Standardisierungsvorhaben, z. B. durch fehlende schnelle Ergebnisse, zu Hindernissen bei der Lean Einführung. Aus den hier beschriebenen Herausforderungen lässt sich der Bedarf nach einer einfachen sowie klar verständlichen und aufwandsarmen Unterstützung bei der Durchführung von Vorgehensweisen im Lean Product Development folgern.

Des Weiteren äußern Anand & Kodali (ANAND & KODALI 2008) den Bedarf nach Vorgehensweisen für die Verbesserung bzw. Verschlinkung bestehender Prozesse, da laut ihrer Aussage solches in der Literatur nicht verfügbar ist. Sie schlagen ein Rahmenwerk mit fünf Schritten vor, das sich an den Lean Prinzipien orientiert. Dieses rein konzeptionelle Vorgehensmodell wird durch Auflistungen von Verschwendungsarten und möglichen Maßnahmen mit Checklistencharakter unterstützt, allerdings sind beide Auflistungen nicht miteinander verknüpft.

In einer späteren Arbeit schlagen Anand & Kodali (ANAND & KODALI 2008) eine Vorgehensweise zur Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen im Lean Product Development vor, welche im Rahmen des Analytic Hierarchy Process (AHP) Ansatzes multidimensionale Entscheidungskriterien nutzt. Dieses Vorgehen erfordert Erfahrung im Umgang mit den vorgeschlagenen Methoden und widerspricht der Forderung nach einer einfachen, selbsterklärenden Vorgehensweise zur Maßnahmenauswahl. Dennoch greift dieser Ansatz die Forderung nach einer Unterstützung bei der Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen auf, da vorhandene Literatur auf Vorgehensweisen Lean Product Development und deren Implementierung selbst fokussiert (ANAND & KODALI 2008).

Die Zusammenhänge zwischen Verschwendungsaufkommen und der Ausgestaltung des Variantenmanagements in Unternehmen wurde bisher nicht empirisch untersucht. Zudem erfährt es hauptsächlich in Form von Lean Enablern oder Werkzeugen Beachtung (z. B. HOPPMANN et al. 2011, OEHMEN 2012). Darüber hinaus werden Aspekte des Variantenmanagements bei der Definition von Wert bzw. Strategie berücksichtigt (z. B. SCHUH 2007, CUSUMANO & NOBEOKA 1998). Vereinzelt empfängt Variantenmanagement Aufmerksamkeit bei der Definition von Verschwendungsarten bzw. -ursachen (z. B. KATO 2005, SCHUH 2007). Eine systematische Untersuchung von Auswirkungen eines unzureichenden Variantenmanagements auf die Leistung in der Produktentwicklung findet dabei nicht statt.

In ihrer Studie bisheriger Forschungsaktivitäten im Bereich des Lean Product Development formulieren Marítnes León & Farris (MARTÍNES LÉON & FARRIS 2011) Hinweise auf weiteren Forschungsbedarf. Ihre Ergebnisse unterstreichen die Wichtigkeit strategische und operationale Entscheidungen aufeinander abzustimmen sowie in Abhängigkeit von der Produktstrategie funktionsübergreifende Koordinationsmechanismen über Projekte hinweg zur Verfügung zu stellen (MARTÍNES LÉON & FARRIS 2011). Auch sind Hindernisse für eine erfolgreiche Strategieimplementierung im Lean Product Development zu identifizieren (MARTÍNES LÉON & FARRIS 2011).

Insgesamt ergibt sich die Notwendigkeit, die Umsetzung von Lean Product Development durch geeignete Vorgehensweisen für die industrielle Anwendung zu unterstützen. Eine solche Vorgehensweise sollte keinen erhöhten Schulungs- bzw. Trainingsaufwand erfordern und einen systematischen aber dennoch pragmatischen Ablauf umfassen. Dabei gilt es, insbesondere die Ermittlung des IST-Zustandes anhand einer Verschwendungsanalyse sowie die Definition des anzustrebenden SOLL-Zustandes (u. a. bezüglich des anzustrebenden Wertes) und die ursachenorientierte Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen zu unterstützen.

Forschungsbedarf ergibt sich weiterhin aus einer Studie, welche die Autorin gemeinsam mit Forscherinnen und Forschern der Technischen Universität München und der University of Cambridge durchgeführt hat (KIRNER et al. 2013, siehe Anhang 7.1). Insgesamt äußerten sich 33 Teilnehmende zu weiterem Forschungsbedarf im Lean Product Development. Den sahen sie vor allem bezüglich einer weiteren Ergründung von Verschwendungsursachen sowie bei der Anpassung von Lean Prinzipien für eine einfachere Anwendung in der industriellen Produktentwicklungspraxis (KIRNER et al. 2013). Darüber hinaus wurde geäußert, dass Lean Methoden und Werkzeuge intensiver in der Praxis evaluiert und angepasst werden müssten (KIRNER et al. 2013). Schließlich wurde der Bedarf nach Werkzeugen für aufwandsarme Analysen mit dem Ziel Verbesserungsmaßnahmen für die unmittelbare Umsetzung auszuwählen genannt, welche schnelle Erfolge als Grundlage für eine hohe Akzeptanz der Lean Initiative im Unternehmen erlauben (KIRNER et al. 2013).

Aus dem in diesem Abschnitt erläuterten Forschungsbedarf ergeben sich aus Sicht des Lean Product Development Anforderungen und Ziele für den im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Lösungsansatz. Diese Anforderungen dienen als Grundlage für die Bewertung des Lösungsansatzes in Kapitel 3 und sind in der folgenden Tabelle 2-7 aufgeführt.

Tabelle 2-7: Ziele und Anforderungen an den Lösungsansatz – Sicht Lean Product Development

Forschungsbedarf aus Sicht des Lean Product Development	
Ziele	
	Geförderte Motivation Lean Werkzeuge anzuwenden
	Gesteigerter Wert durch Verschwendungseliminierung
	Identifizierter Einfluss des Variantenmanagements auf Verschwendungsaufkommen
	Rahmenwerk für die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Variantenmanagement und Produktentwicklungsprozessen
Anforderungen	
	Einheitliche, klar verständliche Definition für Verschwendung
	Zusammenhang zwischen Variantenmanagement und Verschwendungsaufkommen abbilden
	Selbsterklärendes, pragmatisches, systematisches Vorgehen zur Verschwendungsanalyse
	Untersuchen ob Wert- bzw. Strategiedefinition hinreichend
	Systematische Unterstützung bei der Ursachenermittlung
	Systematische Unterstützung bei der Maßnahmenauswahl auf Basis der Verschwendungsursachen
	Leistungsfähigkeit analysieren sowohl abhängig als auch unabhängig von Projekten (mit / ohne retrospektive Informationen)
	Qualitative und quantitative Bewertung möglich machen
	Sowohl bestehende Prozesse bewerten und verbessern als auch neue entwerfen

2.3 Management von Produkt- und Variantenvielfalt

Dieser Abschnitt widmet sich zunächst der Definition von Produkt- und Variantenvielfalt. Darauf folgt eine Zusammenfassung der Ursachen und Wirkung in Form von Chancen und Risiken. Weiterhin werden Herangehensweisen für das Management von Produkt- und Variantenvielfalt vorgestellt. Abschließend werden zum einen der Stand der Forschung zu den Erfolgsfaktoren sowie Einflussfaktoren von Variantenmanagement auf die Leistung in der Produktentwicklung erläutert. Zum anderen wird der, durch diese Arbeit adressierte, Forschungsbedarf und die daraus resultierende Anforderungen an den Lösungsansatz (Kapitel 3) aufgezeigt.

2.3.1 Definition Produkt- / Variantenvielfalt und Variantenmanagement

Nach Rathnow (RATHNOW 1993, S. 7) ist ein **Produkt** definiert als eine immaterielle und materielle Outputleistung des Produktentstehungsprozesses. Darüber hinaus stellt ein Produkt ein technisches System dar (RATHNOW 1993), das ggf. durch Dienstleistungen ergänzt als Sachleistung zur Verwertung auf dem Absatzmarkt entwickelt und hergestellt wird (GROTKAMP 2010, S. 4, LINGNAU 1994, S. 19). Dagegen sind **Komponenten** definiert als Gegenstände bzw. Vorprodukte, die nicht direkt für die Verwendung am Absatzmarkt gedacht sind (LINGNAU 1994, S. 20).

Varianten sind nach Lingnau (LINGNAU 1994, S. 24) „Gegenstände mit einem in der Regel hohen Anteil identischer Komponenten, die Ähnlichkeiten in Bezug auf mindestens eines der Merkmale Geometrie, Material oder Technologie aufweisen. Die identischen Komponenten, die variantenunabhängig sind werden als Gleichteile bezeichnet.“. Dies deckt sich mit den Definitionen von (GROTKAMP 2010, S. 5, KESPER 2012) die zusammengefasst eine Variante als Element einer Menge ähnlicher Objekte definieren, die sich in einem Großteil ihrer Komponenten gleichen, aber dennoch eine Kombination spezifischer Eigenschaftsausprägungen und spezifischer Komponenten darstellen. Solche spezifischen Ausprägungen können eine Abweichung vom Standard hinsichtlich Zeit, Menge⁴⁰ und Art, bilden (KERSTEN 2002, S. 5). Nach Schwaniger (SCHWANINGER 2005, S. 31) wird die Anzahl der Zustände, die ein (Produkt-) System annehmen kann, als **Varietät** bezeichnet.

In der Literatur werden **Variantenarten** unterschiedlich klassifiziert. Lingnau (LINGNAU 1994, S. 24 ff.) unterscheidet auf Ebene einer Produkt- oder Komponentenvariante u. a. zwischen einteiligen oder mehrteiligen Gegenständen oder der Art der Variantenfestlegung (herstellerspezifisch oder kundenspezifisch) bzw. der Auftrittshäufigkeit einer Variante. Wie Bild 2-9 zeigt kann zudem zwischen technischen sowie strukturellen Varianten unterschieden werden. Letztere unterscheiden sich in alternativ und additiv zu wählende Varianten. Bspw. kann die Funktionsweise eines Produktes durch additive Modulvarianten erweitert werden. Alternative Varianten umfassen obligatorische Bauteile- und –gruppen sowie fakultative Umfänge. Bspw. gilt es eine Alternative aus einer bestimmten Modulgruppe zu wählen. (vgl. LINGNAU 1994, S. 24 ff., GROTKAMP 2010, S. 4 f.)

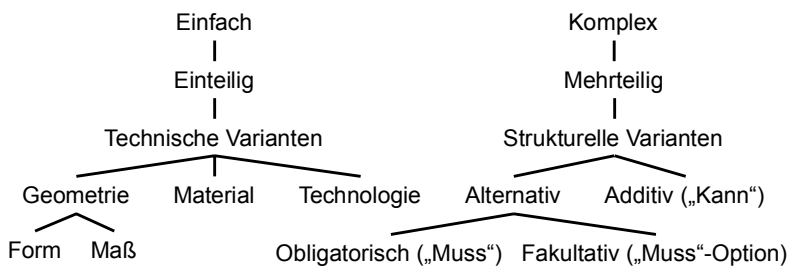


Bild 2-9: Variantenstruktur und -merkmale (nach LINGNAU 1994, S.28)

Zudem stellt Grotkamp (GROTKAMP 2010, S. 5) zusammenfassend Variantenarten anhand variiertes Merkmale dar. So lassen sich, neben Gestalt- und Materialvarianten sowie Funktions- und Technologievarianten, auch Prozess- und Qualitätsvarianten unterscheiden (GROTKAMP 2010, S. 5, vgl. auch SCHUH 1989, S. 56)

⁴⁰Varianz der Zeit und Menge steht für eine Produktion in ungleichen Zeiträumen und Mengen (SCHUH 1989, S. 42).

Variantevielfalt entspricht einer hohen Anzahl unterschiedlicher Varianten eines Produktes, welche die außerhalb des Unternehmens für die Kunden sichtbare Vielfalt – die **externe Vielfalt**⁴¹ – darstellen. Dagegen umfasst die (unternehmens-) **interne Vielfalt**, u. a. Baugruppen- und Teilevarianten, hinsichtlich unterschiedlicher Gestaltausprägungen bzw. Prinziplösungen für identische Funktionsumfänge oder eingesetzter Fertigungsverfahren (vgl. KERSTEN 2002, S. 6 f.). Hinzu kommt **Produktvielfalt**; die Vielfalt an unterschiedlichen Produkttypen, -familien oder -linien im Produktprogramm eines Unternehmens.

In der Literatur wird nicht zwingend zwischen Produkt- und Variantevielfalt unterschieden. So definiert Rathnow (RATHNOW 1993, S. 7 f.) Produktvielfalt, die er auch mit Leistungskomplexität betitelt, als Anzahl der Produkte und deren Varianten. Als Beispiel nennt er die Verwendung des ein und desselben Produkts unter einem anderen Markennamen. Nach Rathnow (RATHNOW 1993) entstehen innere Komplexität und Komplexitätskosten durch eine hohe Anzahl an Varianten, z. B. hinsichtlich Produktionsprozessen und Betriebsmitteln. Kersten (KERSTEN 2002) spricht von Vielfaltmanagement der Teile- und Variantevielfalt. Eine hohe Vielfalt verursacht eine Erhöhung der Komplexität nicht nur in der Produktentwicklung, sondern auch in vor- und nachgelagerten Prozessen (z. B. SCHUH 1989). Deshalb wird häufig von vielfaltsinduzierter Komplexität gesprochen bzw. der Begriff des Komplexitätsmanagements synonym mit dem des Variantenmanagements verwendet (vgl. z. B. WILDEMAN 2012, PILLER 2006, S. 193 ff., SCHUH 2005).

Im Folgenden wird **Variante**vielfalt⁴² stellvertretend für Produktvielfalt, d. h. unterschiedlichen Produktarten (bspw. unterschiedliche Ventilarten wie pneumatische Steuerventile und Regelventile) und die Vielfalt von Produkt- und Teilevarianten (beispielhaft unterschiedliche Varianten von Regelventilen und deren Bauteilen) verwendet. Dementsprechend stehen **Variante**ten für unterschiedliche Produktarten sowie Produkt- und Teilevarianten sowie **Variante**management für den Umgang mit Produkt- und Variantevielfalt.

Ziel des **Variante**managements ist die Reduzierung der internen und externen Vielfalt zur Verminderung und Beherrschung der durch Variantevielfalt verursachten Komplexität. Gleichzeitig sind Durchlaufzeiten der Produktentstehung zu verringern. Dies betrifft u. a. die Produktentwicklung und die Produktion sowie die Auftragsabwicklung. Ein weiteres Ziel stellt die Senkung der direkten und indirekten Kosten der Varianten dar. (EHRENSPIEL et al. 2007, S. 287 f.)

Bei der Umsetzung des Variantenmanagements existieren in den Randbedingungen eines Unternehmens unterschiedliche Herausforderungen. Es besteht ein Spannungsfeld zwischen den

⁴¹ Vgl. KERSTEN 2002, S. 6 f.

⁴² Variantevielfalt wird stellvertretend für den von anderen Autoren verwendeten Begriff Komplexitätsmanagement verwendet, falls die Autoren diesen Begriff für den Umgang mit der Variantevielfalt verwenden.

Interessen der einzelnen Funktionen⁴³ und den Interessen einzelner Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter⁴⁴ sowie fehlendem Wissen über das Verhältnis des Nutzens einer Variante zu den tatsächlichen Kosten in allen Unternehmensbereichen (RATHNOW 1993, S. 181 ff.).

In der Literatur werden zwischen drei⁴⁵ und vier⁴⁶ Grundstrategien des Variantenmanagements genannt. Innerhalb dieser Arbeit wird zwischen **Planen** sowie **Gestalten** und **Beherrschen** von Vielfalt unterschieden⁴⁷. Diese Herangehensweisen sind jedoch nicht unabhängig voneinander: Produktgestaltung hat einen hohen Einfluss auf Aspekte, wie z. B. Ressourcenmanagement oder die Gestaltung einer geeigneten Organisationsstruktur, welche der Vielfaltsbeherrschung zugeordnet sind (RATHNOW 1993, S. 162). In diesem Abschnitt werden die Grundstrategien definiert und Überlappungen skizziert. Die Strategien dienen zur Gliederung von Methoden des Variantenmanagements, die in den folgenden Teilkapiteln erläutert werden.

Die Grundstrategie **Vielfalt Planen** fokussiert auf die Definition des unternehmensspezifisch optimalen Grades der externen und internen Vielfalt. Dieser Schritt ist erforderlich, da sich zwar die Erlöse eines Unternehmens mit steigender Vielfalt erhöhen, gleichzeitig der Nutzen der steigenden Differenzierung aus Kundensicht abnimmt (RATHNOW 1993, S. 19). Es gilt das Produktangebot anhand der angestrebten Marktabdeckung bzw. der angestrebten Position in bestimmten Marktsegmenten zu gestalten (SUZUE & KOHDATE 1990, S. 4 ff.). Es ist Transparenz zu schaffen bezüglich der aktuellen sowie der erforderlichen internen und externen Vielfalt eines Unternehmens. Dafür gilt es geeignete Methoden für die Analyse und Visualisierung der Vielfalt zu wählen.

Die Planung der Vielfalt umfasst sowohl strategische als auch operative Entscheidungen (GROTKAMP 2010, S.25 f., RATHNOW 1993, S. 179). Diese Entscheidungen zum Produktangebot hängen eng mit Entscheidungen zur Gestaltung der Vielfalt, wie die Gestaltung der Produktarchitektur und die Umsetzung von Wiederhol- und Gleichteilstrategien, zusammen (GROTKAMP 2010, S. 25 f.). Durch das Einbeziehen beider Felder und Maßnahmen in beiden Bereichen können die größten Potenziale erkannt und umgesetzt werden (RATHNOW 1993, S. 104).

So unterscheidet Hofer (HOFER 2001, S. 21) zwischen zwei Variantenmanagementstrategien, der Standardisierung und Individualisierung sowie deren Kombination. Die Produktarchitektur bestimmt das Zusammenspiel von standardisierbaren und individualisierten Komponenten

⁴³ Zum Beispiel verschiedene Sichten auf den Umgang mit Vielfalt von Vertrieb und Entwicklung (RATHNOW 1993, S. 183).

⁴⁴ Zum Beispiel Angst vor Arbeitsplatzverlust (RATHNOW 1993, S. 183).

⁴⁵ Zum Beispiel KERSTEN 2002, WILDEMANN 2012.

⁴⁶ Zum Beispiel GROTKAMP 2010, HEINA 1999, S. 41.

⁴⁷ Vgl. Leistungsoptimierung, Strukturoptimierung und Gesamtoptimierung (inkl. organisatorischer Randbedingungen) bei Ranthow (RATHNOW 1993, S. 41 ff.).

(HOFER 2001, S. 26). Um die Beherrschung der Vielfalt durch Standardisierung überhaupt möglich zu machen, gilt es die Produktarchitektur auf die strategische Produktplanung bzw. die Variantenstrategie auszurichten (HOFER 2001, S. 27). Dabei ist ein Kompromiss zwischen Standardisierung und Differenzierung zu finden (HOFER 2001, S. 27).

Das Planen der Vielfalt umfasst somit nicht nur die Reduzierung des Produktangebotes, in Form des Produktprogrammes und dessen Produktfamilien, sondern auch die Definition neuer Varianten, mit dem richtigen Verhältnis von Kosten und Nutzen.

Dabei bildet die Gesamtheit der Produktvarianten eines Unternehmens dessen **Produktprogramm** (GROTKAMP 2010, S. 6). Nach Lingnau (LINGNAU 1994, S. 106) lassen sich Produktprogramme bezüglich ihrer Breite, also der Anzahl unterschiedlicher Produktarten sowie ihrer Tiefe, der Anzahl unterschiedlicher Varianten pro Art, und der Fertigungstiefe, dem Verhältnis von Eigen- zu Fremdfertigung, charakterisieren. Eine **Produktfamilie** entspricht nach (GROTKAMP 2010, S. 7) einer Teilmenge des Produktprogramms, wobei die Produkte einer Familie eine ähnliche Produktarchitektur aufweisen.

Gestalten der Vielfalt steht für die Ausführung der internen Vielfalt durch eine komplexitätsangepasste bzw. vielfaltsgerechte Produktarchitektur (vgl. KERSTEN 2002). Entscheidungen über die Gestaltung der Produktarchitektur wirken sich im gesamten Unternehmen aus: Nicht nur die Planung der Produktvielfalt wird z. T. durch die Produktarchitektur beeinflusst, sondern auch die erreichbare Qualität des Produktes selbst sowie die Effizienz und Effektivität der Produktentwicklung (vgl. ULRICH & EPPINGER, S. 184). Damit bestimmt die Gestaltung der Produktarchitektur auch die Randbedingungen für die Beherrschung der Vielfalt.

Die Produktarchitektur definiert Ulrich (ULRICH 1995) als die Gesamtheit der Komponenten und Funktionen eines Produktes sowie Art und Menge der Beziehungen sowohl innerhalb der Komponenten bzw. Funktionen als auch zwischen Komponenten und Funktionen. Nach Meyer & Lehnerd (MEYER & LEHNERD 1997, S. 39) stellt die Produktarchitektur eine Kombination aus Subsystemen und Schnittstellen dar. Im Sinne einer vielfaltsgerechten Gestaltung sollte eine über viele Produkte hin weg zu einem möglichst hohen Grad identische Architektur angestrebt werden (MEYER & LEHNERD 1997, S. 39). Nur so lassen sich die maximalen Vorteile einer vielfaltsgerechten Produktarchitektur u. a. in der Produktentwicklung und Produktion nutzen.

Die Produktarchitektur spiegelt sich häufig in der Unternehmensorganisation wider. Dieses Phänomen haben einige Autoren untersucht (z. B. COLFER & BALDWIN 2010)⁴⁸. Produktarchitekturen lassen sich somit als Grundlage für die Strukturierung von Produktentwicklungsprozessen sowie die Ressourcenallokation nutzen (vgl. ELEZI et al. 2011, GÖPFERT 1999). Produktarchitekturen unterscheiden sich nach ihrem Integrationsgrad. Bild 2-10 zeigt nach Göpfert (GÖPFERT 1999, S. 115) eine mögliche Klassifizierung von Produktarchitekturen nach dem Grad der funktionalen und physischen Integration.

⁴⁸ Fixon & Park (FIXSON & PARK 2008) untersuchten das Zusammenwirken von Produktarchitekturen und Wettbewerbsstruktur, z. B. für Kooperation zwischen Unternehmen bzw. Outsourcing-Fragen.

Vielfalt beherrschen bedeutet einerseits das Ergreifen von Maßnahmen zur Erhöhung der Effizienz im Umgang mit der vorhandenen Vielfalt im Rahmen der Geschäftsprozesse (KERSTEN 2002). Andererseits gilt es Anläufe und Werkzeuge zur Planung und Gestaltung in den Geschäftsprozessen, wie der Produktentwicklung, zu verankern (GROTKAMP 2010, S. 25 f.), so dass die Variantenstrategie und deren Umsetzung kontinuierlich hinsichtlich deren Kosten- und Nutzenverhältnisses hinterfragt und weiterentwickelt werden kann.

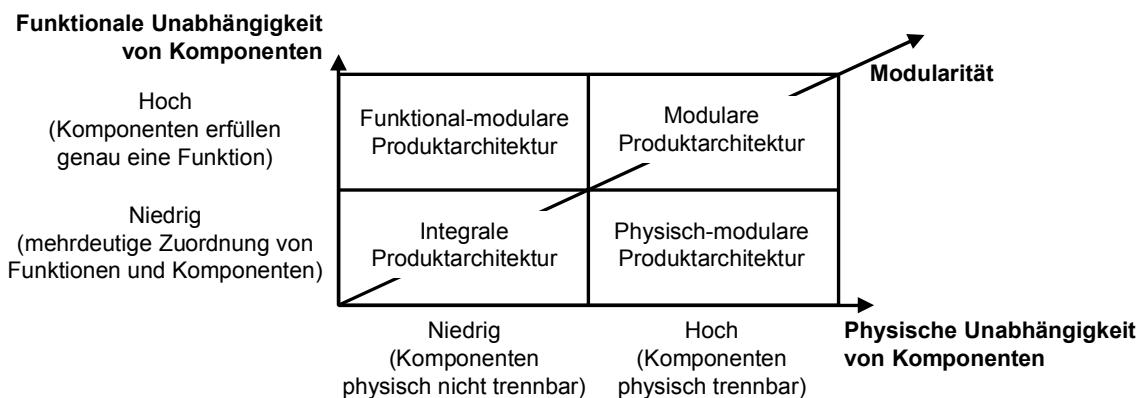


Bild 2-10: Klassifizierung von Produktarchitektur (GÖPFERT 1999, S. 115)

Dies lässt sich durch die entsprechende Gestaltung der Unternehmensorganisation erreichen, z. B. festlegen von Teams bzw. Abteilungen, welche sich ausschließlich der Weiterentwicklung der vielfaltsgerechten Produktgestaltung widmen oder definieren eines Variantenentwicklungsprozesses (vgl. GROTKAMP 2010, S. 25 f., MEYER & LEHNERD 1997).

Basierend auf einer optimierten Leistungsgestaltung in Form der Variantenstrategie, kann die angestrebte vielfaltsgerechte Produktgestaltung nur dann nachhaltig umgesetzt werden, wenn im Erstellungsprozess geeignete Randbedingungen bezüglich Organisation und Ressourcenmanagement (Betriebsmittel- und Personaleinsatz) geschaffen werden (RATHNOW 1993, S. 162). Gleichzeitig gilt es, neben den Herstellungskosten einer Variante, ebenfalls die indirekten Kosten⁴⁹ einzubeziehen (KERSTEN 2002, S. 16).

Ursprung von Variantenvielfalt

Die Ursprünge der Variantenvielfalt sind sowohl unternehmensintern als auch außerhalb eines Unternehmens zu suchen. So werden bei sinkenden Verkaufszahlen und Gewinnen möglicherweise neue Produkte eingeführt, mit dem Ziel diese Situation zu verbessern (SUZUE & KOHDATE 1990, S. 8 f.). Die Einführung der neuen Produkte führt zu einer Erhöhung der internen Vielfalt, während die Gesamtverkaufszahlen durch sinkende Nachfrage für existierende Produkte gleich bleiben könnten (SUZUE & KOHDATE 1990, S. 8 f.). Durch den erhöhten Aufwand und die steigenden Kosten, welche die innere Vielfalt mit sich bringt, kann die Effizienz

⁴⁹ Zum Beispiel variable Kosten aus der Nutzung von Ressourcen in der Produktentwicklung oder fixe Kosten durch Bereitstellung und Pflege der Infrastruktur wie Datenmanagementsysteme (KERSTEN 2002, S. 16).

des Unternehmens sinken (SUZUE & KOHDATE 1990, S. 8 f.). Eine Erhöhung der Produktpreise, um den erhöhten Kosten bei sinkenden Gewinnen entgegenzuwirken, kann die Wettbewerbsposition erneut beeinträchtigt werden (BEYER 2010). Der in Bild 2-11 dargestellte Kreislauf beginnt von neuem.

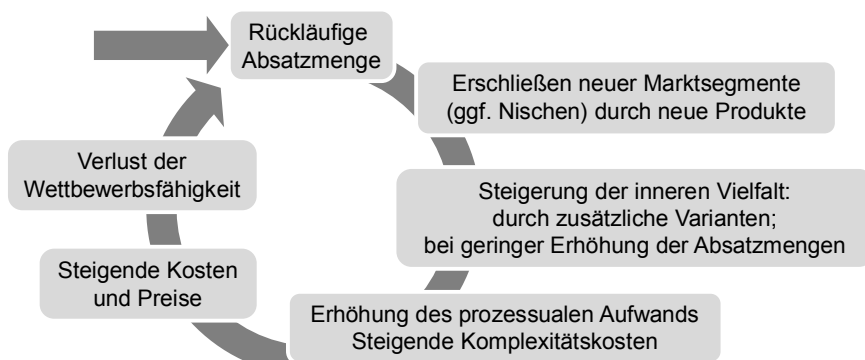


Bild 2-11: Teufelskreis – Variantenentstehung (u. a. nach RATHNOW 1993, S. 53 und SUZUE & KOHDATE 1990, S. 26)

Viele Autoren haben sich detailliert mit den Ursachen der Variantenvielfalt beschäftigt. In den folgenden Tabellen sind diese detaillierten Vielfaltsursachen zusammengefasst. Dabei geht Tabelle 2-8 zunächst auf unternehmensexterne Ursachen ein.

Tabelle 2-8: Zusammenfassung externer Ursachen von Vielfalt

Unternehmensexterne Ursachen von Vielfalt		
Technologische Entwicklung (FRANKE et al. 2002, S. 5; GROTKAMP 2010, S. 8; EHRENSPIEL et al. 2007, S. 293f.)	Schnellere Produktzyklen und neue Technologien	FRANKE et al. 2002, S. 5
Gesellschaftlicher und politischer Wandel (FRANKE et al. 2002, S. 5; GROTKAMP 2010, S. 8; EHRENSPIEL et al. 2007, S. 292f.)	Pluralisierung der Werte und Normen	FRANKE et al. 2002, S. 5
	Zunehmende Individualisierung	FRANKE et al. 2002, S. 5
	Demografischer Wandel	FRANKE et al. 2002, S. 5
	Verschiebung Kaufkraftaufkommen	FRANKE et al. 2002, S. 5
	Globale politische Veränderungen	FRANKE et al. 2002, S. 5
Marktkomplexität und -dynamik (FRANKE et al. 2002, S. 5; GROTKAMP 2010, S. 8; EHRENSPIEL et al. 2007, S. 292 f.; PILLER 2006, S. 132)	Erhöhter Wettbewerb durch Globalisierung	FRANKE et al. 2002, S. 5
	Sättigung traditioneller Märkte	FRANKE et al. 2002, S. 5
	Diversifikation bekannter und neuartiger Bedarfe	FRANKE et al. 2002, S. 5
	Besetzen von Nischen Neue wachsende Märkte ausnutzen	KERSTEN 2002, S. 8 f. FRANKE et al. 2002, S. 5
	Risikostreuung, Ausgleich von Marktschwankungen	FRANKE et al. 2002, S. 5
	Abschöpfende Marketingstrategien Produktrelaunch Anforderungsvielfalt	FRANKE et al. 2002, S. 5 FRANKE et al. 2002, S. 5 PILLER 2006, S. 132
	Länderspezifika bzgl. Gesetzgebung oder Normung	PILLER 2006, S. 132; EHRENSPIEL et al. 2007, S. 294
	Schutz vs. Produktpiraterie (EHRENSPIEL et al. 2007, S. 294)	

Tabelle 2-9 stellt interne Ursachen von Produkt- und Variantenvielfalt dar. Diese Ursachen sind durch Einflüsse außerhalb des Unternehmens bedingt.

Tabelle 2-9: Zusammenfassung interner Ursachen von Vielfalt

Unternehmensinterne Ursachen von Vielfalt		
Informationsdefizit (GROTKAMP 2010, S. 11; CAESAR 1991, S. 15; KERSTEN 2002, S. 208)	Inkonsistentes Datenmanagement, unzureichende Datenpflege	GROTKAMP 2010, S. 11; SCHUH 1989, S. 13ff.
	Inkompatible IT-Systeme, Medienbrüche	GROTKAMP 2010, S. 12; PILLER 2006, S. 132
	Mangel an abteilungsübergreifenden Informationssystemen	SCHUH 1989, S. 13ff.
	Fehlende Transparenz der vorhandenen Vielfalt	GROTKAMP 2010, S. 13; SCHUH 1989, S. 3; KERSTEN 2002, S. 208; FRANKE et al. 2002, S. 5
	Unzureichende Informationsstrukturierung	SCHUH 1989, S. 13ff.
	Unzureichende, einheitliche Varianteninformationen (z. B. bzgl. Kosten)	CAESAR 1991, S. 11 ff.; KERSTEN 2002, S. 208
	Unzureichend verursachungsgerechte Kostenbewertung Zeitliche Diskrepanz zw. erwarteter und tatsächlicher Variantenvielfalt	CAESAR 1991, S. 11; FRANKE et al. 2002, S. 5 CAESAR 1991, S. 11
Mangelnde ganzheitliche Sichtweise (GROTKAMP 2010, S. 11; FRANKE et al. 2002, S. 5)	Produktfamilie nicht als Ganzes betrachtet, sondern Produkte als Einzelobjekt	SUZUE & KOHDATE 1990, S. 7-8
	Fehlende Informationen bzgl. Strategien und Ziele	KERSTEN 2002, S. 8f.
	Fehlendes Bewusstsein von Führungskräften und Mitarbeiter / -innen für Vielfaltsauswirkungen	KERSTEN 2002, S. 8f.
	Unzureichende abteilungsübergreifende Zusammenarbeit	GROTKAMP 2010, S. 11; SCHUH 1989, S. 13ff.
	Keine vielfaltsgerechte Produktgestaltung, mangelnde Umsetzung von Standards	SCHUH 1989, S. 4; CAESAR 1991, S. 16; EHRENSPIEL et al. 2007, S. 294
	Unzureichendes Änderungsmanagement	EHRENSPIEL et al. 2007, S. 294
Unzureichende Entscheidungsstrukturen (FRANKE et al. 2002, S. 5)	Entscheidungen zur Gestaltung der Vielfalt auf Sachbearbeiterebene ohne Einbeziehen der Leitungsebenen	KERSTEN 2002; Rathnow 1993
	Unzureichende Variantenbewertung	SCHUH 1989, S. 4
	Aufwand durch hohe Anzahl an Exoten	SCHUH 1989, S. 4
	Produkte als passive Reaktion auf spezifische Bedarfe	SUZUE & KOHDATE 1990, S. 7 f.
	Keine langfristige Planung	SUZUE & KOHDATE 1990, S. 7 f.
Unzureichende Verankerung (KERSTEN 2002, S. 8 f. u. S. 206; CAESAR 1991, S. 11)	Unzureichende prozessuale Verankerung von Variantenmanagement	KERSTEN 2002, S. 8f. und S. 206
	Keine Werkzeuge für markt- und kostengerechtes Produktprogramm	FRANKE et al. 2002, S. 5
	Unzureichende methodische Unterstützung des Variantenmanagements	KERSTEN 2002, S. 8 f. u. S. 206, CAESAR 1991, S. 11

Wirkung von Variantenvielfalt

Ein breitgefächertes Produktangebot bietet Vorteile, wie eine gesteigerte Wettbewerbsfähigkeit (KOHLMASE 1998), da so vielfältigere bzw. individuelle Kundenfunktionen und -anforderungen

erfüllt (KERSTEN 2002, S. 15 ff., EHRENSPIEL et al. 2007, S. 295 f.) und die Kundenzufriedenheit erhöht (KOHLMASE 1998) werden können. Neue Produktvarianten können einen Türöffner in neue Märkte (RATHNOW 1993, S.13) darstellen, durch die Produktdifferenzierung für unterschiedliche Markt- oder Preissegmente (KERSTEN 2002, S. 15 ff., EHRENSPIEL et al. 2007, S. 295 f.). Zusätzliche Teilevarianten ermöglichen die Optimierung von Funktionen sowie Material oder auch Gewicht (KERSTEN 2002, S. 15ff). Schließlich kann eine hohe Vielfalt einen begrenzten Schutz gegen Produktpiraterie bieten (EHRENSPIEL et al. 2007, S. 295 f.).

Neben den Chancen, welche eine hohe Produkt- und Variantenvielfalt bietet, bringt sie vielfältige Risiken mit sich. Neben einem erhöhten Kommunikations- und Koordinationsaufwand, nicht nur in der Produktentwicklung sondern auch in den ihr vor- und nachgelagerten Prozessen, hat eine hohe Vielfalt weitreichende Kostenauswirkungen. Tabelle 2-10 fasst die Risiken von Variantenvielfalt zusammen.

Tabelle 2-10: Risiken von Variantenvielfalt

Risiken von Produkt- und Variantenvielfalt	
Unkontrollierte, schleichende Generierung von Varianten	KERSTEN 2002, S. 8f.; CAESAR 1991, S. 15
Auswirkungen einer Variante nicht bekannt	GROTKAMP 2010, S. 11
Unzureichender Wissensaustausch (z. B. bzgl. Varianz, mögliche Fehlerquellen)	KRAUSE et al. 2007, S. 10
Fehlender Überblick über vorhandenes Teilespektrum	KOHLMASE 1998
Koordinationsaufwand für Entscheidungen bzgl. Vielfalt	HOFER 2001, S. 27
Hohes Entwicklungsrisiko bei Sonderentwicklungen	KOHLMASE 1998
Unzureichendes, aufwändiges Änderungsmanagement	EHRENSPIEL et al. 2007, S. 294f.; KRAUSE et al. 2007, S. 10
Unwirtschaftliche Varianten und erhöhter Aufwand	GROTKAMP 2010, S. 11; RATHNOW 1993, S. 26 f.
Hoher Aufwand bei der Abteilungsübergreifenden Zusammenarbeit	GROTKAMP 2010, S. 11
Hoher Entwicklungsaufwand	KOHLMASE 1998; HOFER 2001, S. 27; SUZUE & KOHDATE 1990, S. IX
Hohe Anforderungen an die Qualifikation der Mitarbeiter / -innen	KOHLMASE 1998
Aufwändige Auftragsabwicklung	KOHLMASE 1998
Koordinationsaufwand	HOFER 2001, S. 27
Zunahme an Kunden-, Auftrags-, Lieferantenvielfalt	EHRENSPIEL et al. 2007, S. 295 f.
Aufwändige Dokumentation und Produktpflege	KOHLMASE 1998; SUZUE & KOHDATE 1990, S. IX; KRAUSE et al. 2007, S. 10
Erhöhung direkte und indirekte Kosten	HOFER 2001, S. 27
Variantenzuwachs und Losgrößenverringern	HOFER 2001, S. 27
Fehlender Überblick über die tatsächlichen Kosten durch Zuschlagskalkulation	EHRENSPIEL et al. 2007, S. 295f; FRANKE et al. 2002, S. 4
Hohe Anzahl an Teilen und Komponenten mit geringer Stückzahl	KOHLMASE 1998
Überproportional wachsende Kosten gegenüber unterproportional wachsenden Erlösen	EHRENSPIEL et al. 2007, S. 296; SUZUE & KOHDATE 1990, S. IX
Erhöhung der Produktionskomplexität (Werkzeugbedarf, -vielfalt, Lagerhaltung, Ersatzteile)	EHRENSPIEL et al. 2007, S. 289; KRAUSE et al. 2007, S. 10; SUZUE & KOHDATE 1990, S. IX

Die Kostenauswirkungen von Vielfalt sind häufig im Unternehmen nicht bekannt (RATHNOW 1993, KERSTEN 2002). Wie aus Tabelle 2-11 ersichtlich, entstehen durch die Einführung neuer Produkte oder Varianten einmalige und laufende Kosten; letztere umfassen die Pflege der Pro-

duktdaten, zusätzliche Kosten in der Produktion durch Prozessplanung, Rüstzeiten und Qualitätsprüfungen sowie zusätzliche Bestände (RATHNOW 1993, S. 20). Die Gemeinkosten steigen somit weiter an (KERSTEN 2002, S. 19).

Einmalige Kosten treten in Form von Einführungs- und Vorleistungskosten in unterschiedlichen Unternehmensbereichen durch die Einführung oder Änderung neuer bzw. bestehender Bauteile oder Produkte auf (WILDEMANN 2012, EHRENSPIEL et al. 2007). Darüber hinaus müssen die Unternehmensbereiche für die Standardisierung von Produkten, Rationalisierung von Prozessen, Personaltraining in Vorleistung gehen (WILDEMANN 2012, EHRENSPIEL et al. 2007). Weiterhin sind die Verwaltungskosten von Varianten, z. B. durch Datenpflege und Lagerhaltung, nicht zu vernachlässigen: Nach Wildemann (WILDEMANN 2012) ergeben sich für eine Variante eines Produktes aus der Elektrotechnik bei einem angenommenen Lebenszyklus von fünf Jahren Verwaltungskosten von 2.680 Euro. Diese resultieren aus den Initialkosten (435 Euro), welche hauptsächlich durch die Qualifizierung des Produktes und der Erstellung der Produktdokumentation geprägt sind sowie jährlichen Fixkosten von 48 Euro (hauptsächlich im Bereich des Lagerwesens) und jährlichen variablen Kosten von 344 Euro (neben der Lagerhaltung hauptsächlich durch Einkaufsvorgänge bestimmt) (WILDEMANN 2012).

Tabelle 2-11: Ursachen durch Variantenvielfalt erhöhter Kosten⁵⁰

Entwicklung	Versuch	Fertigung / Montage
Zusätzlicher Aufwand für: Entwicklung neuer Teile; Erstellen und Verwalten technischer Unterlagen; Pflege Teile / Stammdaten	Zusätzlicher Aufwand für: Tests in verschiedenen Entwicklungsphasen	Zusätzlicher Aufwand für: Fertigungssteuerung; Arbeitsvorbereitung; Erstellen von Vorrichtungen Werkzeugen
Controlling	Einkauf / Logistik	
Zusätzlicher Aufwand für: Kalkulation; Wertanalyse; Rechnungsprüfung	Zusätzlicher Aufwand für: Lieferantenmanagement; Ein- kauf, Materialbedarfsermittlung und -bereitstellung; Kommissionierung	Höhere Rüstkosten Unterbrechung Lernkurven durch Wechsel der Abläufe
Vertrieb / Marketing		Auslastungsschwankungen Geringe Produktivität und Qualität
Zusätzlicher Aufwand für: Schulung; Preissetzung; Erstellung Marketingdoku- mente; Auslaufplanung	Erhöhte Anzahl Bestellvor- gänge	
Heterogene Kundensegmente	Höhere Lagerbestände	

Die Kostenauswirkungen sind somit funktionsübergreifend und können zeitverzögert und mit einem dynamischen Verhalten aufgrund von sich ändernden Randbedingungen eines Unternehmens auftreten (RATHNOW 1993, S.23 ff.). Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass

⁵⁰ Nach FRANKE et al. 2002, S. 7, RATHNOW 1993, S. 24, KERSTEN 2002, S. 18, KRAUSE et al. 2007, S. 10 ff., LINGNAU 1994, S. 128, SUZUE & KOHDATE 1990, S. IX.

die Funktionen, welche die Kosten verursachen, häufig nicht die Träger der Kosten sind (RATHNOW 1993, S. 26, KERSTEN 2002, S. 14). Tabelle 2-11 fasst die Ursachen durch Variantenvielfalt erhöhter Kosten zusammen, wie sie in der Literatur beschrieben werden.

Neben der Dynamik und Verschiedenheit von Kostenträger und -verursacher, existieren weitere erschwerende Randbedingungen bei der Kosten- Nutzenbetrachtung einzelner Produkt- und Teilevarianten. Die Zuschlagskalkulation bietet anhand von Gemeinkostensätzen, keine Möglichkeit die tatsächlichen Kosten einer Variante verursachungsgerecht abzubilden (SCHUH 1989, S. 8 ff.).

Dies liegt in den in Bild 2-12 illustrierten Kalkulations- und Kosteneffekten begründet. Der sog. **Allokationseffekt** (POSLUSCHNY & TREUNER 2009, S. 149) ist wie folgt gekennzeichnet: Es werden für alle Arten von Materialien die gleichen Beschaffungsprozesse durchlaufen. Dadurch wird für günstige Materialien ein zu geringer Betrag für die Beschaffungskosten angesetzt, während bei teuren Materialien zu hohe Kosten veranschlagt werden (POSLUSCHNY & TREUNER 2009, S. 149).

Der **Degressionseffekt** beschreibt das Verhältnis der tatsächlichen Vertriebskosten zu den kalkulierten Vertriebskosten (FRANKE et al. 2002, S. 27). Nur bei einer bestimmten Stückzahl entsprechen die anhand der Zuschlagskalkulation angenommenen den tatsächlichen Vertriebskosten, sodass sie bei einer geringeren Stückzahl deutlich höher und bei einer großen Stückzahl unter den kalkulierten Kosten zu liegen kommen (POSLUSCHNY & TREUNER 2009, S. 150).

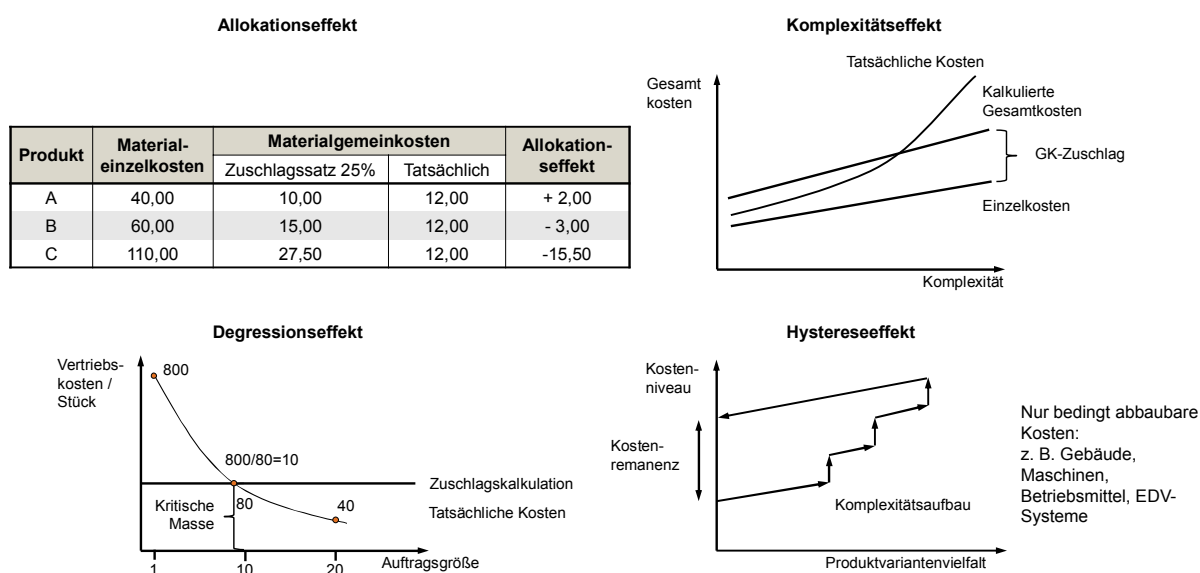


Bild 2-12: Kosteneffekte bei Produkt- und Variantenvielfalt (nach FRANKE et al. 2002, S. 26 ff., HICHERT 1986, RATHNOW 1993, POSLUSCHNY & TREUNER 2009)

Darüber hinaus hat die durch eine hohe Vielfalt entstehende Komplexität, wie in Tabelle 2-11 beschrieben, einen großen Einfluss auf die tatsächlichen Variantenkosten. Dieser **Komplexitätseffekt** lässt sich bspw. durch einen Anstieg der Kosten aufgrund der Verwendung unterschiedlich vieler Rohstoffe in den Produkten und einer hohen Anzahl der Prozesse z. B. in der Beschaffung oder Arbeitsvorbereitung, beobachten (POSLUSCHNY & TREUNER 2009, S. 149).

Wie in Bild 2-12 dargestellt, kann es durch den Komplexitätseffekt zu einer deutlichen Abweichung der tatsächlichen von den kalkulierten Kosten kommen (FRANKE et al. 2002, S. 27f.). Nach Rathnow (RATHNOW 1993, S. 36) gilt es ein Optimum zu finden zwischen hohen Stückzahlen, um Skaleneffekte zu erzielen, und möglichst niedrigen Komplexitätskosten, welche mit einer steigenden Stückzahl ansteigen. Nach Suzue & Kohdate (SUZUE & KOHDATE 1990) hat die Standardisierung den wichtigen Effekt Komponenten und Fertigung zu konsolidieren. Gleichzeitig kann es durch einen zu hohen Standardisierungsgrad zu einer Kostenerhöhung kommen, da die Anforderungen an einzelne Teile derart hoch sind (SUZUE & KOHDATE 1990, S. 22).

Der sog. **Hystereseeffekt** (vgl. RATHNOW 1993, S. 26) steht ebenfalls im Zusammenhang mit der Komplexität. Durch eine höhere Vielfalt steigen Komplexität und somit die Kosten. Allerdings lassen sich nicht alle Kosten durch eine Reduzierung der Komplexität ebenfalls abbauen (HICHERT 1986, 1986). Dies trifft z. B. für unterstützende IT-Systeme und Schulungsmaßnahmen oder Gebäude getätigte Investitionen zu (vgl. RATHNOW 1993, S. 26, FRANKE et al. 2002, S. 28).

Durch die genannten Kosteneffekte ergibt sich die in Bild 2-13 dargestellte Situation. Es kommt im Vergleich zu den anhand der Zuschlagskalkulation angenommenen Kosten bei einer hohen Absatzmenge durch Standardprodukte zum Gewinn, während die verursachten Stückkosten bei Exoten deutlich über den kalkulierten Kosten liegen können (links in Bild 2-13, FRANKE et al. 2002, S. 4). Demnach werden Exoten zu „billig“, welche heute mehr und mehr an Bedeutung gewinnen, und Standardprodukte zu „teuer“ kalkuliert (rechts in Bild 2-13, SCHUH 1989).

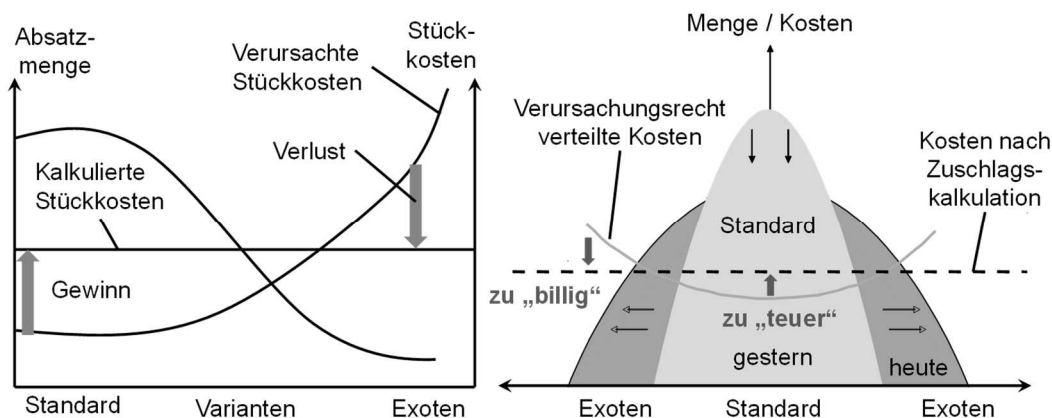


Bild 2-13: Diskrepanz zwischen verursachten und kalkulierten Variantenkosten nach Franke et al. (links, FRANKE et al. 2002, S. 4) und Schuh (rechts, SCHUH 1994)

Schließlich kann sich eine hohe Vielfalt in unterschiedlichen Mengeneffekten äußern. Hier ist der Kannibalismus-Effekt zu nennen: Die Einführung neuer Varianten kann zu einer Reduzierung der Absatzmenge bestehender Produkte führen, sodass die Gesamtverkaufszahlen nicht steigen (LINGNAU 1994, S. 122 ff., GROTKAMP 2010, S. 16). Vorteilhaft dagegen ist der Mitnahme-Effekt: Die Absatzzahlen bestehender Produkte werden dabei durch eine durch eine neue Variante nicht beeinflusst und es lassen sich möglicherweise Skaleneffekte in überschnei-

denden Bereichen erzielen (LINGNAU 1994, S. 122 ff.). Es können Mischformen auftreten, wobei nach Lingau (LINGNAU 1994, S. 122 ff.) in der Realität der Kannibalismus überwiegt (LINGNAU 1994, S. 122 ff.).

2.3.2 Herangehensweisen im Variantenmanagement

Im Folgenden werden das Planen, Gestalten und Beherrschen der Variantenvielfalt näher vorgestellt und knapp auf Erfolgsfaktoren eingegangen. Letztere sind in Kapitel 2.3.4 zusammengefasst und durch weitere Ergebnisse aus dem Stand der Forschung ergänzt.

Planen von Vielfalt

Den Ausgangspunkt eines nachhaltigen Variantenmanagements bilden die Planung der erforderlichen externen und internen Vielfalt und deren Verankerung in einer Variantenstrategie. Durch die Strategie kann unnötige Vielfalt vermieden werden, da die erforderliche Vielfalt bereits vor dem Beginn von Entwicklungstätigkeiten definiert ist und für die vielfaltsgerechte Produktgestaltung erforderlichen Informationen bereits vorliegen (SCHUH 1989, S. 12 f.).

Die Variantenstrategie gilt es durch das operative Variantenmanagement umzusetzen, welches die aus der Variantenstrategie abgeleiteten Qualitätsziele in der Ausführung sicherzustellen hat (vgl. RATHNOW 1993, S. 180, vgl. strategische und operative Produktplanung nach HACK 1976, S. 21).

Für die Planung bzw. Entwicklung einer Variantenstrategie sind allgemeine Aspekte aus dem Bereich der Strategieentwicklung bzw. strategischen Planung zu berücksichtigen. Aus einer Strategie ist ersichtlich wie ein Unternehmen seine bestehenden und potenziellen Stärken nutzt, um mit sich verändernden, externen Einflüssen hinreichend umgehen zu können (KREIKEBAUM 1997, S. 57). Externe Einflüsse stellen nach Porter (PORTER 2013, S. 38) unter anderem der Wettbewerb in Form der Bedrohung durch potenzielle Konkurrenten oder die Verhandlungsmacht der Kunden bzw. von Zulieferern dar. Weiterhin können Ersatzprodukte und -leistungen sowie der bestehende Wettbewerb eine Bedrohung sein (PORTER 2013, S. 38).

Es werden unterschiedliche Arten von Strategien beschrieben. Wettbewerbsstrategien wie die Differenzierung sowie die umfassende Kostenführerschaft oder die Konzentration auf Schwerpunkte (z. B. ein bestimmtes Marktsegment) (Bild 2-14, PORTER 2013, S. 79, KREIKEBAUM 1997, S. 58), spielen hinsichtlich des Variantenmanagements eine wichtige Rolle. Zudem unterscheidet Disselkamp (DISSELKAMP 2012, S.33) zwischen Kosten- und Nutzenführerschaft. Letztere steht für ein großes Leistungsspektrum bei höchster Qualität (DISSELKAMP 2012, S. 33). Sowohl die Produkte von Kosten- als auch Nutzenführern müssen sich durch Alleinstellungsmerkmale auszeichnen, damit diese ihre Marktposition sichern können (DISSELKAMP 2012, S. 33). Gleichzeitig verschafft diese Alleinstellung einen Preisspielraum (DISSELKAMP 2012, S. 34). Weiterhin werden vier Produktentwicklungswege beschrieben (DISSELKAMP 2012, S. 22): Produktstandardisierung, -differenzierung, -innovation, -variation.

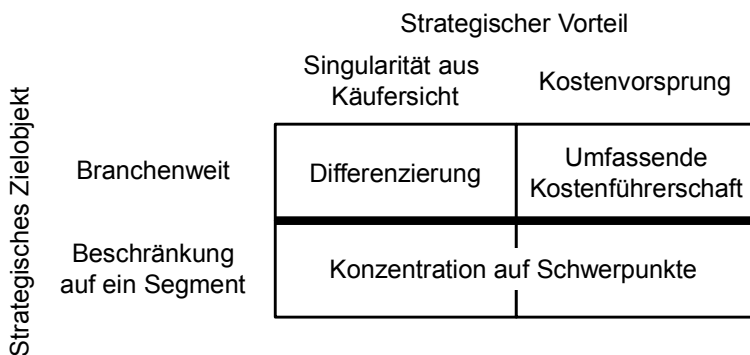


Bild 2-14: Wettbewerbsstrategien (nach PORTER 2013, S. 79)

Die strategische Produktplanung setzt auf der Unternehmens- bzw. Variantenstrategie auf. Nach HACK (HACK 1976, S. 22) umfasst die Produktplanung die „[...] Antizipation und Bestimmung der Zukunft eines Produktes und der dafür relevanten Sachverhalte[...]“, um die aus dem Zielsystem⁵¹ der Unternehmung abgeleitete produktspezifische Zielsetzung optimal zu erfüllen.

Es existieren unterschiedliche Hilfsmittel zur strategischen Produktplanung. Beispielsweise stellt Orlik (ORLIK 2005) eine wissensbasierte Entscheidungshilfe vor, die Unterstützung bei der Identifikation von Ausgangssituation und relevanten Wachstumsstrategien kleiner und mittlerer Unternehmen sowie Anpassung der Strategie an den Unternehmenskontext bietet (ORLIK 2005, S. 3). Braun (BRAUN 2005) gibt abhängig von der Methodenkompetenz der planenden Personen Hilfestellung bei der strategischen Produktplanung: Für Personen ohne Erfahrung mit Methoden zur Produktplanung steht ein detaillierter Leitfaden zur Verfügung, während Experten aus einer Methodensammlung situationsspezifisch wählen können (BRAUN 2005, S. 109 ff.). Unterstützt wird, neben der Definition strategischer Ziele, auch die Definition eines Vorgehens zur strategischen Planung und dafür geeigneter Methoden (BRAUN 2005, S. 108).

In Bezug auf das Variantenmanagement ist somit zunächst eine Entscheidung bezüglich der **angestrebten Wettbewerbsstrategie** zu treffen. Daraus gilt es die Variantenstrategie hinsichtlich der zu erzielenden Marktabdeckung sowie die zu besetzenden Marktsegmente und die Art der Abdeckung der Segmente zu entscheiden (SUZUE & KOHDATE 1990, S. 4 ff). Unter anderem schlagen Meyer & Lehnerd (MEYER & LEHNERD 1997, S. 54) ein Marktsegmentraster zur Strategiedefinition vor. Die Autoren nutzen das Raster, um die angestrebten Marktsegmente sowie die Preissegmente festzulegen, für die Produktplattformen (siehe folgenden Abschnitt für Definition) entwickelt werden sollen. Sie unterscheiden zwischen vier Plattformstrategien (Bild 2-15, MEYER & LEHNERD 1997, S. 55 ff.).

Die erste Strategie stellen nischenspezifische Plattformen dar, die für ein spezifisches Markt- sowie Preissegment bestimmt sind. Eine Strategie mit horizontaler Hebelwirkung ist die Konzentration auf Plattformen, welche in einem bestimmten Preissegment in allen Marktsegmenten

⁵¹ Anm. der Autorin: Zielsystem entspricht der Strategie.

eingesetzt wird. Dagegen sprechen die Autoren von einer Strategie mit vertikaler Hebelwirkung, wenn eine Hauptplattform für ein bestimmtes Markt- und Preissegment definiert und innerhalb des Marktsegments auf die übrigen Preissegmente hoch- bzw. herunterskaliert wird. Die vierte Strategie bildet eine Kombination der ersten drei. (MEYER & LEHNERD 1997, S. 55 ff.)

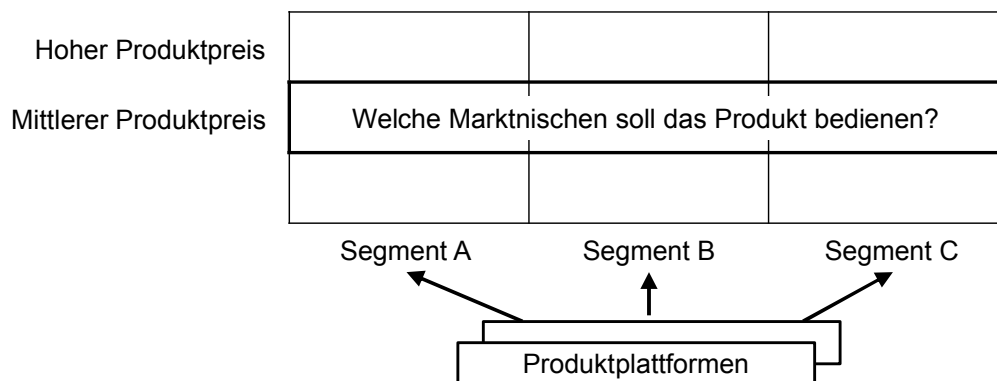


Bild 2-15: Definition der Variantenstrategie mit Hilfe des Marktsegmentierungsrasters (nach MEYER & LEHNERD 1997, S. 54)

Für die Definition der Wettbewerbsstrategie ist ebenfalls zu festzulegen ob die Markt- und Preissegmente durch Produktinnovation, Produktdifferenzierung (z. B. baugleich aber für unterschiedliche Marken eingesetzt), Produktvereinheitlichung (Rücknahme der Differenzierungsentscheidung), Produktvariation oder Produktelimination belegt werden sollen (Zielsetzungen aus der Produktplanung zusammengefasst nach LINGNAU 1994, S. 111 ff.). Hier zeigt sich die Notwendigkeit Aspekte der Gestaltung der Vielfalt bereits bei der Planung einfließen zu lassen.

Wichtige Erfolgsvoraussetzung bei der **Entwicklung** der Variantenstrategie ist es, eine geeignete Organisationsform für die Entwicklung und Umsetzung der Strategie zu finden. Rathnow (RATHNOW 1993, S. 197) schlägt die Zusammenarbeit zwischen einem Lenkungsausschuss, dessen Mitglieder im Top-Management angesiedelt sind sowie die Variantenstrategie und Ressourcenbereitstellung verabschieden, und einem Kernteam vor (RATHNOW 1993, S. 197). Letzteres umfasst Personen aus allen betroffenen Organisationseinheiten und Stabsfunktionen oder Methodenexperten und mögliche Realisierungsverantwortliche (RATHNOW 1993, S. 197). Das Kernteam führt Analysen durch und erstellt einen Vorschlag für die Variantenstrategie (RATHNOW 1993, S. 197). Es wird durch Experten und Expertinnen in Analyseteams bei Sonderanalysen, z. B. Kostenprognosen, unterstützt (RATHNOW 1993, S. 197).

Als Basis für die Entwicklung einer Variantenstrategie muss ein Verständnis für die aktuelle Situation geschaffen sein (KARLSSON & ÅHLSTROM 1997, (RATHNOW 1993, S. 193). Es gilt somit zunächst die aktuelle Situation innerhalb des Unternehmens zu beschreiben und zu analysieren: „Wo stehen wir und was können wir tun“ (KARLSSON & ÅHLSTROM 1997), um das Produktportfolio weiterzuentwickeln. Neben der unternehmensinternen Situation gilt es auch die externe Situation anhand einer Wettbewerbsanalyse zu erfassen (MEYER & LEHNERD 1997, S. 75 ff.).

Darauf aufbauend lassen sich die Variantenstrategie und deren zukünftige Ausrichtung definieren (vgl. KARLSSON & ÅHLSTROM 1997). Demnach sind die vorhandenen Varianteninformationen für eine Systematisierung des Gestaltungsprozesses der internen und externen Vielfalt systematisch darzustellen (SCHUH 1989, S. 45). Weiterhin sind Wachstumsbereiche zu identifizieren, also welche Segmente ausgebaut bzw. belegt werden sollen, indem die zukünftige Situation antizipiert wird (MEYER & LEHNERD 1997, S. 75 ff.). Bei der Definition der Variantenstrategie sind zudem Kontextfaktoren, wie die hohe Dynamik der Umwelt bzw. des Marktes, heterogene Kundenbedürfnisse sowie die Breite der Produktpalette und der anzustrebenden Grad an Gemeinsamkeiten zwischen Produkten zu berücksichtigen (MÜLLER 2000, S. 121).

Für die **Umsetzung** der Variantenstrategie ist es entscheidend, dass einzelne Produktentwicklungen in einem Multiprojektplan erfasst werden, sodass entsprechend über den Ressourceneinsatz entschieden werden kann (KARLSSON & ÅHLSTROM 1997). Die Multi-Projektplanung bzw. Portfolio-Planung (Kapitel 2.1.1) ist zudem wichtige Grundlage für die Gestaltung der Vielfalt, also bei der Gestaltung von Produktarchitekturen sowie der Koordination der Entwicklungstätigkeiten für produktübergreifende Produktbestandteile (z. B. Module) (NOBEOKA & CUSUMANO 1995).

Zudem sollte im Prozess der Strategieentwicklung nach Karlsson & Åhlström (KARLSSON & ÅHLSTROM 1997) über alle Unternehmensfunktionen hinweg ein Konsens bezüglich der strategischen Ausrichtung erreicht werden (KARLSSON & ÅHLSTROM 1997). Dafür sind Maßnahmen zur Erzielung schneller Erfolge mit langfristigen Vorhaben zu kombinieren. So erhält die Umsetzung einen lernenden Charakter (KARLSSON & ÅHLSTROM 1997). Weiterhin sollte das Handlungsprogramm nach Rathnow (RATHNOW 1993, S. 177) in Stufen festgelegt werden, um so die Planung schrittweise konkretisieren und an den sich ändernden Kontext anpassen zu können.

Dieser Abschnitt betont die Bedeutung der IST-Analyse als Grundlage für die Planung der erforderlichen Vielfalt. Im Folgenden werden beispielhaft einige Methoden für die **Analyse der internen sowie externen Vielfalt** vorgestellt.

Ziel der Analyse der externen Vielfalt ist es Erkenntnisse darüber zu erlangen wie das Produktprogramm einerseits durch Streichen von Varianten gestrafft werden kann. Andererseits sind Potenziale für neue, rentable Varianten zu ermitteln.

Es gilt zunächst die existierenden Produktvarianten bezüglich ihres Kundennutzens und ihrer strategischen Bedeutung zu hinterfragen. Nach Ehrlenspiel ist zu klären, welche der angebotenen Varianten Exoten darstellen (EHRENSPIEL et al. 2007, S. 300). Dieser Analyseschritt lässt sich durch Portfolio-Methoden⁵² unterstützen, wie durch die Gegenüberstellung der Rentabilität bestehender Produkte und deren Alleinstellungsmerkmale (sog. Unique Selling Propositions USP, vgl. DISSELKAMP 2012, S. 136 f.) in einem Portfolio. Bild 2-16 zeigt eine sog. Produktportfoliomatrix, in dem Produkte in vier Kategorien unterschieden werden, welche Hinweise

⁵² Weitere Portfoliodarstellungen zeigt z. B. MATYS 2011.

auf mögliche Handlungsalternativen geben (DISSELKAMP 2012, S. 136 f.). Disselkamp (DISSELKAMP 2012, S. 136 f.) beschreibt die Kategorien wie folgt:

Die geringe Rentabilität und starke Alleinstellung der **Questionmarks** bzw. Fragezeichen erfordern eine Entscheidung gegen das Produkt bzw. die geringe Rentabilität in Kauf zu nehmen oder sie durch geeignete Maßnahmen zu steigern (DISSELKAMP 2012, S. 136 f.).

Stars bzw. Sterne verfügen sowohl über eine hohe Rentabilität als auch über eine starke Alleinstellung. Obwohl kein akuter Handlungsbedarf besteht sollte diese Position durch Maßnahmen zur kontinuierlichen Verbesserung gesichert werden (DISSELKAMP 2012, S. 136 f.).

Cash Cows bzw. Geldkühe sind z. B. Stars, die ihre Alleinstellungsposition verloren haben. Da sie sich wenig vom Wettbewerb abheben, kann durch geeignete Maßnahmen versucht werden die Alleinstellung zu stärken. Eine Alternative besteht darin die Rentabilität dieser Produkte auszunutzen (sie zu „melken“) und bei sinkender Rentabilität auslaufenzulassen. (DISSELKAMP 2012, S. 136 f.)

Die **Poor Dogs** bzw. armen Hunde sind Produkte mit einer geringen Rentabilität und einer schwachen Alleinstellung. Bei diesen Produkten empfiehlt Disselkamp 2012 (DISSELKAMP 2012, S. 136 f.): eine Rückzugsstrategie.

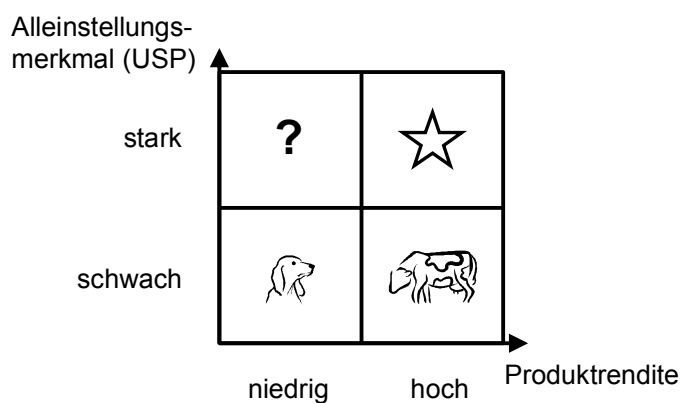


Bild 2-16: Produktportfoliomatrix nach (DISSELKAMP 2012, S. 137)

Auch ABC-Analysen können Hinweise zur Straffung des Produktprogramms liefern (EHRENSPIEL et al. 2007, S. 300): Sie können dazu dienen die Produkte mit den höchsten (häufig stellen 20% der Produkte, sog. A-Produkte, 80% der Verkaufszahlen) bzw. niedrigsten Verkaufszahlen zu identifizieren. Produkte mit sehr geringen Verkaufszahlen (C-Produkte) können möglicherweise aus dem Produktprogramm gestrichen werden, falls ihre strategische Bedeutung für das Unternehmen gering ist.

Das Bewerten der **internen Varianz** dient dazu die vorhandene Teilevielfalt bezüglich ihrer konstruktiven Umsetzung sowie der erfüllten Anforderungen und Funktionen zu erfassen. Es ist zu klären, welche Komponenten sich für einen produktübergreifenden Einsatz eignen bzw. ob sich Teilefamilien bilden lassen oder die Anzahl der unterschiedlichen Fertigungsverfahren reduzieren lässt (EHRENSPIEL et al. 2007, S. 300). Zudem ist zu prüfen, ob sich die Stufung vorhandener Baureihen vergrößern lässt (KOHLMASE 1998, S. 63).

Die interne Vielfalt lässt sich demnach anhand von Kennzahlen bewerten, wie z. B. die Anzahl der funktionalen bzw. konstruktiven Teilevarianten oder den Umfang des Produktprogrammes (z. B. EHRENSPIEL et al. 2007, S. 301). Auch anhand der Unternehmensorganisation sowie der Kundenstruktur oder der Entwicklungs- und Fertigungstiefe oder der Zahl der Lieferanten lässt sich die unternehmensinterne Vielfalt und die damit einhergehende Komplexität bewerten (z. B. EHRENSPIEL et al. 2007, S. 301).

Eine weitverbreitete Methode zur Visualisierung der bestehenden Vielfalt ist der **Variantenbaum** nach Schuh (SCHUH 1989, S. 46 ff.). Die Baugruppen und -teile eines Produktes werden im Variantenbaum hierarchisch dargestellt. Dabei lassen sich ebenfalls mögliche Teile- und Baugruppenvarianten sowie Kombinationszwänge und -verbote abbilden. Der Variantenbaum ist ein Ansatz zur Produktstrukturierung bzw. Darstellung der bestehenden Produktarchitektur und -varianz. Dieses kann auch anhand von matrix-basierten Methoden des strukturellen Komplexitätsmanagements, wie Design Structure Matrizen (DSM oder Multiple-Domain Matrizen (MDM) durchgeführt werden (vgl. Tabelle 1-2 sowie PIMMLER & EPPINGER 1994, KESPER 2012 und LINDEMANN et al. 2009). Ziel dieser Methoden ist es, neben der Visualisierung des aktuellen Standes, diesen zu hinterfragen sowie Handlungsalternativen zur Reduzierung der Vielfalt bzw. der strategischen Erweiterung des Produktprogrammes zu entwickeln. Ein weiteres Hilfsmittel hierfür stellt die Varianten-Merkmal-Matrix in Verbindung mit einer Absatzanalyse (KERSTEN 2002) dar. In der Matrix werden die Merkmale bzw. funktionserfüllenden Komponenten der vorhandenen Varianten und deren Absatzzahlen gegenübergestellt. Aus dieser Darstellung lassen sich Potenziale bezüglich einer möglichen Zusammenfassung selten verkaufter Varianten mit ihnen ähnlichen, erfolgreichen Varianten ableiten.

Auch **Wertanalysen** (SUZUE & KOHDATE 1990, S. 19 ff.), zur Kostenoptimierung bestehender Produkte, können Hinweise für die Variantenstrategie liefern. Wird eine Wertanalyse allerdings zu isoliert für einzelne Produkte angewendet, kann das dazu führen, dass die Dimensionierung nur für einzelne Produkte optimiert wird, was z. B. zu erhöhter Teile- und Produktionsprozessvielfalt führen kann (SUZUE & KOHDATE 1990, S. 19 ff.).

Gestalten von Vielfalt

Gestalten der Vielfalt steht für eine vielfaltsgerechte Gestaltung der Produktarchitektur. Diese ist im Einklang mit der Produkt- und Variantenstrategie zu entwickeln. Die Strategie gibt die Gestaltungsmöglichkeiten vor (RATHNOW 1993, S. 109). Allerdings beeinflusst die Produktarchitektur auch die Ausgestaltung der Variantenstrategie (siehe vorhergehender Abschnitt).

Ziel der vielfaltsgerechten Produktgestaltung ist eine Reduzierung der internen Teile- und Baugruppenvielfalt. Dies kann u. a. durch Standardisierung von Gestaltelementen und Werkstoffen sowie den Einsatz von Baukastensystemen erreicht werden (KOHLMASE 1998, S. 63). Weiterhin ist die Vielfalt, z. B. durch die Realisierung von Multifunktionalität bzw. Überdimensionierung zu reduzieren (ZAGEL 2006, S. 122). So lassen sich die Anforderungen unterschiedlicher Marktsegmente bzw. Kunden durch ein Produkt bzw. eine Baugruppenvariante erfüllen. Gegebenenfalls sind dafür neue Lösungen zu entwickeln, sodass bestimmte Funktionen entfallen bzw. auf kundenspezifische Lösungen verlagert werden können (ZAGEL 2006, S. 122). Die Trennung von kundenunabhängigen und kundenspezifischen Umfängen fördert die Standardisierung, in dem ein möglichst großer Umfang an Basiskomponenten (z. B. Plattform s. u.) definiert wird,

der durch kundenspezifische Baugruppen oder Module ergänzt wird. Dadurch kann der Aufwand bei der Erzeugung wie auch Produktion einer neuen Variante begrenzt werden. Weitere Herangehensweisen zur Reduzierung der Vielfalt sind die Integral- und Differenzialbauweise (SCHUH 1989, S. 60 ff.). Erstere zielt darauf ab mehrere Funktionen in einem Bauteil zu integrieren, um die Anzahl der Einzelteile zu minimieren (SCHUH 1989, S. 60 ff.). Bei der Differenzialbauweise zerlegt man Funktionsträger, um eine hohe Wiederholhäufigkeit der Einzelkomponenten zu erreichen (SCHUH 1989, S. 60 ff.). Je nach unternehmensspezifischer Situation und der Gestaltung der gesamten bzw. von unterschiedlichen Teilen der Produktarchitektur (z. B. Baukastensystem) kann einer der Ansätze mehr Potenzial bieten.

Abhängig von der Perspektive in unterschiedlichen Unternehmensbereichen ist auch die optimale Produktarchitektur unterschiedlich. Während die Produktstruktur für den Vertrieb vor allem Merkmale umfasst, die den Kunden angeboten werden können, ist für die Produktion eine fertigungsorientierte Produktarchitektur und -gestaltung erforderlich. Für die Entwicklung ist eine Produktarchitektur von Vorteil, die es ermöglicht, einzelne Funktionen unabhängig voneinander zu entwickeln. Je nach Sicht erfolgt die Produktstrukturierung z. B. funktions- oder konfigurations- bzw. montageorientiert (SCHEER et al. 2006, S. 59).

Es gilt somit bei der Produktarchitekturgestaltung sowie bei der Auswahl einer typischen Ausprägungsform der Produktarchitektur einen Kompromiss zwischen den verschiedenen Sichten im Unternehmen zu finden. Diese andersgearteten Produktstrukturierungen für unterschiedliche Phasen der Produktentstehung lassen sich z. B. anhand einer Art Baumstruktur visualisieren (BLEES 2011, S. 101). Eine geeignete Produktarchitektur ermöglicht die Optimierung der Integration von Zulieferern bzw. Dienstleistern in die Produktentstehung (KÖHLHASE 1998, S. 63), um z. B. Kapazitäten innerhalb des Unternehmens freizumachen⁵³. Darüber hinaus fördert eine geeignete, z. B. modulare Architektur die Verankerung des Variantenmanagements im Unternehmen. Sie unterstützt die Umsetzung flexibler Auftragsabwicklungsprozesse (KÖHLHASE 1998, S. 63). So ergibt sich bspw. eine Verkürzung der Montagezeiten durch den Einsatz modularer Produktstrukturen, da Module getrennt voneinander und ggf. parallel vormontiert werden können. Die Endmontage nimmt somit weniger Zeit in Anspruch. Die **Auswahl der Produktstruktur** muss demnach anhand der Variantenmerkmale der unterschiedlichen Sichten erfolgen, sodass sich daraus eine situationspezifische Produktstruktur ableiten und unterschiedliche Strukturtypen auswählen lassen (SCHUH 1989, S. 67).

Nicht nur die Gestaltung der Produktarchitektur, sondern auch die Gestaltung einzelner Komponenten hat einen Einfluss auf die Beherrschung der Vielfalt in nachgelagerten Prozessen. Es ist beispielsweise vorteilhaft Symmetrien⁵⁴ für eine Erleichterung der Montage zu nutzen (KÖHLHASE 1997, S. 63). Die Standardisierung von Gestaltelementen, wie z. B. Schnittstellen

⁵³ Z. B. besteht die Möglichkeit Baugruppen, welche als Varianzträger fungieren, an Zulieferer zu vergeben (FRANKE 1998). Die Optimierung der Fertigungstiefe bietet weiterhin das Potenzial den Logistikaufwand durch Baugruppen mit hoher Teileanzahl zu senken (SCHUH 1989, S. 60 ff.).

⁵⁴ ZAGEL 2006, S. 122: Nutzung von Symmetrien zur Vermeidung von Links- / Rechtslösungen).

(ZAGEL 2006, S. 122), ermöglicht u. a. die entkoppelte Entwicklung einzelner Module und vereinfacht Montagevorgänge. Um eine möglichst geringe Vielfalt der Fertigungsverfahren sowie eine geringe Komplexität der unternehmensinternen Logistik zu erreichen, sollten die Produktstruktur aber auch einzelne Komponenten so gestaltet sein, dass Varianten erst zu einem möglichst späten Zeitpunkt entstehen (EHRENSPIEL et al. 2007, S. 304, RATHNOW 1993, S. 157). Dadurch werden z. B. Transportvorgänge sowie Rüst- und Einstellvorgänge minimiert.

Im Folgenden werden unterschiedliche **Strukturtypen** zur Produktarchitekturgestaltung beschrieben.

Standardisierung

Standardisierung entspricht der Integration von Funktionen in eine Baugruppe bzw. in ein Bauteil (z. B. im Sinne von Gleich- und Wiederholteilen), sodass die Teile- und Variantenvielfalt reduziert werden (vgl. SCHUH 1989, S. 60 ff.). Nach Suzue & Kohdate (SUZUE & KOHDATE 1990, S. 17 ff.) ist Standardisierung der Prozess des Setzens sowie Anwendens und des Managements zur Implementierung von Standards. Standards stellen Regeln dar, die z. B. in Form von Modellen oder Beispielen dokumentiert sind (SUZUE & KOHDATE 1990, S. 17 f.). Sie geben vor wie, z. B. anhand welcher Methoden oder unter welchen Bedingungen, die Standards anzuwenden sind (SUZUE & KOHDATE 1990, S. 17 f.).

Standards erleichtern die Wiederverwendung bestehender Lösungen in der Entwicklung (z. B. Module, Funktionen) bzw. das Management von Zulieferkooperationen (z. B. Wiederverwenden von Spezifikationen) und können so die Verkürzung von Durchlaufzeiten sowie Kosteneinsparungen begünstigen (SUZUE & KOHDATE 1990, S. 17 f.). Es ist wichtig, dass Standards ständig hinterfragt und weiterentwickelt werden⁵⁵, sodass langfristig die Innovationskraft und Flexibilität des Unternehmens nicht beeinträchtigt werden (SUZUE & KOHDATE 1990, S. 18).

Baureihe

Nach Pahl und Beitz sind Baureihen „technische Gebilde (Maschinen, Baugruppen oder Einzelteile), die dieselbe Funktion mit der gleichen Lösung, in mehreren Größenstufen, bei möglichst gleicher Fertigung in einem weiten Anwendungsbereich erfüllen.“ (PAHL et al. 2005, S. 600). Bei der Entwicklung einer Baureihe geht man von einem Grundentwurf aus und leitet daraus nach bestimmten Regeln (z. B. eine Größenstufung nach einer geometrischen Reihe) Folgeentwürfe ab (PAHL et al. 2005, S. 600 f.).

Baukasten

Unter einem Baukasten wird „eine Sammlung von Bausteinen [verstanden,] aus denen sich durch verschiedene Auswahl und Anordnung viele verschiedene Gebilde kombinieren lassen“ (BOROWSKI 1961, S. 7).

Ein Baukastensystem besteht aus standardisierten Bausteinen (JESCHKE 1997, S. 27). Diese können einzelne Bauteile oder -gruppen sein (JESCHKE 1997, S. 27). Solche Baugruppen können wiederum aus einem Baukasten zusammengesetzt sein (ebd.). Zudem können Bausteine als

⁵⁵ Es sind Verantwortlichkeiten für die Standards zu definieren (SUZUE & KOHDATE 1990, S.17f.).

Baureihen gestaltet sein, sodass sie in unterschiedlichen Größenstufungen zur Verfügung stehen (JESCHKE 1997, S. 27).

Diese Bauweise erfordert eine systematische Planung und Standardisierung aller Bausteine sowie deren Schnittstellen, sodass sich die Baukastenelemente zu sinnvollen Produkten kombinieren lassen (JESCHKE 1997, S. 27).

Modul

Während Pahl & Beitz (PAHL et al. 2005, S. 634) die Begriffe Baukasten und modulare Produkte synonym verwenden, stellen modulare Produkte nach Renner (RENNER 2007, S. 69) eine Sonderform von Baukastensystemen dar. Der Unterschied zwischen Baukastenelementen und Modulen liegt darin, dass Module getrennt voneinander entwickelt sowie montiert und getestet werden können. Modularisierung bedeutet also, dass ein Produkt in substituierfähige, austauschbare Module unterteilt wird, wobei die Module abgrenzbare und einbaufertige Einheiten darstellen (RENNER 2007, S. 69).

In der Literatur werden unterschiedliche Arten von Modulen anhand ihrer Modularität charakterisiert. Nach Baldwin & Clark ist Modularität einerseits durch die hohe Anzahl der Abhängigkeiten innerhalb und geringe Anzahl an Abhängigkeiten außerhalb eines Moduls charakterisiert (BALDWIN & CLARK 2000, S. 63). Zudem kann die Modularität zur Abstrahierung sowie Schnittstellenbeschreibung dienen (BALDWIN & CLARK 2000, S. 63). Otto und Wood (OTTO & WOOD 2001, S. 364 ff.) unterscheiden zwischen funktionsbasierter Modularität und produktionsbasierter Modularität (Bild 2-17). Funktionsbasierte Modularität steht für die Typen der Slot-, Bus-, sektionalen und Mixmodularität (vgl. ULRICH & TUNG 1991, PINE 1993, S. 200 ff.).

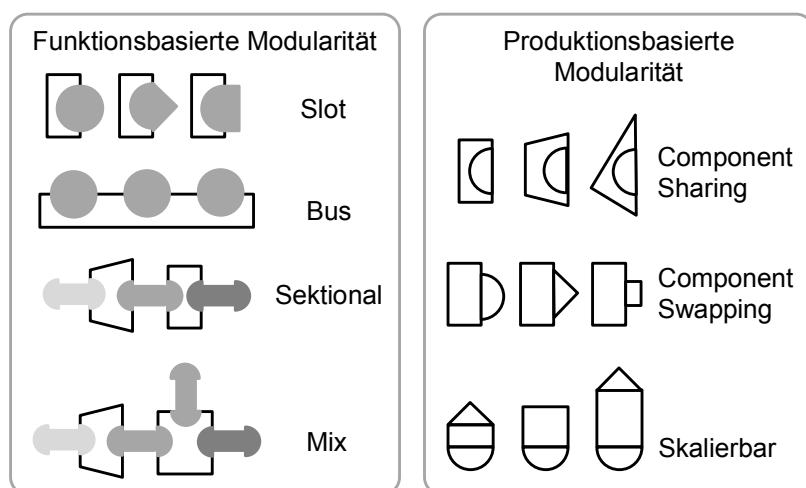


Bild 2-17: Arten von Modularität (nach PINE 1993, S. 201, ULRICH & TUNG 1991, OTTO & WOOD 2001, S. 364 ff.)

Im Fall der Slot-Modularität sind die Schnittstellen einzelner Module zu einer Basiskomponente verschiedenartig gestaltet und ein Austausch der Module ist nicht möglich, während bei der Bus-Modularität alle Module mit einer standardisierten Schnittstelle auf einer Basiskomponente aufsetzen (ähnlich wie bei einer Steuerung über ein Bus-Kabel) (ULRICH 1995). Bei der sektionalen Modularität sind die Schnittstellen ebenfalls identisch, allerdings werden einzelne

Module aneinander montiert; es existiert keine Basiskomponente (ULRICH 1995). Die Mixmodularität stellt eine Mischform der drei Typen dar.

Im Sinne der produktionsbasierten Modularität (OTTO & WOOD 2001, S. 366 f.) lassen sich zudem skalierbare Module sowie Module, welche produktübergreifend zum Einsatz kommen („component sharing“, PINE 1993, S. 200 ff.) unterscheiden. Hierzu zählt auch die „components swapping modularity“ (PINE 1993, S. 200 ff.), die besagt, dass ausgehend von einem Basisprodukt durch das Tauschen von Modulen neue Varianten erzeugt werden können.

Junge unterscheidet zwischen vier Arten der Modularisierung mit steigendem Freiheitsgrad (JUNGE 2005, S. 18). Zum einen spricht er von der generischen Modularisierung, bei der immer die gleiche Anzahl an Modulen für die Konfiguration eines Produktes vorzusehen ist (JUNGE 2005, S. 18). Zum anderen nennt er die quantitative Modularisierung bei der unterschiedlich viele Module pro Produkt zum Einsatz kommen sowie die individuelle Modularisierung, die zusätzlich kundenindividuelle Module verwendet (JUNGE 2005, S. 18). Die vierte Art besteht in der freien Modularisierung bei der Module frei kombiniert werden (JUNGE 2005, S. 18). Während die anderen Arten ein gemeinsames Basisprodukt nutzen (siehe auch Bus-Modularität), kommt hier keines zum Einsatz (JUNGE 2005, S. 18).

Mit Hilfe einer modularen Produktarchitektur lassen sich modulare Produktfamilien aufbauen. Durch die Kombination unterschiedlicher Modultypen lassen sich die einzelnen Produkte der Familie konfigurieren. Junge (JUNGE 2005, S. 20) unterscheidet zwischen Muss-Modulen, welche in jedem Produkt Verwendung finden und Kann-Modulen, welche je nach Anforderungen eingesetzt werden. Darüber hinaus beschreibt er Module mit nur einer verfügbaren Variante sowie Module mit mehreren verfügbaren Varianten. Einzelne Module bilden dabei feste Standards, allerdings stehen auch bestimmte Standardoptionen zur Auswahl (JUNGE 2005, S. 20). Die Produktfamilie lässt sich zudem durch individuelle Optionen ergänzen (JUNGE 2005, S. 20, vgl. auch PILLER 2006, S. 231).

Der Vorteil modularer Produktstrukturen liegt in ihrem Potenzial sowohl Entwicklungsaufwand als auch Durchlaufzeiten oder Gemeinkosten zu senken und es erlauben wertschöpfenden Tätigkeiten mehr Zeit widmen zu können (HOFER 2001, S. 105). Nachteilig ist nach Rathnow (RATHNOW 1993, S. 109 ff.), dass Modularisierung tendenziell zu einer Überdimensionierung führt, da die Anforderungserfüllung für mehrere Produkte gewährleistet sein muss. Dies gilt analog für Baukastensysteme.

Plattform

Nach Meyer & Lehnerd (MEYER & LEHNERD 1997, S. 7) ist eine Plattform ein Satz von Subsystemen und Schnittstellen, welche eine gemeinsame Struktur und somit eine Grundlage für die Ableitung von Produkten bilden. Plattformen entsprechen definierten Baugruppen oder Kernmodulen, die in unterschiedlichen Produkten zum Einsatz kommen (MÜLLER 2000, S. 5). Der Plattformbegriff wird zudem für Standardprodukte bzw. Produktkonzepte oder standardisierte Gestaltelemente verwendet (MÜLLER 2000, S. 5). Modulare Produkte verfügen häufig über eine gemeinsame Plattform (OTTO & WOOD 2001, S. 308, vgl. Bus-Modul bzw. gemeinsames Basis- oder Muss-Modul).

Der Vorteil von Plattformen ist, dass sie die Entkopplung von Produkt- und Plattformentwicklung ermöglichen. Die Produktentwicklung kann auf die Plattform aufbauen, dadurch werden

weniger Ressourcen gebunden und in der Folge effizientere Prozesse erreicht (HOFER 2001, S. 9). Plattformen werden unter anderem dann eingesetzt, wenn sie einen wesentlichen Bestandteil einer Produktgeneration bilden oder unternehmensübergreifende Zusammenarbeit ermöglichen (MÜLLER 2000, S. 30, vgl. Plattformkooperationen in der Automobilindustrie). Durch den hohen Wiederverwendungsgrad von Plattformen amortisieren sich der hohe Initialaufwand, der für ihre produktübergreifende Entwicklung erforderlich ist sowie die Investition in die Umsetzung neuer Technologien (MÜLLER 2000, S. 30).

Paket

Eine weitere Art der Produktarchitekturgestaltung besteht in der Zusammenfassung bestimmter Ausstattungsvarianten. Sie wird als Paket bzw. Bundling bezeichnet (SCHUH 1989, S. 58, bzw. ZAGEL 2006, S. 122).

Methoden zur Produktarchitekturgestaltung

Es existiert eine Vielzahl an Methoden zur Produktarchitekturgestaltung, wie z. B. Ansätze zur Modularisierung. Beispielhaft werden einige Ansätze genannt (s. a. Anhang 1.1).

Die Analyseergebnisse aus der Untersuchung der bestehenden Produktarchitektur mit matrixbasierten Methoden aus dem Bereich des strukturellen Komplexitätsmanagements können für die Optimierung der Produktarchitektur genutzt werden. So können mit Hilfe von Clusteranalysen (Kapitel) in Design Structure Matrizen (DSM oder Multiple-Domain Matrizen (MDM)) mögliche Module bzw. Plattformen sowie potenzielle Gleich- / Wiederholteile identifiziert werden (vgl. PIMMLER & EPPINGER 1994, KESPER 2012, LINDEMANN et al. 2009, SCHUH & ARNOSCHT 2007, GERSHENSON et al. 2003).



Bild 2-18: Modulare Produktentwicklung (nach GÖPFERT 1999)

Das Vorgehen zur Modularisierung bei der Entwicklung eines Neuproduktes erfolgt z. B. bei der modularen Produktentwicklung nach Göpfert (GÖPFERT 1999) wie folgt (Bild 2-18): Zunächst werden das Produkt und die bestehenden Freiheitsgrade zur Ableitung von Produktvarianten definiert. Im nächsten Schritt werden technische Gestaltungsalternativen gebildet. Dies umfasst eine Funktionsanalyse und die Ermittlung der Baustuktur sowie die Definition von Modulen. Diese Gestaltungsalternativen werden bewertet. In Abhängigkeit der Faktoren welche Varianztreiber darstellen sowie deren strategischer und wirtschaftlicher Bedeutung wird eine Auswahl getroffen. Die Gestaltungsalternativen werden zu Gruppen zusammengefasst, welche den organisatorischen Anforderungen des Unternehmens genügen (z. B. entkoppelte Vormontage ermöglichen). (GÖPFERT 1999)

Ausgehend von einem Funktionsmodell (vgl. PAHL et al. 2005, S. 640, DAHMUS et al. 2001, LINDEMANN 2009), welches die für die Umsetzung der Hauptfunktion eines Produktes erforderlichen internen Funktionen abbildet, können wie beschrieben standardisierte Baugruppen bzw. Module definiert werden (EHRENSPIEL & MEERKAMM 2013). Eine solche funktionsorientierte Vorgehensweise präsentieren z. B. Otto und Wood (OTTO & WOOD 2001, S. 370 ff.). Die Autoren wenden neben Clusteranalysen (Kapitel 3.3) Heuristiken an, um Gruppen an Funktionen zu identifizieren, welche sich in einer Baugruppe zusammengefasst umsetzen lassen (STONE et al. 2000, OTTO & WOOD 2001, S. 370 ff.). Die Heuristiken unterscheiden zwischen drei unterschiedlichen Flüssen im Funktionsmodell (OTTO & WOOD 2001, S. 370 ff.). Ein Fluss ist eine Kette an Funktionen, wobei die erste Funktion erforderlich ist, um die zweite zu erfüllen und die zweite, um die dritte zu ermöglichen etc. Es wird zwischen dem dominanten Fluss sowie verzweigenden und transformierenden bzw. übertragenden Flüssen unterschieden (OTTO & WOOD 2001, S. 370 ff.).

Beispielsweise schlagen Holttä & Otto (HÖLTTÄ & OTTO 2005) ein Modularisierungsvorgehen vor, bei dem aus einem Funktionsmodell eine DSM für die Modularisierung von Produkten abgeleitet wird. Die Schnittstellen der so identifizierten vorläufigen Module werden im Anschluss dahingehend bewertet, welcher Änderungsaufwand bei einer Änderung der Architektur bzw. beim Austausch von Modulen entstehen würde. So lassen sich kritische Schnittstellen identifizieren, bzw. deren Standardisierungs- und Optimierungsbedarf ermitteln. Im letzten Schritt erfolgt die endgültige Definition der Modulgrenzen.

Weitere Modularisierungsmethoden sind z. B. bei Blees (BLEES 2011, S. 28 ff.), Gershenson et al. (GERSHENSON et al. 2003 und GERSHENSON et al. 2004) oder Hölttä-Otto & Salonen (HÖLTTÄ & SALONEN 2003) aufgeführt. Guo & Gershenson (GUO & GERSHENSON 2004) vergleichen Methoden, welche unterschiedliche Herangehensweisen repräsentieren, hinsichtlich ihrer Ergebnisqualität. Fujita (FUJITA 2006) zeigt Möglichkeiten zur Optimierung der Vielfalt für modulare Produkte auf.

Ähnlich wie bei Göpfert gestaltet sich das Vorgehen zur Plattformentwicklung („Composite Design“) nach Meyer & Lehnerd (MEYER & LEHNERD 1997, S. 82 ff.), wobei hier auf einer IST-Analyse der bestehenden Produkte aufgebaut wird. Das Vorgehen beginnt mit einer umfassenden Anforderungsermittlung, insbesondere den Kostenanforderungen für die Plattformen und Module. Im nächsten Schritt werden vorhandene Lösungen und Wettbewerberlösungen klassifiziert und analysiert. Dafür wird ihre Produktarchitektur in Subsysteme und Schnittstellen heruntergebrochen. Darauf aufbauend ist die Plattformstrategie zu entwickeln, also zu entscheiden, bei welchen Subsystemen das eigene Unternehmen die Führerschaft bezüglich Kosten und Funktion übernehmen soll. Diese Subsysteme gilt es dementsprechend zu optimieren. Im nächsten Schritt sind die Subsysteme zum „Composite Design“ zusammenzuführen, wobei Freiheitsgrade für die Ableitung von Produktvarianten zu definieren sind. In mehreren Iterationen ist eine funktionale sowie Kostenanalyse durchzuführen und die Gesamtlösung zu optimieren, wo bei nachgelagerte Prozesse, wie die Produktion für die Kostenoptimierung zu integrieren sind. (MEYER & LEHNERD 1997, S. 82 ff.)

Die Ergebnisqualität der Produktarchitekturgestaltung (z. B. Modularisierung oder Plattformen) lässt sich anhand von Kennzahlen bewerten (vgl. z. B. GERSHENSON et al. 2004, HÖLTTÄ-OTTO et al. 2012, FIXSON 2005). Es existiert eine hohe Anzahl an solchen Kennzahlen, denen

gemeinsam ist, dass sie den Grad der Entkopplung einer Baugruppe untersuchen. Ist eine Baugruppe (ggf. ein Bauteil) entkoppelt, lässt sie (bzw. es) sich einfach standardisieren bzw. unabhängig vom Rest eines Produktes entwickeln und produzieren. Dies ist letztlich für alle Strukturtypen relevant. Um den Grad der Entkopplung zu ermitteln werden im Allgemeinen die Anzahl der Abhängigkeiten bzw. Relationen zwischen den Elementen innerhalb einer Baugruppe mit den Abhängigkeiten außerhalb der Baugruppe ins Verhältnis gesetzt. Dabei kann der Menge der internen Relationen, neben der Anzahl der Abhängigkeiten der Baugruppe mit anderen Baugruppen, auch die Anzahl aller Abhängigkeiten im Gesamtprodukt gegenübergestellt werden. Eine Alternative zur Bewertung der Produktarchitektur anhand von Kennzahlen stellt z. B. die Checkliste nach Mortensen & Harlou (MORTENSEN & HARLOU 2005, S. 325) dar, welche in Tabelle 2-12 dargestellt ist.

Tabelle 2-12: Checkliste zur Modularisierungsbewertung (MORTENSEN & HARLOU 2005, S. 325)

Kriterium		
		0 = nicht eingeführt / formalisiert 1 = teilweise eingeführt / formalisiert 2 = voll eingeführt / formalisiert
Referenzarchitektur	Existiert eine Referenzarchitektur für das Produktsortiment?	
Schnittstellendokumentation	Sind die Schnittstellen klar definiert?	
	Sind die Schnittstellen dokumentiert?	
Konstruktionsdokumentation	Was ist die Funktionalität?	
	Wie wird sie realisiert?	
Richtlinien für Modul-Implementierung	Wie werden sie implementiert?	
	Was kann verändert werden?	
Roadmaps	Was wird sich in Zukunft verändern?	
	Wann sind die Veränderungen geplant?	
Verantwortlichkeit	Wer hat die Verantwortung?	
Verfahren für Dokumentation	Existieren Verfahren für die Dokumentation von Modulen und Plattformen?	
Wiederverwendung	Gibt es Hinweise auf Wiederverwendung?	
	Wurden die gewünschten Effekte erzielt?	
Controlling System	Existiert ein Prozess zur Evaluierung der Performance?	
		Summe

Wie schon zur Planung liefert eine **Wertanalyse** auch Mehrwert zur Gestaltung der Vielfalt. Allerdings sollte bei einer Wertanalyse darauf geachtet werden, dass sie nicht isoliert für einzelne Produkte erfolgt, sondern sichergestellt wird, dass durch die Verbesserung der Dimensionierung die Varianz u. a. der Komponenten, nicht unnötig stark erhöht wird (SUZUE & KOHDATE 1990, S. 19 ff.).

Beherrschen von Vielfalt

Um mit der Variantenvielfalt langfristig erfolgreich umgehen zu können, ist es erforderlich, Vorgehensweisen und Regelungen sowohl zur Planung, als auch zur Gestaltung der Vielfalt im Unternehmen zu verankern (EHRENSPIEL et al. 2007, S. 308 ff.). „Dauerhaft wirksames Vielfaltsmanagement ist [...] ein permanenter Prozess.“ (KERSTEN 2000, S. 217). Da Silveira (DA SILVEIRA 1998) beschreiben Variantenmanagement als die Ermittlung der Abweichung zwischen der strategischen Flexibilität eines Unternehmens und der operativen Flexibilität sowie das Vermindern bzw. Ausräumen der Abweichung durch geeignete Methoden.

Wie bereits aufgezeigt, sind die einzelnen Hebel des Variantenmanagements nicht unabhängig voneinander zu betrachten (RATHNOW 1993, S. 162). Durch die erhöhte Komplexität gilt es nach Prasad (PRASAD 1998) die Problemstellung und Prozessschritte in beherrschbare Einheiten herunter zu brechen, um so u. a. eine Parallelisierung von Entwicklungstätigkeiten zu ermöglichen. Je stärker diese Untergliederung ist, desto höher ist der Koordinations- und Kommunikationsaufwand (PRASAD 1998). Es gilt deshalb die für das Unternehmen geeignete Granularität (vgl. PRASAD 1998, z. B. Modularität von Produkt und Prozess) zu definieren.

Für die Verankerung des Variantenmanagements ist es somit unabdingbar, die Geschäftsprozesse sowie Organisationsform und Infrastruktur an die Variantenstrategie und Produktarchitekturen anzugleichen (RATHNOW 1993, S. 162) und eine geeignete Unternehmenskultur zu schaffen (vgl. BOAS 2008, S. 214). Dies gilt nicht nur für die Produktion sondern auch für die indirekten Bereiche. Bei der Definition der Variantenstrategie ist die Ressourcenverfügbarkeit eines Unternehmens zu berücksichtigen, da Unternehmen abhängig von den ihnen verfügbaren Ressourcen nur eine bestimmte Anzahl an Projekten erfolgreich bewältigen können (YU et al. 2010).

Schuh (SCHUH 1994) beschreibt die Verankerung des Variantenmanagements als Kombination von operativem und strategischem Komplexitätsmanagement für das Produkt und den Prozess: Das strategische Komplexitätsmanagement bezieht sich zum einen auf die Gestaltung und Quantifizierung der Geschäftsprozesse, zum anderen auf die Gestaltung des Produktprogrammes und die Variantenstrategie (SCHUH 1994). Das operative Komplexitätsmanagement baut mit der Prozesskostenanalyse darauf auf und ermöglicht so eine kostenorientierte, vielfaltsgerechte Produktgestaltung (SCHUH 1994). Ähnlich ist das Complexity Management Model nach Marti (MARTI 2007) ausgerichtet, anhand dessen zunächst die Strategie in Abhängigkeit vom Produktlebenszyklus definiert und die Produktarchitektur und -funktionalität dahingehend untersucht werden, wie Komplexität der Architektur zu vermindern und Funktionalität zu erhöhen ist (MARTI 2007, S. 150 f.).

Ein wichtiger Erfolgsfaktor für das Variantenmanagement ist Führung (KERSTEN 2002, S. 85). Somit ist es in das Managementsystem eines Unternehmens einzubinden (KERSTEN 2000, S. 217 ff., Schuh & Speth 1998 S. 161). So können Bottom-up in einzelnen Abteilungen angestoßene Maßnahmen durch die obere Führungsebene top-down koordiniert und auf einander abgestimmt werden (SCHUH & SPETH 1998, S. 161). Damit lassen sich rein lokale und wenig nachhaltige Optimierungen vermeiden (SCHUH & SPETH 1998, 1998 S. 161).

Es gilt Transparenz zu schaffen und aufrechtzuerhalten: einerseits bezüglich der tatsächlichen Variantenkosten und andererseits bezüglich der vorhandenen und angestrebten Varianz (EHRLENSPIEL et al. 2007, S. 291 ff.). Die Wirtschaftlichkeit einzelner Varianten ist methodisch zu bewerten (GROTKAMP 2010, S.67 ff.). Nach Bohne (BOHNE 1998, S. 35) gilt es weiterhin sicherzustellen, dass das Vielfaltskostenmanagement als dauerhafter und umfassender Prozess etabliert wird sowie Entscheidungen im Entwicklungsablauf dokumentiert und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Kosten und Zielerreichung bewertet werden. Die Transparenz ermöglicht das Entstehen eines Bewusstseins für die Auswirkungen der Vielfalt und erleichtert die Verankerung des Variantenmanagements im Unternehmen (RATHNOW 1993, S. 202).

Die Sensibilisierung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Bezug auf die Auswirkungen von Vielfalt ist entscheidend, da es Entwicklerinnen und Entwickler, gegenüber der Änderung von

Standardvarianten, häufig vorziehen technisch interessante Lösungen zu erarbeiten (RATHNOW 1993, S. 181). Es gilt die Leistungsbereitschaft durch Motivation auf der psychischen Ebene, z. B. durch Prämiensysteme, zu sichern bzw. zu steigern (RATHNOW 1993, S. 142). Dafür können Personalentwicklungsmaßnahmen eingesetzt werden (RATHNOW 1993, S. 142).

Nach Rathnow (RATHNOW 1993, S. 145) lassen sich Maßnahmen zur Förderung der Mitarbeiterkompetenzen in Abhängigkeit von Kosten und Nutzen (Vermeidung von Komplexität und Beherrschung der Vielfalt) priorisieren. Dabei ist die Schulung / Schaffung von Bewusstsein für das Thema Vielfalt und Variantenmanagement im Bereich Entwicklung und Vertrieb am höchsten zu priorisieren.

Die Institutionalisierung des Variantenmanagements sollte durch seine organisatorische Verankerung der Aufgaben in den Geschäftsprozessen erfolgen (RATHNOW 1993, S. 202 ff.). Dazu existieren einige Veröffentlichungen. Unter Anderem betont Renner (RENNER 2007) die Notwendigkeit der Integration des von ihm entwickelten funktionsorientierten Baukastenentwicklungsprozesses in die vorhandenen Geschäftsprozesse. Gleiches gilt für den Produktarchitekturentwicklungsprozess (PAEP) nach Schuh et al. (SCHUH et al. 2012a), welcher neben der reinen Produktgestaltung auch die Planung des Produktprogramms sowie Roadmaps zur Entwicklung einzelner Module umfasst. Geeignete Freigabeprozesse für Standardlösungen sollten zudem eine schleichende Generierung unnötiger Vielfalt eindämmen (GROTKAMP 2010, S. 27). Dies wird zudem durch die Definition klarer Verantwortlichkeiten unterstützt, wie z. B. durch Festlegen von Verantwortlichen („Ownern“) für bestimmte Varianten, Baugruppen o. ä. (BOAS 2008, S. 211 f.).

Es sollte in die frühen Phasen der Produktentwicklung investiert werden („Front Loading“), um die Auswirkungen der Planung und Gestaltung der Vielfalt umfassend untersuchen und bewerten zu können (MORTENSEN & HARLOU 2005, S. 320, vgl. Integration der Variantenplanung in den Entwicklungsprozess nach SCHUH et al. 2003, vgl. BOAS 2008, S. 212 f.).

Entwicklungsteams sollten interdisziplinär zusammengesetzt sein, um eine durchgängige abteilungsübergreifende Kommunikation und Zusammenarbeit zu ermöglichen (EHRENSPIEL et al. 2007, S. 294, GROTKAMP 2010, S. 27). Dies stellt eine wichtige Voraussetzung für erfolgreiche Standardisierung dar (KOHLMASE 1998, S. 61 ff.). Die Transparenz der vorhandenen Vielfalt bleibt gewahrt. Zudem sollte die räumliche Anordnung der die Entwicklungsteams optimiert werden (RATHNOW 1993, S. 159).

Eine wichtige Rolle für das Beherrschen der Variantenvielfalt spielt das **Projektportfolio- bzw. Multiprojektmanagement**. Es zielt auf eine geeignete Gestaltung der Projektvietfalt zur Sicherung der Effizienz und Effektivität sowie Position im Markt ab (vgl. Kapitel 2.1.1, COOPER et al. 2001, S. 26 ff., PMI KNOWLEDGE AND WISDOM CENTER 2005, S. 494 f., KLEINSCHMIDT et al. 2005, S. 223 und 234 ff.). Mit Hilfe des Projektportfoliomanagements kann vermieden werden, dass Projekte im Widerspruch mit der Unternehmensstrategie stehen oder Synergien zwischen Projekten ungenutzt bleiben (HILLER 2002, S. 2 f.). Dies wird durch ein kontinuierliches Hinterfragen des Produktprogrammes erreicht (RATHNOW 1993, S. 200).

Variantenkostenrechnung

Durch eine geeignete Variantenkostenrechnung soll, wie oben genannt, Transparenz über die tatsächlichen Variantenkosten schaffen (FRANKE 1998). Eine Herangehensweise für eine verursachungsgerechte Kalkulation ist die Prozesskostenrechnung.

Die Vorteile der Prozesskostenanalyse liegen in der Erhöhung der Kostentransparenz in Form einer verursachungsgerechten Produktkalkulation sowie der Unterstützung einer frühzeitigen Kostenschätzung (EHRENSPIEL et al. 2007, S. 437 ff., RATHNOW 1993, S. 52 ff.). Es stehen Kosteninformationen für eine langfristige Produkt- und Programmplanung und die Kontrolle der Wirtschaftlichkeit im indirekten Leistungsbereich zur Verfügung (POSLUSCHNY & TREUNER 2009, S. 13).

Bei der Prozesskostenrechnung werden zunächst die Hauptprozesse festgelegt und die Tätigkeitsarten und deren Umfang („Tätigkeitsmengen“) analysiert. Im nächsten Schritt werden Teilprozesse generiert und deren Prozessmenge sowie Maßgrößen ermittelt. Damit lassen sich die Teilprozesskosten bewerten und die Teilprozesskostensätze herleiten. Schließlich werden die Teilprozesse zu Hauptprozessen aggregiert sowie die Kostentreiber und Hauptprozessmenge definiert. (POSLUSCHNY & TREUNER 2009, S. 107 ff.)

Bei der ressourcenorientierten Prozesskostenrechnung erfolgt keine Aggregation zu Hauptprozessen, sondern die Ressource je Teilprozess wird als kleinste Einheit betrachtet (SCHUH 1994). Die Kostenfunktion, nach der sich die Teilprozesskosten berechnen lassen, und Verbrauchsfunktion zur Ermittlung Kostentreiber werden getrennt betrachtet (SCHUH 1994).

Eine andere Herangehensweise zur Variantenkostenbewertung stellt Heina (HEINA 1999) vor: Zunächst werden die relativen Kosten der Ausprägung eines Merkmals einer Variante berechnet (z. B. die Kosten einer bestimmten Farbe). Diese relativen Kosten entsprechen dem Verhältnis der Kosten der Variantenausprägung des Merkmals zu den Kosten der Ausprägung der Standardvariante. Im nächsten Schritt wird der relative Nutzen einer Variante berechnet. Dieser entspricht dem Verhältnis des Nutzens der Variantenausprägung zum Nutzen der Standardausprägung. Aus den beiden Größen lässt sich die sog. Variantenausprägungskennzahl (VPK) berechnen. Sie ist der Quotient aus dem relativen Nutzen und den relativen Kosten. Anhand des in Bild 2-19 dargestellten Portfolios lassen sich Handlungsalternativen für einzelne Varianten ermitteln. (HEINA 1999, S. 161)

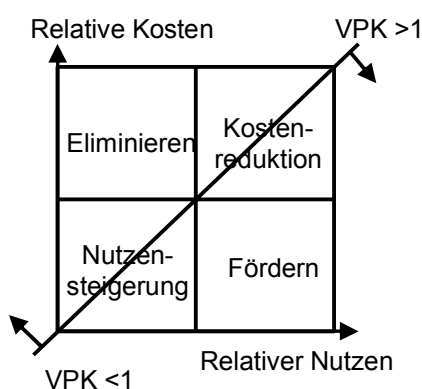


Bild 2-19: Variantenausprägungskennzahl (VPK) (nach HEINA 1999, S. 166)

Meyer & Lehnerd (MEYER & LEHNERD 1997, S. 152 ff. und S. 170) bemisst die Effizienz und Effektivität von standardisierten Umfängen wie Plattformen: Die **Effizienz einer Plattform** ergibt sich dabei aus den Entwicklungskosten einer Variante im Verhältnis zu den Plattformentwicklungskosten. Die Effektivität einer Plattform ergibt sich analog aus dem Mittelwert des

Erlöses aller Varianten und den Plattformentwicklungskosten. Darüber hinaus werden für die Bewertung der Effizienz die Durchlaufzeit der Variantenentwicklung im Verhältnis zur Plattformentwicklung sowie die Reaktionsfähigkeit und die technologische Wettbewerbsfähigkeit bewertet.

Infrastruktur

Für die Beherrschung der Vielfalt ist eine geeignete **Infrastruktur** zur Verfügung zu stellen. Die Verwendung von standardisierten Lösungen, wie z. B. Gleich- und Wiederholteilen, ist durch geeignete Informations- oder Datenmanagementsysteme zu unterstützen (GROTKAMP 2010, S. 27, EHRENSPIEL et al. 2007, S. 305 ff.). Geeignete Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme (PPS-Systeme) unterstützen weiterhin den Umgang mit der Vielfalt (PILLER 2006, S. 313 ff., KOHLHASE 1998, S. 63).

Weiterhin können Konfiguratoren eingesetzt werden, um das Entstehen unnötiger Vielfalt zu verhindern und mit der vorhandenen Vielfalt bestmöglich umgehen zu können (GROTKAMP 2010, PILLER 2006, S. 248 ff.)⁵⁶.

Man unterscheidet zwischen offenen und geschlossenen Konfiguratoren. Erstere verwenden z. B. einen Baukasten, aus dem der Kunde frei wählen kann (ZAGEL 2006, S. 9 ff.). Nicht alle Optionen sind im Vorfeld vorentwickelt, sodass ggf. eine technische Prüfung bzw. Entwicklungsleistung für die Umsetzung erforderlich sind (ZAGEL 2006, S. 9 ff.). Geschlossene Konfiguratoren umfassen vorab definierte und entwickelte Komponenten, die seitens des Vertriebs bzw. der Kunden nur neu konfiguriert werden, sodass keine erneute Entwicklungsleistung erbracht wird (PULKKINEN et al. 1999). Die Konfigurationslogik ist vollständig determiniert (ZAGEL 2006, S. 9 ff.).

Konfiguratoren ermöglichen eine Verkürzung der Durchlaufzeiten in der Auftragsabwicklung, z. B. im Vertriebsumfeld bei der Angebotserstellung (BIENIEK 2001, S. 67). Dies erfordert allerdings ein angepasstes Verkaufsverständnis im Vertrieb, um durch einen hohen Wiederverwendungsgrad auftragsbezogene Entwicklungsleistungen zu minimieren (BIENIEK 2001, S. 70). Kundenindividuelle Lösungen sind, außer bei einer hohen strategischen Bedeutung, zu vermeiden.

Je nach Anwendergruppe gilt es das Wissen über die bestehenden Varianten unterschiedlich im Konfigurator zu hinterlegen (BIENIEK 2001, S. 109). So ist das Wissen u. a. aus Kunden- bzw. Vertriebsicht anhand von Verkaufsmerkmalen oder aus der technischen Sicht der Entwicklung bzw. für die Erstellung der technischen Dokumentation zu strukturieren und diese Sichten zu verknüpfen (BIENIEK 2001, S. 117 ff.). Über Konfigurationslogiken werden Regeln für die Kombination der Merkmale bzw. Produktkomponenten vorgegeben (SCHEER et al. 2006, S. 80 ff.).

⁵⁶ Vgl. Mass Customization: Individualisierte Produkte z. B. in der Automobilindustrie, siehe Piller (PILLER 2006, S. 358 ff.)

2.3.3 Ganzheitliche Variantenmanagementansätze

In diesem Abschnitt werden ausgewählte ganzheitliche Ansätze für Variantenmanagement gegenübergestellt⁵⁷. Tabelle 2-13 zeigt, über welche Schwerpunkte diese Vorgehensweisen verfügen. Es werden die Verbesserungen im Bereich der Produktion oder in den indirekten Bereichen unterschieden, die durch die Ansätze erzielt werden sollen. Weiterhin zeigt die Tabelle Unterschiede bei der Planung der Vielfalt: Fokussiert die Methodik auf die Positionierung der Produkte und -varianten bzw. deren Kostenoptimierung oder das Schaffen eines Überblicks über die vorhandene Vielfalt.

Die Schwerpunkte zur Gestaltung der Vielfalt unterscheiden sich in der Unterstützung bei der Entwicklung von Plattform- oder modularen Produktstrukturen bzw. Baukastensystemen oder anderen. Schließlich bestehen Unterschiede bezüglich der Beherrschung der Vielfalt im Rahmen der geeigneten Gestaltung von Organisation und Prozessen sowie dem Sicherstellen von Kontinuität und nachhaltiger Verankerung. Darüber hinaus werden die Ansätze daraufhin geprüft, ob sie Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen nicht vorhandenen Aspekten des Variantenmanagements und Leistungsdefiziten in der Produktentwicklung darstellen bzw. nutzen.

Einige Ansätze legen den Schwerpunkt auf einzelne Aspekte des Variantenmanagements, wie z. B. die Planung und Gestaltung der Vielfalt in Form der Produktstrukturierung (GROTKAMP 2010, RAPP 2010, KESPER 2012) oder die Kostenbewertung (BEYER 2010, JUNGE 2005). Die Autoren zeigen Möglichkeiten zur Verankerung der Ansätze sowie zur Unterstützung eines ganzheitlichen Variantenmanagements auf. Jedoch wird nicht allen Aspekten des Variantenmanagements in gleichem Maße Beachtung geschenkt: Die Beherrschung der Vielfalt erfährt bezüglich der nachhaltigen Verankerung im Unternehmen und Integration in den Produktentwicklungsprozess wenig Aufmerksamkeit, obwohl der Bedarf für die Verankerung und Organisationsgestaltung vielfach betont wird (GÖPFERT 1999, SCHUH 2005).

Es fällt zudem auf, dass für die Entwicklung bestehender Ansätze zum Variantenmanagement keine Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen unzureichendem Variantenmanagement und Leistungsdefiziten in der Produktentwicklung systematisch untersucht wurden. Dementsprechend können diese Wirkungsbeziehungen nicht für die Ermittlung von Verbesserungsbedarf genutzt werden.

Insgesamt ist mit den vorhandenen Ansätzen eine kontinuierliche Verbesserung der Situation nur bedingt möglich. Zumeist wird eine gesamthafte Umsetzung des Variantenmanagements vorgeschlagen, die im nächsten Schritt durch eine kontinuierliche Verbesserung zu optimieren ist. Allerdings sind inkrementelle Verbesserungen insbesondere zu Beginn einer Variantenmanagementinitiative wichtig, um das Potenzial der Veränderungen aufzuzeigen. Unternehmen können nur selten auf der „grünen Wiese“ agieren (GOLDSTEIN 1999, S. 65).

⁵⁷ BAUMBERGER 2007, BLEES 2011, CAESAR 1991, ERIXON 1998, FÖRSTER 2003, GÖPFERT 1999, HEINA 1999, JUNGE 2005, KESPER 2012, KLEIN 2004, KOHLHASE 1997, LINGNAU 1994, MARTIN & ISHII 2002, PILLER 2006, RATHNOW 1993, RENNER 2007, ROY et al. 2011, SCHUH 1989, SCHUH 2005, SCHUH et al. 2013, SCHUH & SPETH 1998, SUZUE & KOHDATE 1990.

Tabelle 2-13: Gegenüberstellung ausgewählter Variantenmanagementansätze

Autor	Ansatz	Ein-		Vielfalt		Vielfalt			Vielfalt			U-W-Analyse von VM und PE	
		Produktion	Indirekte Bereiche	Positionierung	Kosten	Transparenz IST	Plattform	Modulare Struktur	Baukasten	Andere	Organisation		Prozesse
Baumberger 2007	Methoden zur kundenspezifischen Produktdefinition bei individualisierten Produkten	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Blees 2011	Methode zur Entwicklung modularer Produktfamilien	■	■	■		■		■				■	
Caesar 1991	Variant Mode and Effect Analysis (VMEA)				■	■	■		■				
Erixon 1998	Modular Function Deployment	■	■			■		■					
Förster 2003	Variantenmanagement nach Fusionen		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Göpfert 1998	Modulare Produktentwicklung		■		■	■		■		■	■		
Heina 1999	Kosten-Nutzenbewertung zur Optimierung der Variantenvielfalt	■	■	■	■				■		■	■	
Junge 2005	Controlling modularer Produktfamilien	■	■		■	■					■		
Kesper 2012	Gestaltung von Produktvariantenspektren mittels matrixbasierter Methoden			■	■	■	■		■				
Klein 2004	Product Design for Manufacture, Assembly and Service		■	■	■	■			■				
Kohlhase 1997	Strukturieren und Beurteilen von Baukastensystemen			■	■	■		■					
Lingnau 1994	Produktionsplanung im Rahmen einer Produktdifferenzierungsstrategie	■		■	■								
Martin & Ishii 2002	Design for Variety	■	■	■	■	■		■	■				
Piller 2006	Mass Customisation	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Rathnow 1993	Integriertes Variantenmanagement	■			■	■	■	■	■	■	■	■	
Renner 2007	Methodische Unterstützung funktionsorientierter Baukastenentwicklung		■	■	■	■	■		■		■		
Roy et al. 2011	Analyse der Auswirkungen vielfaltsinduzierter Komplexitätskosten	■	■		■	■							
Schuh 1989	Methode zur variantengerechten Produktgestaltung	■			■	■	■	■	■				
Schuh 2005	Komplexitätsmanagement	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Schuh et al. 2013	Lean Innovation mit Kommunalitätsmodellen		■	■	■	■		■			■		
Schuh & Speth 1995	St. Galler Management Konzept und Komplexitätsmanagement		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Suzue & Kohdate	Variety reduction program	■			■	■	■	■	■				

U-W-Analyse von VM und PE: Systematische Analyse von Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Variantenmanagement und Leistung in der Produktentwicklung

2.3.4 Erfolgsfaktoren des Variantenmanagements

In den vorhergehenden Abschnitten wurden einige Erfolgsfaktoren des Variantenmanagements vorgestellt. Diese lassen sich für die Bewertung des Variantenmanagements in einem Unternehmen nutzen. Werden Erfolgsfaktoren, welche nicht unabhängig voneinander sind (BAUER et al. 2013a), bei der Umsetzung des Variantenmanagements, wie z. B. die Verankerung der drei Herangehensweisen im Führungssystem (vgl. KERSTEN 2002, S. 217 ff.) realisiert, fördert dies die erfolgreiche Einführung des Variantenmanagements in einem Unternehmen.

So zeigt die „Mirroring Hypothesis“ bzw. „Convey’s Law“ die Übereinstimmung zwischen der Organisationsstruktur und der Produktarchitektur innerhalb eines Unternehmens (vgl. z. B. COLFER & BALDWIN 2010). Demnach lassen sich aus der Produktarchitektur Hinweise auf die Gestaltung der Produktentwicklungsprozesse ableiten.

Die Notwendigkeit der Integration des Variantenmanagements in die Geschäftsprozesse wird von vielen Autoren betont. Während einige Vorgehensweisen und Prozesse für die Entwicklung standardisierter Umfänge vorgestellt werden (z. B. RENNER 2007, SCHUH et al. 2012b, GROTKAMP 2010, MEYER & LEHNERD 1997, S. 234 ff.), existiert eine begrenzte Anzahl an Arbeiten, welche explizit aufzeigen wie die Standardentwicklungsprozesse und reguläre Produktentwicklungsprozesse zu integrieren sind. Häufig konzentrieren sich die Autoren auf die Ausrichtung der Entwicklungsorganisation auf eine modulare Produktarchitektur (z. B. GÖPFERT 1999, S. 197, SOSA et al. 2004, YASSINE & WISSMANN 2007, BAUER et al. 2013b, NUFFORT 2001, S. 185 ff.). Nur einzelne Forschungsvorhaben fokussieren sich dabei auf eine Multi-Projektumgebung, also parallel, in unterschiedlichen Projekten, ausgeführten Prozessen (YASSINE & BROWNING 2002).

Trotz der intensiven Beschäftigung mit den Erfolgsfaktoren des Variantenmanagements⁵⁸ und der Darstellung dessen positiver Einflüsse auf Entwicklungszeit und -kosten, erfolgte bisher keine detaillierte empirische Untersuchung der Auswirkungen einzelner Aspekte des Variantenmanagements auf die Leistung in der Produktentwicklung. Zumeist wird die Wirkung modularer bzw. von Plattformstrukturen auf den Unternehmenserfolg untersucht, um die Vorteile (und Nachteile) dieser Strukturen aufzuzeigen (z. B. MEYER & LEHNERD 1997, S. 126, COLFER & BALDWIN 2010, SOSA et al. 2004, GOKPINAR et al. 2010, GÖPFERT & STEINBRECHER 2000, S. 23 ff., RAPP 2010, S. 96, YASSINE & WISSMANN 2007)⁵⁹. Die in Tabelle 2-10 dargestellten Risiken, also Wirkungen, der Variantenvielfalt werden nicht explizit Erfolgsfaktoren bzw. Handlungsweisen des Variantenmanagements gegenüber gestellt.

⁵⁸ Siehe z. B. die literaturbasierte Gegenüberstellung von begünstigenden und limitierenden Erfolgsfaktoren für Plattformentwicklung bei Bauer et al. (BAUER et al. 2013a)

⁵⁹ Siehe auch BAUER et al. 2013b, GERSHENSON et al. 2003, GOKPINAR et al. 2010, JOHNSON & KIRCHAIN 2011, KVIST 2010, LAU 2009, PASCHE et al. 2011, SANCHEZ & MAHONEY 2012, SOSA et al. 2004, YASSINE & WISSMANN 2007.

Im Forschungsumfeld des Variantenmanagements ist somit keine Darstellung der Zusammenhänge zwischen der Leistung der Produktentwicklung und den Erfolgsfaktoren des Variantenmanagements verfügbar. So lassen sich die Erfolgsfaktoren, wie sie in Anhang 7.4.2 zusammengeführt sind, zwar als Checkliste nutzen, bis jetzt fehlen allerdings Ansätze und methodische Unterstützung, diese Erfolgsfaktoren als Ansatzpunkt für die Verbesserung der Situation in einem Unternehmen zu nutzen.

Anhang 7.4.2 enthält eine detaillierte Aufschlüsselung der Erfolgsfaktoren für Variantenmanagement. Zudem werden diese in Kapitel 2.4 mit den Erfolgsfaktoren aus dem Bereich der Produktentwicklung und den Lean Prinzipien zusammengefasst. **Erfolgsfaktoren für Variantenmanagement** lassen sich wie folgt gruppieren:

- Strategiedefinition
- Multi-Projektmanagement bzw. Portfoliomanagement
- Prozessgestaltung
- Organisationsstruktur
- Teamgestaltung
- Kommunikation
- Kopplung von Organisationsstruktur und Produktarchitektur
- Produktarchitektur
- Führung
- Personalentwicklung
- Unternehmenskultur
- Infrastruktur

2.3.5 Zusammenfassung und Herausforderungen

Eine hohe Produkt- und Variantenvielfalt bringt eine hohe Komplexität mit sich. Diese äußert sich darin, dass die bestehende Vielfalt kaum überblickt und die tatsächlichen Kosten einer Variante nicht ermittelt werden können (Kapitel 2.3.1). In der Folge besteht die Gefahr, dass sich die Variantenvielfalt schleichend erhöht und die Entscheidungsfindung für zusätzliche Varianten auf einer unzureichenden Datengrundlage erfolgt. Die Erhöhung der Vielfalt wirkt sich in allen Unternehmensbereichen durch erhöhten Aufwand und erhöhte Kosten aus (Kapitel 2.3.1). Dadurch ist es erforderlich, mit der Vielfalt im Rahmen eines nachhaltigen Variantenmanagements umzugehen. Dieses umfasst die Planung der Vielfalt, die Definition einer markt- bzw. kundenorientierten Variantenstrategie sowie die Gestaltung der Vielfalt, Umsetzung einer vielfaltsorientierten Produktarchitektur, und der Beherrschung der Vielfalt durch geeignete Verankerung in den Prozessen und Unterstützung durch Infrastruktur.

Zwar nennen die Autoren fehlendes Variantenmanagement und die dadurch entstehende Komplexität der Produkt- und Variantenvielfalt als Ursache für lange Durchlaufzeiten in der Entwicklung sowie höhere Entwicklungskosten. Allerdings wird nicht aufgezeigt welche Ausprägungen diese Leistungsdefizite im Detail haben bzw. in welchem Aspekt des Variantenmanagements deren Ursachen liegen:

Ganzheitliche Variantenmanagementansätze fokussieren einen ganzheitlichen Wandel hin zur nachhaltigen Beherrschung der Vielfalt. Sie unterstützen die kontinuierliche, schrittweise Verbesserung der Situation nicht auf Basis von Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen dem Va-

Variantenmanagement und der Leistung in der Produktentwicklung. Diese Ursache-Wirkungsbeziehungen wurden bisher nicht ausreichend explizit empirisch untersucht. Beispielsweise führt Kersten (KERSTEN 2002) auf, dass erhöhte Durchlaufzeiten in der Entwicklung zwar einem unzureichenden Variantenmanagement geschuldet sind, eine eindeutige Zuordnung zwischen den Durchlaufzeiten und dem Variantenmanagement ist jedoch nicht möglich (KERSTEN 2002). Abhilfe bietet er nur über die Integration des Variantenmanagements in die Managementstruktur (KERSTEN 2002).

Die Notwendigkeit, Variantenmanagement im Produktentwicklungsprozess bzw. deren Zusammenspiel in den Geschäftsprozessen zu verankern, wird zwar häufig genannt, aber kaum operativ unterstützt. Eine operative Hilfestellung zur Steigerung der Effizienz in der Produktentwicklung mit Hilfe des Variantenmanagements steht somit nicht zur Verfügung.

Die in Anhang 7.4.2 zusammengeführten Erfolgsfaktoren stellen Leistungsfaktoren dar, anhand derer sich die Umsetzung des Variantenmanagements beurteilen lässt. Allerdings bieten diese, in der Literatur genannten, Faktoren für sich keine Hilfestellung bei der Ursache-Wirkungsanalyse zur Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen.

Es sind keine Erkenntnisse dahingehend verfügbar, welchen Effekt die vielfaltsgerechte Produktgestaltung, z. B. Modularisierung, auf die parallele Entwicklung von Produkt, Produktionssystem und Organisation hat (CAMPAGNOLO & CAMUFFO 2010). Es ist somit nicht klar, welche Dimensionen von Vielfalt den größten negativen Einfluss ausüben (RAMDAS 2003).

Deshalb besteht der Bedarf die Wirkung des Variantenmanagements auf die Leistung in der Produktentwicklung zu untersuchen. Die Kenntnis dieser Wirkzusammenhänge gilt es im nächsten Schritt dafür zu nutzen, operative Unterstützung für die kontinuierliche, zielorientierte Verbesserung des Zusammenspiels zwischen Variantenmanagement und Produktentwicklung zu generieren (Tabelle 2-14).

Tabelle 2-14: Ziele und Anforderungen an den Lösungsansatz – Sicht Variantenmanagement

Forschungsbedarf aus Sicht des Variantenmanagements	
Ziele	
	Verständnis für den Einfluss des Variantenmanagements auf die Leistung des Produktentwicklungsprozesses
	Unterstützung zur Verbesserung des Zusammenspiels zwischen Variantenmanagement und Produktentwicklung
	Verankerung des Variantenmanagements im Produktentwicklungsprozess
Anforderungen	
	Verständnis für Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Variantenmanagement und der Leistung des Produktentwicklungsprozesses schaffen
	Verbesserung des Produktentwicklungsprozesses durch Aspekte des Variantenmanagements methodisch unterstützen

2.4 Zusammenfassung – Stand der Forschung

Die obenstehenden Kapitel zeigen, dass die drei Themenfelder Leistung in der Produktentwicklung sowie Lean Product Development und Variantenmanagement nicht getrennt voneinander zu betrachten sind.

Für eine leistungsfähige Produktentwicklung ist eine nachhaltige (Unternehmens-) Strategie, aus der sich einzelne Zielstellungen für Projekte oder Produkte bzw. Abteilungen und Individuen ableiten, eine Grundvoraussetzung. Gleiches gilt für die Umsetzung des Lean Product Development, welches auf einer unternehmensspezifischen Ausprägung des Wertbegriffs aufbaut sowie für das Variantenmanagement. Letzteres kann nur auf Grundlage einer, durch sorgfältige Planung erarbeiteten, Variantenstrategie zum Erfolg gebracht werden.

Während die Leistungsmessung in der Produktentwicklung und Lean Product Development stärker die Optimierung der Abläufe fokussiert, hat das Variantenmanagement einen Schwerpunkt in der Gestaltung der Produktarchitekturen. Dennoch werden auch in diesem Themenbereich die Verankerung der Planungs- und Gestaltungsvorgänge in den Produktentwicklungsprozess sowie die Organisationsstruktur betont.

Allerdings wurden bisher die Zusammenhänge zwischen den Themenfeldern nicht empirisch untersucht. Es ist somit ein ganzheitliches Verständnis der Rolle des Variantenmanagements für die Erzielung einer hohen Leistung in der Produktentwicklung zu schaffen. Dafür ist zu klären, welches Verschwendungsaufkommen durch unzureichendes Variantenmanagement verursacht wird. Demgegenüber ist darzustellen welche Leistungsdefizite in der Produktentwicklung die Beherrschung der Vielfalt beeinträchtigen können. Die Erkenntnisse sind in einem Einflussmodell abzubilden.

Schließlich ist ein Vorgehen zu entwickeln, das die Identifikation von Symptomen und Ursachen unzureichender Leistung unterstützt und auf dem im Einflussmodell abgebildeten Verständnis aufbaut. Damit wird die Lücke im Stand der Forschung bezüglich einer fehlenden Hilfestellung zur Ermittlung der Ursachen von Leistungsdefiziten geschlossen. Es sind Erfolgsfaktoren (s. u.) in die Leistungsmessung zu integrieren und die Nutzung der Messergebnisse bzw. Implementierung erkannten Verbesserungsbedarfs zu unterstützen. Dieses Vorgehen soll Unternehmen befähigen, diese Analyse eigenständig auszuführen und bei der Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen unterstützen. Dadurch soll es Personen in der industriellen Praxis motivieren u. a. Werkzeuge aus dem Lean Product Development anzuwenden.

Zusammenfassung der Erfolgsfaktoren

In den vorhergehenden Teilkapiteln wurden zum einen Erfolgsfaktoren für die Produktentwicklung sowie Prinzipien für die Umsetzung von Lean Product Development und zum anderen Erfolgsfaktoren für die Implementierung und Verankerung von Variantenmanagement vorgestellt. Führt man die einzelnen Faktoren und Prinzipien zusammen, fällt auf, dass sie zum großen Teil überlappen. So haben die Themen Leistungsmessung und Projektmanagement im Umgang mit Produkt- und Variantenvielfalt eine untergeordnete Bedeutung, während sie wichtige Aspekte für eine erfolgreiche (schlanke) Produktentwicklung sind. Der Fokus des Variantenmanagements liegt mehr auf der der vielfaltsgerechten Gestaltung der Produktarchitektur.

Diese in Bild 2-20 zusammengefassten Leistungsfaktoren stellen keine kausalen Verbindungen zwischen den Bereichen und somit zwischen der Leistung in der PE und VM her, dienen aber der Beurteilung der Leistungsfähigkeit innerhalb der einzelnen Bereiche. Eine wichtige Voraussetzung für eine hohe Leistung in der Produktentwicklung ist demnach eine klar definierte Strategie, von der Unternehmens- über die Produktstrategie heruntergebrochen bis auf die Ziele einzelner Organisationseinheiten oder Projekte. Diese gilt es durch nachhaltiges Portfolio- und

Projektmanagement mit kontinuierlicher Leistungsmessung umzusetzen, wobei ebenfalls die Prozesse auf geeignete Weise zu gestalten sind. Dies geht einher mit der Gestaltung von Organisation und Teams sowie deren Kopplung mit der Produktarchitektur. Letztere stellt eine Grundlage für die effektive und effiziente Leistungserstellung dar. Unternehmenskultur, Führungskompetenzen und -stile sowie Personalentwicklung und Kommunikation sind weiterhin entscheidende Bausteine für eine hohe Leistung in der Produktentwicklung. Sind diese Faktoren unzureichend ausgeprägt, bilden sie erschwerte Randbedingungen für die Umsetzung der übrigen Faktoren. Diese Leistungsfaktoren werden für die Diskussion im Rahmen der Evaluierung des in dieser Arbeit vorgestellten Einflussmodells (Kapitel 4.1) herangezogen.



Bild 2-20: Leistungsfaktoren aus dem Stand der Forschung bezüglich Leistungsmessung in der Produktentwicklung und Lean Product Development sowie Variantenmanagement

Zusammenfassung der Anforderungen an die zu erzielenden Ergebnisse

Die in Kapitel 1.2 formulierten Ziele und Anforderungen an den in dieser Arbeit zu erzielenden Beitrag bestätigen bzw. ergänzen die Ergebnisse aus der Analyse des Forschungsstands. Tabelle 2-15 enthält eine Zusammenfassung der Ziele und Anforderungen aus Kapitel 1.2 sowie dem für die Bereiche Leistungsmessung in der Produktentwicklung und Lean Product Development sowie Variantenmanagement aufgezeigten Forschungsbedarf (vgl. Kapitel 2.1.4, 2.2.5 und 2.3.5).

Tabelle 2-15: Ziele und Anforderungen an die zu erzielenden Ergebnisse

Forschungsbedarf aus Sicht der Leistungsmessung in der Produktentwicklung	
Ziele – Lösungsansatz	
	Unterstützung zur Verbesserung des Zusammenspiels zwischen Variantenmanagement und Produktentwicklung
	Unterstützung zum eigenständigen Ermitteln von Verbesserungsbedarf
	Verankerung des Variantenmanagements im Produktentwicklungsprozess
	Geförderte Motivation Lean Werkzeuge anzuwenden
	Gesteigerter Wert durch Verschwendungseliminierung
	Unterstützung bei der Nutzung der Ergebnisse aus der Leistungsmessung
	Integration der Erfolgsfaktoren (s. Kapitel 2.4) in die Leistungsmessung
	Verbesserungsbedarf im Variantenmanagement aufzeigen
	Umsetzung des Vorgehens in einem Demonstrator
Anforderungen – Lösungsansatz	
	Ganzheitliche Verbesserungsinitiative bzw. Wandel ermöglichen
	Inkrementelle und kontinuierliche Verbesserung ermöglichen
	Leistungsmessung
	Anhand qualitativer und quantitativer Messgrößen ermöglichen
	Prozess- bzw. projektbegleitend sowie ggf. auch retrospektiv ermöglichen
	Prozess- bzw. projektübergreifend ermöglichen
	Ermittlung der Ursachen und Wirkungen von Leistungsdefiziten unterstützen
	Selbsterklärendes, pragmatisches, systematisches Vorgehen zur Verschwendungsanalyse
	Systematische Unterstützung bei der Ursachenermittlung
	Systematische Unterstützung bei der Maßnahmenauswahl auf Basis der Verschwendungsursachen
	Unterstützen der Priorisierung von Verbesserungsbedarf und Handlungsalternativen
	Verbesserung des Produktentwicklungsprozesses durch Aspekte des Variantenmanagements methodisch unterstützen
	Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen auf Basis der Leistungsmessung unterstützen
	Sicherstellen der Anwendbarkeit und des Mehrwerts der Analyseergebnisse für folgende Anwendungsfälle
	Einzel- und Gruppenanwendung
	Einmalige und kontinuierliche Anwendung,
	Langfristiges Monitoren der Leistung in der Produktentwicklung
	Analyse innerhalb von Verbesserungsinitiativen
	Schaffen Entscheidungsgrundlage für bzw. gegen Verbesserungsinitiative
	Befähigen von Unternehmen den SUM-Ansatz eigenständig anzuwenden
	Sicherstellen der Anpassbarkeit auf den spezifischen Unternehmenskontext
	Liefen von Gedankenanstößen für die eigenständige Analyse und für das Identifizieren von Verbesserungsbedarf

Forschungsbedarf aus Sicht der Leistungsmessung in der Produktentwicklung	
Ziele – Einflussmodell	
	Verständnis für die Ursachen und Wirkungen von Leistungsdefiziten
	Verständnis für den Zusammenhang zwischen Variantenmanagement und der Leistung in der Produktentwicklung
	Kenntnis welche der Ursachen von Leistungsdefiziten durch Variantenmanagement bedingt
	Identifizierter Einfluss des Variantenmanagements auf Verschwendungsaufkommen
	Kenntnis Verbesserungsbedarf im Variantenmanagement
	Rahmenwerk, welches Zusammenhang als Einflussmodell abbildet
Anforderungen – Einflussmodell	
	Einheitliche, klar verständliche Definition für Verschwendung erstellen
	Untersuchen, ob Wert- bzw. Strategiedefinition hinreichend
	Leistungsdefizite in der Produktentwicklung und deren Ursachen im Variantenmanagement beschreiben
	Verständnis für Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Variantenmanagement und der Leistung des Produktentwicklungsprozesses schaffen
	Einfluss von Variantenmanagement auf die Leistung in der Produktentwicklung abbilden
	Zusammenhang zwischen Variantenmanagement und Verschwendungsaufkommen abbilden
	Auswirkungen von Leistungsdefiziten in der Produktentwicklung auf das Variantenmanagement wie z. B. das Entstehen unerwünschter Varianz beschreiben
	Alle Handlungsbereiche des Variantenmanagement – Planen, Gestalten und Beherrschen von Vielfalt – und dessen Erfolgsfaktoren berücksichtigen
	Ganzheitliches Verständnis in einem umfassenden Rahmenwerk abbilden

3. Bewertung der Leistung in der Produktentwicklung – Einflussmodell und Ansatz zur Bewertung der Symptome und Ursachen unzureichender Leistung sowie Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen (SUM-Ansatz)

Der vorangehende Abschnitt beschrieb die Anforderungen an das Rahmenwerk zur Modellierung des Einflusses von Variantenmanagement auf die Leistung in der Produktentwicklung und den SUM-Ansatz zur Ermittlung und Priorisierung von Handlungsbedarf und -alternativen zur Leistungssteigerung.

Im Folgenden wird zunächst das Einflussmodell dargestellt. Im Anschluss wird der entwickelte SUM-Ansatz vorgestellt. Dessen Umsetzung in einem softwarebasierten Demonstrator bildet den Abschluss.

3.1 Einflussmodell – Variantenmanagement und Leistung in der Produktentwicklung

Wie in Kapitel 1.3 dargestellt, erfolgte die Datenerhebung und Entwicklung von Kategorien zum einen anhand der Verschwendungsanalyse im Forschungsprojekt. Zum anderen führte die Autorin anschließend Interviews zum Thema Variantenmanagement.

Die Theoriebildung und Ableitung des Modells erfolgte iterativ nach dem Ansatz der Grounded Theory (Kapitel 1.3). Auf Basis der Erhebung erster Daten in einem Teil der beteiligten Unternehmen wurden Kategorien abgeleitet, die die Autorin im weiteren Verlauf auf Basis neuer Erkenntnisse und den Rückmeldungen aus allen Unternehmen weiterentwickelte.

3.1.1 Modellstruktur

Das ZOPH-Modell des Systems Produktentwicklung nach Negele (NEGELE et al. 1997, Bild 3-1) wird für die Beschreibung der Inhalte des Einflussmodells genutzt, um die Wechselwirkung zwischen den beiden Bereichen deutlich zu machen.

Das Einflussmodell basiert auf der Leistungsdefinition dieser Arbeit (Kapitel 2.1.2): Die Definition nach O'Donnell & Duffy (O'DONNELL & DUFFY 2005) für Leistung in der Produktentwicklung wurde mit dem Konzept der Verschwendung im Lean Product Development zusammengeführt. Anhand der Definition lässt sich fehlende Leistung von Produktentwicklungsprozessen durch Verschwendungssymptome beschreiben. Je höher die auftretende Verschwendung ist, z. B. wegen unerwünschter Wartezeiten, und je häufiger diese zu Tage tritt, desto größer ist das Leistungsdefizit. Das Variantenmanagement beeinflusst die Ursachen eines Verschwendungssymptomes und damit dieses Leistungsdefizites. Idealerweise existieren keine Leistungsdefizite.

Bezogen auf das ZOPH-Modell (Kapitel 1.3.2) werden Leistungsdefizite durch Symptome unzureichender Leistung (stellvertretend für Verschwendungssymptome) beschrieben. Diese

Symptome zeigen sich im Prozesssystem in Form fehlender Effizienz; zum Beispiel unerwünschte Wartezeiten wie eine Überschreitung der geplanten Prozess- oder Projektbearbeitungszeit. Auch in den anderen Teilsystemen lassen sich die Symptome unzureichender Leistung beobachten. So kann eine unerwünschte Wartezeit im Zielsystem durch mehrere gleich priorisierte, parallel zu erfüllende Zielstellungen sichtbar sein. Die Ursachen für Symptome unzureichender Leistung und ihr Bezug zum Variantenmanagement werden ebenfalls anhand der Einordnung in die Teilsysteme des ZOPH-Modells vorgestellt. Dabei können die Ursachen mehr als eines der Teilsysteme umfassen. Der folgende Abschnitt geht im Detail auf die Beschreibung der Symptome und Ursachen unzureichender Leistung ein.



Bild 3-1: Elemente des Einflussmodells und das ZOPH-Modell (nach NEGELE et al. 1997)

Das Einflussmodell ist als sogenannte Multiple-Domain-Matrix (MDM) modelliert. Eine MDM besteht aus zwei Arten von Teilmatrixen: Design Structure Matrizen (DSM) und Domain Mapping Matrizen (DMM) (LINDEMANN et al. 2009). Eine DSM beschreibt die Zusammenhänge zwischen Elementen einer Domäne. Eine Domäne kann bspw. die Gesamtheit an Prozessschritten oder Dokumenten repräsentieren (BROWNING & EPPINGER 2002). Die Zusammenhänge, also Relationen, zwischen einzelnen Elementen, als Einträge in den Matrixzellen, können dementsprechend darstellen, dass ein Prozessschritt auf einen anderen folgt, oder dass ein Dokument als Eingangsinformation für die Erstellung eines zweiten erforderlich ist (LINDEMANN et al. 2009). Eine DMM verknüpft zwei Domänen miteinander (LINDEMANN et al. 2009), z. B. Prozessschritte und Dokumente. Der in den Matrixzellen dargestellte Zusammenhang wäre in diesem Beispiel, dass ein Dokument in einem Prozessschritt erstellt wird (LINDEMANN et al. 2009). Zusammengesetzt bilden die beiden DSMs und die DMM ein Gesamtmodell des Zusammenhangs zwischen und innerhalb der Prozessschritte und Dokumente eines Prozesses in Form einer MDM (siehe Bild 3-2).

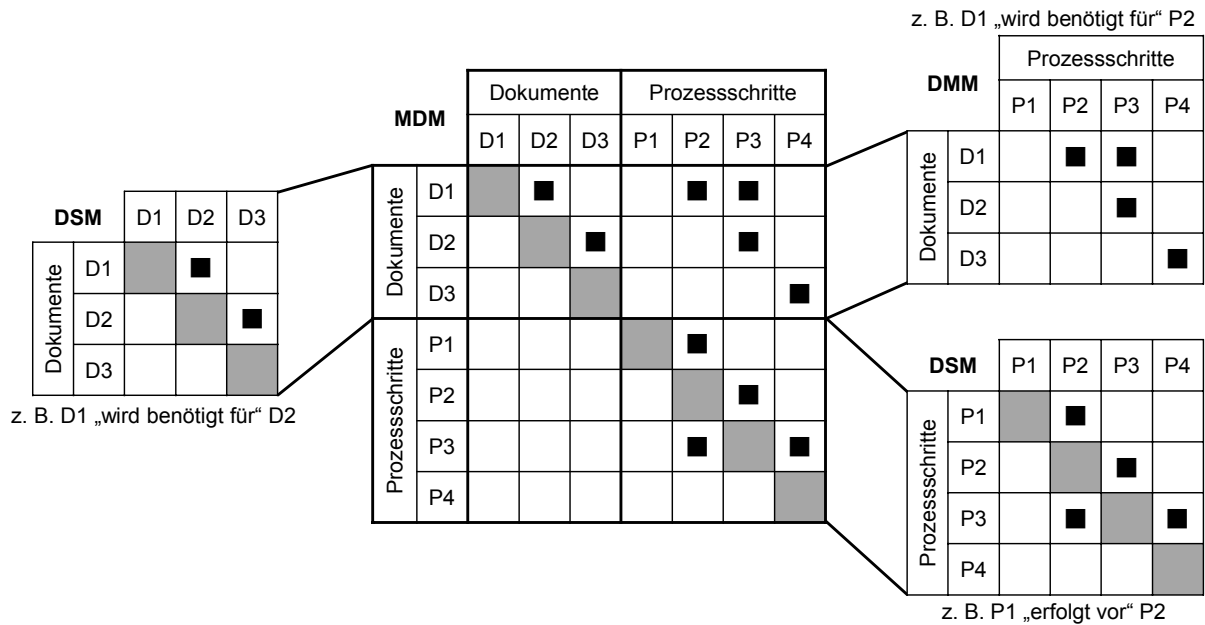


Bild 3-2: Beispiel MDM – Relationen innerhalb und zwischen zwei Domänen

Das Einflussmodell besteht aus einer DMM mit Wirkzusammenhängen zwischen den Ursachen und Symptomen unzureichender Leistung von Produktentwicklungsprozessen (SU-DMM). Außerdem enthält es eine DSM, die beschreibt, welche Symptome auf gleiche Ursachen zurückgeführt werden können (S-DSM), und eine weitere DSM, die aufzeigt, welche Ursachen gemeinsam auftreten können (U-DSM). Gemeinsam ergeben die Einzelmatrixen eine MDM der Symptome und Ursachen (SU-MDM, siehe Bild 3-3).

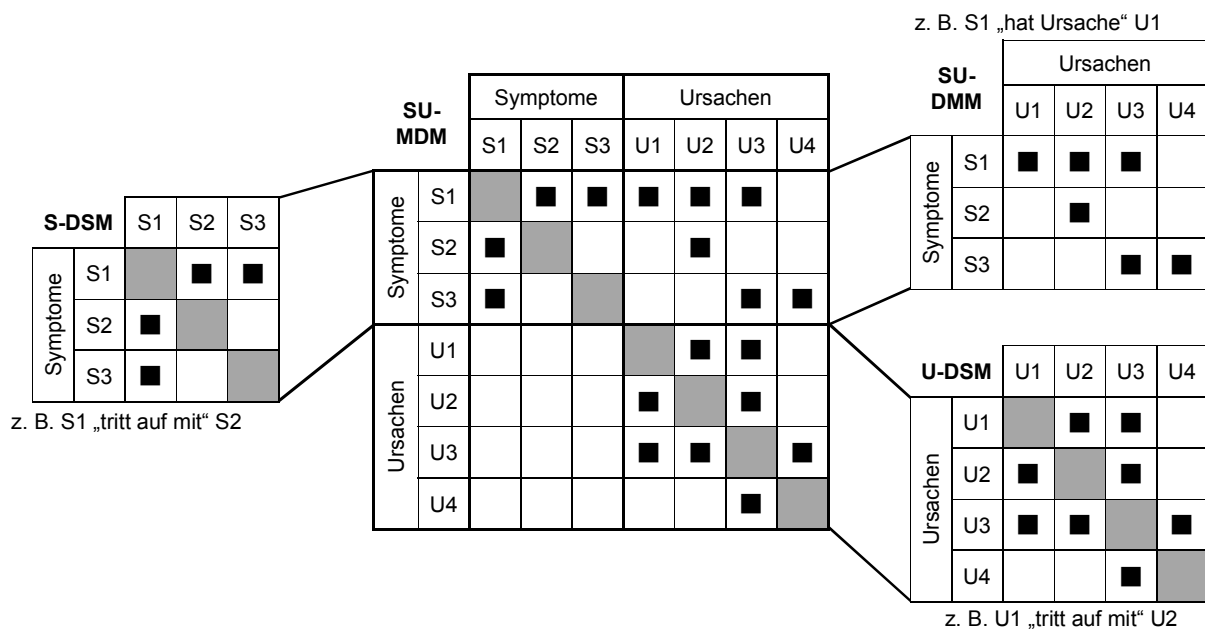


Bild 3-3: Einflussmodell als MDM der Symptome und Ursachen unzureichender Leistung

Wie in Kapitel 1.3.2 beschrieben, wurde die in der SU-DMM dargestellte Verknüpfung der Symptome und Ursachen in einem Wechselspiel aus Erhebung und Auswertung empirischer Daten erarbeitet. Die beiden DSMs wurden aus der SU-DMM abgeleitet (LINDEMANN et al. 2009). Bild 3-3 zeigt für den Fall der U-DSM, dass die Ursachen U2 und U3 verknüpft sind, da beide das Symptom S1 zur Folge haben. Analog wird die S-DSM ermittelt. Dieses Vorgehen kann durch den Einsatz von Matrixmultiplikation vereinfacht werden (LINDEMANN et al. 2009). Demnach lassen sich die Symptome-DSM und die Ursachen-DSM wie folgt berechnen:

$$S\text{-DSM} = SU\text{-DMM} * SU\text{-DMM}^T$$

Formel 3-1

$$U\text{-DSM} = SU\text{-DMM}^T * SU\text{-DMM}$$

Formel 3-2

Wie in Bild 3-3 ersichtlich, wurde für ein Symptom unzureichender Leistung nicht zwingend nur eine Ursache beobachtet, sondern ggf. eine Kombination aus mehreren Ursachen. Darüber hinaus hatte eine Ursache nicht immer ein einzelnes Symptom unzureichender Leistung zur Folge. Die Ursache wirkte sich möglicherweise auf mehrfache Art und Weise aus. Zum Beispiel kann eine fehlende Struktur der Datenablage sowohl Verzögerungen im Entwicklungsablauf als auch eine fehlende Wiederverwendung von vorhandenen Informationen auslösen.

3.1.2 Kategorien

Zunächst werden die Symptome unzureichender Leistung beschrieben. Fehlende Leistung wird durch diese Symptome sichtbar. Daran schließt sich die Darstellung der Ursachen dieser Symptome an.

Beschreibung Kategorien – Symptome unzureichender Leistung

Symptome unzureichender Leistung in der Produktentwicklung gliedern sich in sechs Kategorien. Die Symptomkategorien basieren auf den Ergebnissen der in Kapitel 1.3.2 vorgestellten Verschwendungsanalyse innerhalb des Forschungsprojektes:

- Verzögerungen
- Unterbrechungen
- Überbearbeitung
- Überproduktion
- Unzureichende Wiederverwendung
- Fehler

Im Folgenden werden diese Kategorien anhand der Einordnung in das ZOPH-Modell erläutert und beispielhafte Ausprägungen genannt.

Verzögerungen

Definition: Diese Kategorie steht für das Warten auf Informationen. Verzögerungen können zudem durch fehlendes Wissen zum aktuellen Stand von Informationen und fehlender Zugänglichkeit bzw. hohem Aufwand zur Erlangung von Informationen entstehen (LINDEMANN 2012a).

Beschreibung: Beim Einordnen der Kategorie **Verzögerungen** in das ZOPH-Modell (Kapitel 1.3.2) lassen sich die Auswirkungen des Symptoms Verzögerungen im **Prozesssystem** beobachten. Verzögerungen werden durch eine längere Bearbeitungszeit bzw. die fehlende Möglichkeit zur Bearbeitung an den Schnittstellen zwischen Prozessschritten oder innerhalb eines Prozessschrittes deutlich. Aus der Sicht des **Zielsystems** bedeuten Verzögerungen mehrere unterschiedliche Zielsetzungen unterschiedlicher Priorität zur gleichen Zeit. Im **Handlungssystem** sind Verzögerungen an den Schnittstellen zwischen organisatorischen Einheiten anhand des Fehlens von Ein- und Ausgangsinformationen für und von Tätigkeiten und bei der Informationsübergabe innerhalb von und über organisatorische Einheiten (Personen, Teams, Abteilungen, Entwicklungsstandorte) hinweg erkennbar. Schließlich drückt sich die Kategorie im **Objektsystem** durch das Nicht-Vorhandensein von aktuellen oder gültigen Informationen bzw. (Zwischen-) Ergebnissen aus.

Beispiele: Verzögerungen können regelmäßig an bestimmten Stellen auftreten, wie z. B. bei bestimmten Prozessschritten das Warten auf Ergebnisse vorheriger Schritte, Verzögerungen innerhalb von bestimmten Organisationseinheiten oder bei der Interaktion zwischen organisatorischen Einheiten. Des Weiteren können Verzögerungen in Form unerwünschten Aufwandes auftreten, der erforderlich ist um sich ein Bild vom aktuellen Status eines Projekts zu machen, sowohl für operativ Tätige als auch für Personen in Leitungsfunktionen. Zusammengefasst können Verzögerungen Warten auf nicht verfügbare Informationen oder die fehlende Kenntnis über deren Aktualität und Gültigkeit darstellen.

Unterbrechungen

Definition: Ungewollte Unterbrechungen von geplanten Tätigkeiten und der dadurch immer wieder entstehende Aufwand neu ins Thema zu finden, stellen eine weitere Kategorie von Symptomen unzureichender Leistung dar. (LINDEMANN 2012a)

Beschreibung: Aus der Perspektive des **Prozesssystems** bedeuten Unterbrechungen zusätzliche Bearbeitungszeit bei geplanten Tätigkeiten, mehrfaches Einarbeiten in den Kontext der geplanten Umfänge und Störungen aufgrund paralleler Prozesse, Anfragen und weiterer ungeplanter Aktionen. Im **Zielsystem** repräsentieren Unterbrechungen mehrere unterschiedliche Zielsetzungen zur gleichen Zeit. Es müssen z. B. zusätzliche, bisher nicht geplante, Zielsetzungen erfüllt werden. Unterbrechungen werden im **Handlungssystem** durch die Bindung einer Ressource in vielen parallelen Tätigkeiten deutlich, z. B. die Verantwortlichkeit einer Person für mehrere zeitlich parallele Aufgaben. Unterbrechungen können zur Erhöhung der Fehlerwahrscheinlichkeit und somit der Beeinträchtigung der Qualität von (Zwischen-) Ergebnissen im **Objektsystem** führen, die zur gleichen Zeit vorliegen müssen.

Beispiele: Geplante Tätigkeiten werden bspw. nicht ohne Unterbrechung durchgeführt, da häufig Störungen auftreten. Dies können Störungen geplanter Arbeitsabläufe durch Anfragen aus

anderen Abteilungen, wie Fertigung oder Vertrieb, oder andere ungeplante Tätigkeiten z. B. Abarbeitung von Kundenreklamationen, sein. Die Verantwortlichkeit für mehrere parallel zu erledigende Prozessschritte und zeitgleich zu liefernde Ergebnisse kann ebenfalls zur Unterbrechung der einzelnen Abläufe führen. Die Unterbrechung des Arbeitsablaufes durch ineffiziente Besprechungen wird ebenfalls dieser Kategorie zugeordnet.

Überbearbeitung

Definition: Diese Kategorie drückt das Erzeugen einer unnötig hohen Detailtiefe in (Zwischen-) Ergebnissen aus sowie die Umsetzung unnötiger oder zu hoher Anforderungen (Over-Engineering). Überbearbeitung bezieht sich auf das Ergebnis von Entwicklungstätigkeiten. (LINDEMANN 2012a)

Beschreibung: **Überbearbeitung** äußert sich im **Prozesssystem** durch eine unnötig lange Bearbeitungszeit für die Erzeugung des ungeeignet hohen Detailgrades. Im **Zielsystem** bedeutet das Symptom eine Übererfüllung von Anforderungen an Produkt, Projekt oder Unternehmenszielen. Durch die unnötige Bindung der Ressourcen und ungeeignete Beschreibungen für Tätigkeitsprofile wird Überbearbeitung im **Handlungssystem** widergespiegelt. Sie resultiert in (Zwischen-) Ergebnissen mit ungeeignetem Detailgrad und unangepasster Informationsmenge im **Objektsystem**.

Beispiele: Überbearbeitung äußert sich durch (Zwischen-) Ergebnisse mit einem unnötig hohen Detailgrad, der aus Prozesssicht und Kundensicht nicht erforderlich ist. Es werden keine geeigneten Vorgaben oder Richtlinien für den zu erzeugenden Detailgrad aus Prozesssicht und Kundensicht definiert und Kundenanforderungen im Sinne eines Over-Engineerings übererfüllt.

Überproduktion

Definition: Diese Kategorie steht für die Durchführung unnötiger Tätigkeiten sowie das Erzeugen unnötiger (Zwischen-) Ergebnisse. Überproduktion bezieht sich somit auf die Entwicklungstätigkeiten selbst. (LINDEMANN 2012a)

Beschreibung: Im **Prozesssystem** bedeuten Symptome der Kategorie **Überproduktion** das Ausführen unnötiger Tätigkeiten und demnach das Auftreten überflüssiger Bearbeitungszeit. Zudem werden dadurch Prozessanforderungen des **Zielsystems** übererfüllt. Für das **Handlungssystem** bedeutet Überproduktion die übermäßige Bindung von Ressourcen sowie fehlende oder unzureichende Verfahrensanweisungen. Es existieren keine ausreichenden Anweisungen oder es werden unnötige Tätigkeiten vorgegeben. Dadurch entstehen nicht erforderliche (Zwischen-) Ergebnisse im **Objektsystem**.

Beispiele: Überproduktion äußert sich durch Tätigkeiten, deren Ergebnisse keine weitere Nutzung erfahren. Solche Informationen können Versuchsberichte, Zeichnungen oder Dokumente anderer Art sein. Zudem kann sie in Form von Tätigkeiten wie das Zurücklegen weiter Wege zu Besprechungen und unnötiges Umformatieren oder Erzeugen von Dokumenten auftreten. Schließlich können Anforderungsänderungen zu einem ungeeignet späten Zeitpunkt innerhalb eines Entwicklungsprojektes dazu führen, dass bereits erarbeitete Ergebnisse nicht mehr genutzt werden können.

Unzureichende Wiederverwendung

Definition: Diese Kategorie umfasst unzureichende Wiederverwendung von im Unternehmen vorhandenen (Zwischen-) Ergebnissen, z. B. in Form von Bauteilen oder Dokumenten. (LINDEMANN 2012a)

Beschreibung: **Unzureichende Wiederverwendung** ist im **Prozesssystem** durch unnötige Bearbeitungszeit erkennbar und führt zu Überproduktion. Es werden prozessuale Anforderungen des **Zielsystems** nicht erfüllt bzw. es existieren keine Anforderungen an die prozessuale Institutionalisierung der Wiederverwendung von vorhandenem Wissen. Das **Handlungssystem** spiegelt unzureichende Wiederverwendung durch das Fehlen von Ressourcen wider: Informationen stehen nicht zur Verfügung oder sind nicht zugänglich, es existieren keine oder nicht ausreichende Verfahrensanweisungen zur Wiederverwendung und Ressourcen sind unnötig für das erneute Erarbeiten von Ergebnissen gebunden. Im **Objektsystem** sind Symptome dieser Kategorie durch Mehrfach-Vorhandensein von (Zwischen-) Ergebnissen, wie Dokumenten und Produkten erkennbar.

Beispiele: Unzureichende Wiederverwendung kann sich durch die fehlende Nutzung und erneute Erarbeitung vorhandenen Wissens z. B. in Form von Zeichnungen, Erkenntnissen aus Kundenreklamationen oder Besprechungsergebnissen äußern.

Fehler

Definition: Die Kategorie Fehler betrifft das Erzeugen fehlerhafter (Zwischen-) Ergebnisse, wie Informationen oder Dokumente. (LINDEMANN 2012a)

Beschreibung: **Fehler** beeinträchtigen die Leistung des **Prozesssystems** in Form von ungewollten Iterationen und einer längeren Projektdauer. Sie entsprechen Anforderungsabweichungen; der fehlenden Erfüllung von Anforderungen aus Prozess- und / oder Kundensicht im **Zielsystem**. Ressourcen des **Handlungssystems**, wie Personen in bestimmten Organisationseinheiten, machen Fehler, die sich im **Objektsystem** auch in Form von fehlerhaften (Zwischen-) Ergebnissen niederschlagen.

Beispiele: Fehlerhafte Informationen können in Zeichnungen und anderen Dokumenten, wie z. B. Prüfspezifikationen, auftreten.

Beschreibung Ursachen unzureichender Leistung – Einfluss Variantenmanagement

Dieser Abschnitt widmet sich der Beschreibung der entwickelten Kategorien der Ursachen unzureichender Leistung in der Produktentwicklung und deren Bezug zum Variantenmanagement (Planen, Gestalten und Beherrschen der Vielfalt) anhand des ZOPH-Modells (Kapitel 1.3.2). Eine Ursachenkategorie betrifft eines oder mehrere der vier Teilsysteme des Modells. Jede Kategorie verfügt über drei bis acht Unterkategorien (Tabelle 1-2). Durch ihre suboptimale Ausprägung lösen die (Unter-) Kategorien Symptome unzureichender Leistung aus. Die Kategorien basieren auf den Ergebnissen der in Kapitel 1.3.2 vorgestellten Verschwendungsanalyse im Forschungsprojekt und Ergebnissen auf den Interviews zum Variantenmanagement (gekennzeichnet mit P bzw. I). Ergebnisse aus der Literaturrecherche (L, siehe Erfolgsfaktoren in Anhang 7.4) zum Stand der Forschung ergänzen die Erläuterungen der Kategorien.

Tabelle 3-1: Ursachen unzureichender Leistung – Kategorien und Unterkategorien

Ursachen-kategorie	Unterkategorie	Ursachen-kategorie	Unterkategorie
Ziele	Ungeeignete Unternehmensstrategie	Projekt-management	Unzureichende Multiprojektbetrachtung
	Ungeeignete Produktstrategie		Unzureichende Planung
	Ungeeignete Projektstrategie		Unzureichende Projektnachverfolgung
Prozess-management	Unzureichende Prozessstandards		Unzureichende Leistungsmessung
	Unzureichend definierte Prozesse		Unzureichende Ressourcennutzung
	Unzureichende Prozesseinhaltung	Daten und Dokumentation	Unzureichende zentrale Datenablage
	Unzureichende Vorgehensanweisungen		Unzureichende Struktur der Ablage
	Unzureichend definierte Methoden		Unzureichende Standards zur Dokumentation
	Unzureichende Reflexion und Analyse	Unzureichende Einhaltung der Standards	
	Unzureichende Prozessweiterentwicklung	Führung	Unzureichende Vorgehensweisen zur Priorisierung
Unzureichende	Ungeeigneter Führungsstil		
Informations-fluss	Unzureichender Informationsfluss zwischen Projekten		Unzureichende Förderung / Kompetenzentwicklung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
	Unzureichender Informationsfluss innerhalb von Projekten		Unzureichende Definition und Vergabe von Verantwortlichkeiten (Aufgabenvielfalt / Spezialisierung)
	Unzureichender Informationsfluss zwischen Abteilungen		Unzureichendes Fördern des Verständnisses der Mitarbeiterinnen
	Unzureichende Abbildung der erforderlichen Informationsflüsse	Werkzeuge	Ungeeignete oder keine Werkzeuge zur Datenablage
	Unzureichende Einhaltung der Informationsflüsse		Ungeeignete oder keine Werkzeuge zur Dokumentation
Mitarbeiter / -innen	Unzureichende Disziplin		Ungeeignete oder keine Werkzeuge zum Projektmanagement
	Unzureichendes Bewusstsein / Wissen		Ungeeignete oder keine Werkzeuge zum Prozessmanagement
	Unzureichendes Verständnis / Sensibilität		Ungeeignete oder keine Arbeitsmittel (z. B. Softwaretools)

Ursachenkategorie – Ziele und Strategie

Die Ursachenkategorie **Ziele und Strategie** lässt sich dem **Zielsystem** des ZOPH-Modells zuordnen. Sie gliedert sich in die drei Unterkategorien **Unternehmensstrategie, Produktstrategie** und **Projektstrategie**. Für alle Unterkategorien besteht der Bedarf einer regelmäßigen Bewertung und ggf. Anpassung der Strategie, um die Wettbewerbs- und Leistungsfähigkeit des Unternehmens zu sichern. Sie bilden die Grundlage für nachhaltig erfolgreiches Planen, Gestalten, Reduzieren und Beherrschen sowohl der internen als auch der externen Vielfalt an Produkten, bzw. Bauteilen oder -gruppen. Fehlen Ziele bzw. eine geeignete Strategie, kann dies die Leistung von Entwicklungsprozessen beeinträchtigen, bspw. durch eine ungeeignete Unternehmensorganisation hinsichtlich der Beherrschung der Produktvielfalt.

Die **Unternehmensstrategie** definiert die Ziele und Strategie sowie die Prioritäten aus Unternehmenssicht, bspw. bezüglich der Zielmärkte (L). Sie bildet die Grundlage für die Ableitung

einer erforderlichen und vielfaltsgerechten Produktstrategie und somit für die Planung, Gestaltung und Beherrschung sowohl der internen als auch der externen Vielfalt (L, P). In der Unternehmensstrategie gilt es ebenfalls Themen wie die kontinuierliche Weiterentwicklung der Unternehmensstruktur und -prozesse sowie der Personal- bzw. Kompetenzentwicklung zu verankern (L, P), um die die Motivation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für eine optimale Durchführung und Einhaltung der Vorgaben des Variantenmanagements zu sichern (P). Die aus der Unternehmensstrategie abzuleitenden Ziele sind auf alle Unternehmensbereiche und -ebenen herunterzubrechen und Zielvorgaben abzuleiten (L). Dies betrifft insbesondere das Variantenmanagement (P).

Die **Produktstrategie** bezeichnet die Strategie zur Darstellung der geforderten externen Vielfalt (L). Sie ist aus der Unternehmensstrategie und den Ergebnissen von regelmäßigen Bedarfs-, Markt- und Trendanalysen abgeleitet. Die Produktstrategie umfasst Zielvorgaben zur Planung, Gestaltung und Beherrschung der internen und externen Vielfalt (L, P). So ist z. B. die Wiederverwendung von bereits erzeugten Lösungen über eine strategische Vorgabe in den Zielen verankert (L, P). Durch eine mittel- und langfristige Definition der Produktstrategie können kurzfristige Änderungen in den Zielvorgaben und häufig wechselnde Prioritäten vermieden werden. Dadurch wird das Ausführen unnötiger Tätigkeiten in der Produktplanung und Entwicklung durch kurzfristige Änderungen der Strategie vermieden und Ressourcen können langfristig zugewiesen werden (P, L). Schließlich können Tätigkeiten der Prozesse, innerhalb von Projekten und über Projekte hinweg, in der Entwicklung auf geeignete Weise synchronisiert und der Informationsfluss unterstützt werden (P). Die langfristige Planung der erforderlichen Vielfalt ermöglicht es, dass unerwünscht hohe externe wie interne Vielfalt, durch mehrfaches Erarbeiten ähnlicher Lösungen oder die Produktion unnötiger Informationsmengen, vermieden wird (P, L).

Die **Projektstrategie** umfasst Zielvorgaben, Strategie und Prioritäten aus Projektsicht. Dies umfasst Vorgaben zur geeigneten Priorisierung von Projekten, angepasster Umsetzung definierter Prozesse innerhalb von Projekten und über Projekte hinweg (L, P). Beispielsweise ermöglicht die Einhaltung eines definierten Zeitpunktes zur Anforderungsfestlegung, der keine späteren Änderungen erlaubt, die Vermeidung unerwünschter Vielfalt und Iterationen (Beherrschen von Vielfalt). Gleiches gilt für die Einhaltung der prozessualen Vorgaben zur Prüfung auf Wiederverwendbarkeit vorhandener Informationen und Lösungen oder Vorgaben für Änderungen der Priorisierung von Projekten zueinander. Die Projektstrategie hat zudem Auswirkungen auf das Ressourcenmanagement und die übergreifende Betrachtung aller Projekte (Multi-Projektbetrachtung) im Projektmanagement.

Ursachenkategorie – Projektmanagement

Die Kategorie **Projektmanagement** bezieht sich im Rahmen der Planung, Nachverfolgung und Leistungsmessung von Projekten auf das **Prozesssystem**. Wie in Kapitel 2.1.1 dargestellt kann ein Projekt als Instanziierung der definierten Prozesse verstanden werden. Das Projektmanagement benötigt Vorgaben aus dem **Zielsystem** für die genannten Handlungsfelder. Multi-Projektmanagement ermöglicht eine optimale Ressourcennutzung (**Handlungssystem**). Schließlich lässt sich die Kategorie ebenfalls dem **Objektsystem** zuordnen; z. B. müssen für die Leistungsmessung erforderliche Daten dokumentiert vorliegen. Sie umfasst die Unterkategorien fehlende Multi-Projektbetrachtung, unzureichende Projektplanung, fehlende Nachverfolgung

von Projekten, fehlende Leistungsmessung und unzureichende Ressourcennutzung. Diese Ursachen unzureichender Leistung erschweren u. a. die Synchronisation von Projekten und die Planung von Informationsflüssen. In der Folge wird die Beherrschung der Produktvielfalt erschwert. Auf der anderen Seite kann eine hohe Vielfalt zu Kapazitätsengpässen in der Entwicklung führen. Deshalb ist ein funktionierendes Multi-Projektmanagement entscheidend für das Erreichen einer hohen Leistung in der Entwicklung.

Im Detail hat eine geeignete **Multi-Projektbetrachtung** als Teil des Multiprojektmanagements zum Ziel Ressourcen über mehrere Projekte hinweg zu planen. Dies betrifft sowohl die Verfügbarkeit von Experten als auch die inhaltliche und prozessuale Synchronisation von Projekten und / oder einzelnen Arbeitspaketen (P, L). Als Voraussetzung dafür muss die aktuelle Kapazitätsauslastung des Unternehmens bekannt sein (P, L). In der Folge können Informationsflüsse innerhalb und über Projekte hinweg geplant und Front-Loading bei der Ermittlung von Informationen betrieben werden (L). Beispielsweise können für ein spezifisches Projekt mehr Ressourcen zur Ermittlung von Informationen zur Verfügung gestellt werden, die in ähnlicher Form in mehreren Projekten benötigt werden, als für die Informationsbeschaffung für ein einzelnes Projekt. Weiterhin ermöglicht die Multi-Projektbetrachtung die Auswirkungen durch die Lancierung neuer Projekte auf bestehende Projekte abzuschätzen, ggf. Engpässe zu erkennen und mit geeigneten Gegenmaßnahmen zu reagieren (P, L). Die Umsetzung einer hohen Varianz in einer hohen Anzahl an Projekten kann zu Kapazitätsengpässen führen und die Synchronisation von einzelnen Entwicklungsprojekten erschweren und behindern (P, L, Beherrschen der Vielfalt).

Mit der vorherigen Unterkategorie geht das Thema **Projektplanung** einher. Nicht nur die gesamte Projektlandschaft muss im Rahmen der Multi-Projektplanung geeignet aufgesetzt werden, sondern auch innerhalb einzelner Projekte gilt es Ressourcen und Informationsflüsse auf geeignete Weise zu planen. Dadurch kann u. a. sichergestellt werden, dass keine unerwünschte Varianz (z. B. in Form von Dokumenten oder Bauteilen) entsteht (P, Beherrschen der Vielfalt).

Die **kontinuierliche Nachverfolgung** der Projekte während der Durchführung bzw. die Kenntnis des aktuellen Standes einzelner Projekte, wie auch der Projektlandschaft in ihrer Gesamtheit, stellt eine Grundvoraussetzung für das Erkennen von Kapazitätsengpässen dar (P, L). So können schließlich einzelne geplante Schritte angepasst und die Auswirkungen von Anpassungen auf andere Projekte erkannt werden (P, L). Für die kontinuierliche Nachverfolgung der Projekte gilt, dass dadurch das Entstehen unerwünschter Varianz (vorab) erkannt und vermieden werden kann (P, L, Beherrschen der Vielfalt).

Neben einer reinen Nachverfolgung der Projekte gilt es den aktuellen Stand zu visualisieren und die **Leistung** innerhalb der Projekte bzw. innerhalb der Produktentwicklungsprozesse zu **messen**. Die explizite Darstellung von Leistungsgrößen, der Durchlaufzeit eines Projekts oder eines einzelnen Prozessschrittes, ist eine wichtige Voraussetzung dafür, Missstände zu erkennen und Gegenmaßnahmen, wie die Anpassung der Projektplanung einzuleiten (P, L). Gleichzeitig kann die Veränderung der Leistung als Indikator für den Umgang mit der Vielfalt dienen. Bei einem starken Anstieg unerwünschter Varianz (z. B. von Dokumenten) wird die Leistung absinken (L).

Es gilt **Ressourcen** auf eine geeignete Art und Weise zu **nutzen**, sodass diese über mehrere Projekte hinweg eingesetzt werden können (P, L). Die Expertenverfügbarkeit ist eine wichtige

Voraussetzung für die Vermeidung unerwünschter Varianz (P, L, Beherrschen der Vielfalt). Dies ist ebenfalls Teil der Unterkategorie Multi-Projektbetrachtung. Der Punkt wird hier dennoch aufgeführt, da seine Wichtigkeit von den Kooperationspartnern im Forschungsprojekt besonders betont wurde.

Ursachenkategorie – Prozessmanagement

Prozessmanagement ist dem **Prozesssystem** zugeordnet. Um die Effizienz in der Entwicklung zu steigern gilt es die Entwicklung nach einem definierten Prozess ablaufen zu lassen. Die Standardisierung von Prozessen ist, für sich regelmäßig wiederholende Tätigkeitsabfolgen, sinnvoll. Im **Zielsystem** sollte die Reflexion und Weiterentwicklung bestehender Prozesse verankert sein. Vorgehensanweisungen und innerhalb des Entwicklungsprozesses anzuwendende, definierte Methoden sind im **Handlungssystem** hinterlegte Ressourcen. Unterkategorien sind an dieser Stelle unzureichend standardisierte Prozesse, unzureichend definierte Prozesse, unzureichende Prozesseinhaltung, fehlende Vorgehensanweisungen, fehlende Definition von Methoden, fehlende Reflexion und Analyse von Entwicklungsprozessen, deren unzureichende Weiterentwicklung und ungeeignete Entscheidungsprozesse.

Durch die geeignete **Definition von (Standard-) Prozessen** sollte vor allem die Effizienz und Effektivität von wiederkehrenden Aufgaben erhöht werden (P, L). So ist die Steigerung der Effektivität durch Standards bei der kreativen Lösungssuche nur eingeschränkt möglich (Kapitel 2.2.3), während bspw. die Abwicklung von Störungen im Entwicklungsprozess wie Kundenreklamationen oder die Abarbeitung von konstruktiven Änderungsanträgen durch die Vorgabe von Standardprozessen (inklusive Rollen, Akteuren etc.) erheblich unterstützt und beschleunigt werden können (L). Das Entstehen unnötiger Varianz kann durch geeignete Standardprozesse vermieden werden (Beherrschen der Vielfalt).

Grundsätzlich lässt sich sagen, dass durch die Definition der Abläufe in der Produktentwicklung in Form eines Prozesses ein Mittel zur Orientierung während der Entwicklung geschaffen wird. Es wird eine effizientere Durchführung der Entwicklungstätigkeiten ermöglicht, da abgebildet ist, wer bzw. aus welchem Prozessschritt zu welchem Zeitpunkt welche (Zwischen-) Ergebnisse an wen bzw. welchen anderen Prozessschritt zu liefern sind. Es ist nicht erforderlich, diese Informationen erneut zu ermitteln. Jedoch sollten die Prozessvorgaben Raum für die Anpassung an unterschiedliche Projekttypen (Kapitel 2.3.4) und unterschiedlich ausgeprägte Randbedingungen einzelner Projekte oder ggf. unterschiedlicher Produktlinien eines Unternehmens bieten. Zu starr definierte Prozesse können die Leistung in der Produktentwicklung beeinträchtigen (L); z. B. die Durchlaufzeit unnötig erhöhen.

Weiterhin lässt sich die Wiederverwendung von (Zwischen-) Ergebnissen im Entwicklungsablauf verankern (P, L). Solche erneut einsetzbaren Ergebnisse können in Form von Produktarchitekturen, Standardbauteilen oder -baugruppen (z. B. Gleich- und Wiederholteile) definiert werden. Dies unterstützt ein erfolgreiches Planen, Gestalten, Reduzieren und Beherrschen von Produktvielfalt. Definierte Prozesse sollten u. a. die Kommunikation innerhalb von Abteilungen, über unterschiedliche organisatorische Einheiten hinweg sowie innerhalb und zwischen Projekten regeln. So dienen Standards zur Auswahl von E-Mail-Verteilern oder Regelungen zur Vor- und Nachbereitung sowie Durchführung von Besprechungen der Erhöhung von Effektivität und Effizienz von Besprechungen (P, L).

Entscheidungsprozesse sind in ihren Abläufen zu definieren, um sicherzustellen, dass die Entscheidungen auf die Ziele und Strategien abgestimmt sind (Beherrschen der Vielfalt). Unnötige lange Entscheidungswege sind zu vermeiden, um u. a. Verzögerungen und Unterbrechungen im Entwicklungsprozess zu vermeiden und die Motivation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter nicht zu vermindern (P, L).

Die Durchführung und **Einhaltung der** definierten (Standard-) **Prozesse** muss sichergestellt werden (P). Es gilt beides durch **Vorgehensanweisungen** und die Festlegung von **Methoden** für einzelne Prozessschritte zu unterstützen (P, L). So lassen sich die Planung, Gestaltung, Reduzierung und das Beherrschen der Varianz über Vorgehensanweisungen und Methoden verankern.

Definierte (Standard-) Prozesse müssen kontinuierlich **reflektiert** und dahingehend **analysiert** werden, ob sie den aktuellen Gegebenheiten im Unternehmen genügen. Es gilt die (Standard-) Prozesse kontinuierlich **weiterzuentwickeln** (P, L) um weiterhin eine hohe Effizienz und Effektivität der Entwicklungsprozesse u. a. im Hinblick auf das Variantenmanagement zu erreichen.

Ursachenkategorie – Informationsfluss

Die Ursachenkategorie **Informationsfluss** nimmt in Form von Informationsaustausch zwischen Projekten, innerhalb eines Projektes bzw. zwischen den Prozessschritten eines Projektes auf das **Prozesssystem** Bezug. Im **Zielsystem** gilt es die erforderlichen Informationsflüsse abzubilden (wie auch in der Aufbauorganisation des Unternehmens – im **Handlungssystem**), um die organisatorischen Randbedingungen für einen geeigneten Informationsfluss zwischen Projekten und zwischen Abteilungen zu ermöglichen und zu fördern. Dementsprechend sind die Unterkategorien: ein **unzureichender Informationsfluss zwischen Projekten, innerhalb von Projekten, zwischen Abteilungen**, eine **unzureichende Abbildung der erforderlichen Informationsflüsse** und die **unzureichende Einhaltung** der vorgegebenen Informationsflüsse (P, L). Durch Ursachen unzureichender Leistung dieser Kategorie kann z. B. die Wiederverwendung vorhandener (Zwischen-) Ergebnisse sowie ein optimales Ressourcenmanagement erschwert werden. Zudem kann sich durch fehlenden Informationsfluss die Wahrscheinlichkeit unnötiger Vielfalt erhöhen (Beherrschen der Vielfalt), z. B. bei sich zeitlich überlappenden Projekten mit teilweise ähnlicher Zielstellung.

Ursachenkategorie – Daten und Dokumentation

Die Ursachenkategorie **Daten und Dokumentation** steht aus der Sicht des **Prozesssystems** für definierte Standardabläufe zur Dokumentation und Einhaltung dieser Prozesse. Im **Zielsystem** gilt es Standards zur Dokumentation festzulegen und im **Handlungssystem** die Ressourcen und die organisatorischen Randbedingungen für eine effektive und effiziente Datenablage und Dokumentation zu schaffen. Dies kann z. B. in Form einer zentralen Ablage umgesetzt werden. Die Unterkategorien sind in diesem Fall das **Fehlen eines zentralen Informationssystems**, eine **unzureichende Strukturierung der Datenablage**, **unzureichende Dokumentationsstandards** und die **fehlende Einhaltung dieser Standards**. Durch Ursachen aus diesem Bereich ist der Aufwand für die Datenablage und -verwaltung hoch (P, L). Zudem sind vorhandene (Zwischen-) Ergebnisse nur schwer auffindbar bzw. können nicht als ähnliche bzw. äquivalente

Lösungen erkannt werden (P, L). Die Beherrschung der Produktvielfalt wird somit erschwert bzw. bereits vorhandene Lösungen werden erneut erarbeitet.

Ursachenkategorie – Führung

Die Kategorie **Führung** umfasst die Unterkategorien einer unzureichende Priorisierung von Projekten bzw. Produkten oder bestimmten Tätigkeiten zueinander, einen ungeeigneten Führungsstil, eine unzureichende Förderung und Kompetenzentwicklung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, eine ungeeignete Definition und Vergabe von Verantwortlichkeiten und einer unzureichenden Förderung des Verständnisses der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für die Auswirkungen ihrer Handlungen. Im **Prozesssystem** spiegelt sich die Kategorie in der Priorisierung von Tätigkeiten sowie der Definition und Vergabe von Verantwortlichkeiten wider. Im **Zielsystem** sind die Zielvorgaben für die Priorisierung, den Führungsstil und die Vergabe von Verantwortlichkeiten verankert. Durch das **Handlungssystem** gilt es die organisatorischen Voraussetzungen für eine gute Führung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu schaffen.

Durch häufiges oder **ungeeignetes** Ändern der (zeitlichen) **Priorisierung** von Tätigkeiten bzw. Projekten durch Führungspersonen kann kein effektives Multi-Projektmanagement durchgeführt werden, da die Synchronisierung der einzelnen Projekte nur schwer möglich ist (P). Neupriorisierungen müssen im Einklang mit der Unternehmensstrategie getroffen werden, um ein erfolgreiches Variantenmanagement zu gewährleisten (P, L). Dies betrifft auch Forschungstätigkeiten oder Verbesserungsmaßnahmen außerhalb von definierten Entwicklungsprojekten (P).

Zudem kann ein **ungeeigneter Führungsstil** zu Beeinträchtigung der Motivation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, sich für den Erfolg des Unternehmens und somit die Leistung in der Entwicklung zu engagieren, führen. Dies wirkt sich wiederum erschwerend auf die Gestaltung, Reduzierung und Beherrschung der Produktvielfalt aus. Dies gilt ebenfalls für den Fall einer ungenügenden Personalentwicklung im Sinne einer **unzureichenden Förderung** der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und Kompetenzentwicklung, z. B. wenn das Know-How zur Gestaltung variantenreicher Produkte im Unternehmen nicht vorhanden ist.

Durch eine **unzureichende Definition und Vergabe von Verantwortlichkeiten** in Form einer zu hohen Aufgabenvielfalt (zu viele Verantwortlichkeiten oder Spezialisierungen) entstehen Ressourcenengpässe (P). Erfolgt eine Vergabe zu weniger Verantwortlichkeiten und haben Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter nur eine geringe Ergebnis- und Planungsverantwortung, kann das zu einer Beeinträchtigung ihrer Motivation führen (L). Zudem ist es entscheidend, dass Führungspersonen Verantwortlichkeiten und deren Vergabe klar definieren und kommunizieren, sodass sie selbst und die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Kenntnis über die vergebenen Verantwortlichkeiten haben (P). Führungspersonen müssen erkennen, falls Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern das Wissen über Vorgaben wie Prozesse oder Vorgehensanweisungen oder das Verständnis für ihr eigenes Handeln oder Nichthandeln im System Produktentwicklung fehlt. Wird das **Verständnis der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter nur unzureichend gefördert**, kann dies z. B. durch Nichteinhaltung von Prozessen zu unerwünschter Varianz führen (P, L, Beherrschung der Vielfalt).

Ursachenkategorie – Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

Die Ursachenkategorie **Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter** enthält die Unterkategorien unzureichende Disziplin, unzureichendes Bewusstsein bzw. Wissen um Vorgaben, unzureichendes Verständnis bzw. fehlende Sensibilität gegenüber den Auswirkungen des eigenen Handelns. Im **Prozesssystem, Zielsystem und Handlungssystem** werden diese durch fehlende Disziplin, ein fehlendes Bewusstsein und Verständnis für die Ausführung der Prozesse sowie Erfüllung der Zielvorgaben und Nutzung der Ressourcen sichtbar. Ursachen dieser Unterkategorien wirken sich ebenfalls auf die Qualität der (Zwischen-) Ergebnisse im **Objektsystem** aus. Insgesamt erschweren solche Ursachen das Planen, Gestalten, Reduzieren und Beherrschen der Produktvielfalt sowie z. B. die Synchronisierung von Entwicklungsprojekten und einen optimalen Informationsfluss.

Die Unterkategorie **unzureichende Disziplin** steht für das Nichteinhalten von Abläufen und Prozessanforderungen (P, L). Bspw. werden bestehende Lösungen nicht wiederverwendet oder definierte Informationsflüsse nicht eingehalten (P). Ein **unzureichendes Bewusstsein** oder Wissen um vorgegebene Abläufe, Prozessanforderungen oder Verfahrensanweisungen kann nicht nur die Wahrscheinlichkeit unerwünschter Vielfalt erhöhen, sondern bspw. auch erhebliche Verzögerungen im Entwicklungsablauf zur Folge haben (P). Dies gilt analog für eine fehlende Kenntnis der Verantwortlichkeiten einzelner Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für bestimmte Tätigkeiten innerhalb der Produktentwicklung oder in anderen Bereichen. Sind die Prozessvorgaben den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bekannt, kann dennoch ein **unzureichendes Verständnis** für die Auswirkungen **des eigenen Handelns** oder Nichthandelns negative Folgen für das Variantenmanagement und die Leistung der Entwicklungsprozesse haben.

Ursachenkategorie – Werkzeuge

Werkzeuge bilden eine Kategorie des **Handlungssystems**. Sie untergliedert sich in die Unterkategorien fehlende Werkzeuge zur Datenablage, zur Dokumentation, zum Projektmanagement, zum Prozessmanagement und fehlende Arbeitsmittel (sowohl Software als auch Hardware). Beispielsweise haben **fehlende Werkzeuge zur Datenablage und Dokumentation** zur Folge, dass nach benötigten Informationen lange gesucht werden muss oder nicht bekannt ist ob Informationen vollständig, aktuell und gültig sind (P). Das kann die Wahrscheinlichkeit unerwünschter Varianz erhöhen (P). **Fehlende Werkzeuge zum Projekt- bzw. Prozessmanagement** resultieren ggf. in einer fehlenden Unterstützung für das Multi-Projektmanagement bzw. bei der Standardisierung oder Synchronisation von Tätigkeiten innerhalb und über Projekte hinweg (P, L). Das heißt Ressourcen können nicht optimal zugeteilt werden und die Beherrschung der Produktvielfalt wird erschwert. Weiterhin wird die Reflexion und Weiterentwicklung der Prozesse nicht unterstützt. **Fehlende Arbeitsmittel**⁶⁰ führen nicht nur zu Verzögerungen, sondern auch zur Entwicklung suboptimaler Lösungen. Zudem kann dieser Mangel die

⁶⁰ Fehlende Arbeitsmittel meint sowohl Softwareunterstützung, die nicht in die Bereiche Datenablage und Dokumentation sowie Projekt- und Prozessmanagement fällt, als auch Hardware oder z. B. Arbeitsmittel für den Prototypenbau.

Motivation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beeinträchtigen, falls diese den Eindruck gewinnen, dass sie aufgrund der fehlenden Werkzeuge ihre Aufgaben nicht in der angestrebten Qualität erledigen können (P). Die fehlende Motivation kann sich wiederum in den Ursachen der Kategorie Mitarbeiter/innen niederschlagen.

3.1.3 Verknüpfung der Symptome und Ursachen unzureichender Leistung

Die hier beschriebenen Verknüpfungen der Symptome und Ursachen unzureichender Leistung aus dem Einflussmodell basieren auf den Ergebnissen des in Kapitel 1.3.1 vorgestellten Vorgehens. Bild 3-4 zeigt eine Zusammenfassung des beobachteten Zusammenhangs zwischen Symptomen unzureichender Leistung und deren Ursachen.

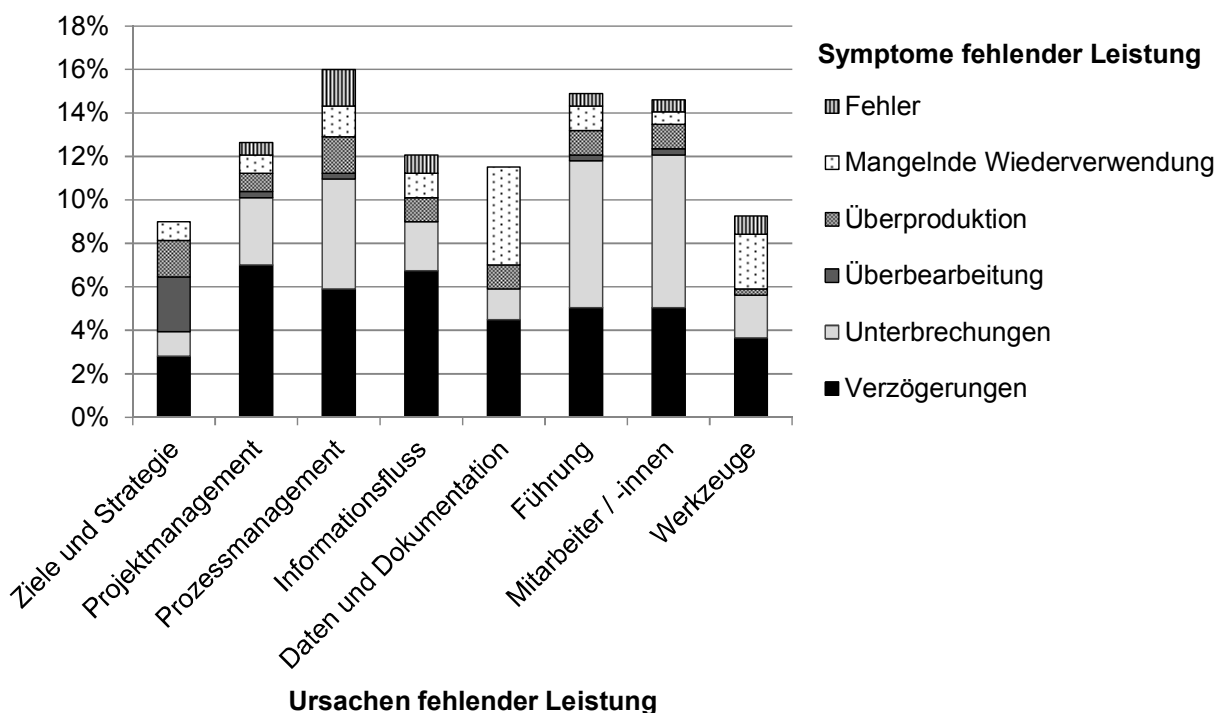


Bild 3-4: Verteilung der Symptome unzureichender Leistung über die Ursachenkategorien

Die Ursachen für Symptome unzureichender Leistung von Entwicklungsprozessen wurden demnach vor allem in den Kategorien Prozessmanagement, Führung und Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (im Bild Mitarbeiter / -innen) beobachtet; dicht gefolgt von Ursachen in den Kategorien Projektmanagement, Informationsfluss sowie Daten und Dokumentation. Anteilmäßig wurden bei Ziele / Strategie und Werkzeuge weniger Ursachen für fehlende Leistung beobachtet.

Verknüpfungen – Ursachenkategorie Ziele und Strategie

Im Folgenden wird detailliert auf die Verknüpfung der Symptome und den Unterkategorien der Ursachen eingegangen. Für jede Ursachenkategorie wird zunächst dargestellt, welche Symp-

tome unzureichender Leistung sie hauptsächlich verursacht. Die so gebildete Symptomreihenfolge wird für die Beschreibung jeder Unterkategorie aufgegriffen. Die Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt werden durch Interviewergebnisse hinsichtlich des Variantenmanagements ergänzt (jeweils gekennzeichnet mit P bzw. I).

Wie in dem Ausschnitt aus der SU-DMM (Kapitel 3.1.1) Bild 3-5 dargestellt ist, verursachen Defizite im Bereich Strategie und Ziele in erster Linie Verzögerungen, gefolgt von Symptomen unzureichender Leistung in den Kategorien Überbearbeitung und Überproduktion. Schließlich wird eine geringe Anzahl an Verknüpfungen auch für Unterbrechungen und unzureichende Wiederverwendung beobachtet. Fehler sind nicht auf Strategie / Ziele zurückzuführen.

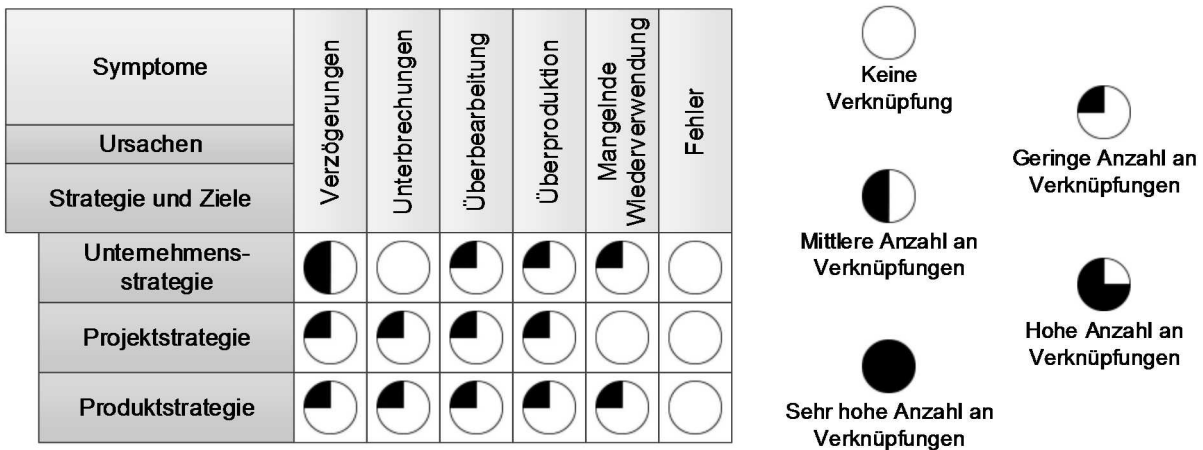


Bild 3-5: SU-DMM für Ursachenkategorie Ziele und Strategie

Unternehmensstrategie

Eine unzureichende Unternehmensstrategie wirkt sich vor allem durch **Verzögerungen** an bestimmten, d. h. immer gleichen, Stellen und bei der Interaktion zwischen organisatorischen Einheiten aus. Bei bestimmten Prozessschritten können aufgrund dessen oder, weil höher priorisierte Tätigkeiten vorgezogen werden, Verzögerungen auftreten. Beispielsweise wurden Marktanforderungen nicht langfristig antizipiert sowie Anforderungen erst sehr spät definiert (P, Planen der Vielfalt). Tätigkeiten außerhalb von Entwicklungsprojekten (wie Forschungstätigkeiten bzw. Weiterbildung) wurden nicht in den Prozessen verankert oder die Serienfertigung wurde dem Bau von Prototypen vorgezogen (P). Zudem war die Gestaltung der Produktarchitektur in der Strategie nicht verankert, sodass z. B. die Verwendung eines möglichst hohen Anteils an Gleich- und Wiederholteilen zwar durchweg gewünscht, aber nicht durch die Verankerung unterstützt war (I). Die Möglichkeit der Fremdvergabe von Entwicklungsumfängen wurde nur rudimentär eingesetzt, auch wenn Fremdfertigung bzw. der die Verwendung von Zukaufteilen im Unternehmen genutzt wurde (I, Beherrschen der Vielfalt).

Weiterhin äußert sich eine suboptimale Unternehmensstrategie durch **Überbearbeitung**, also dem Erzeugen einer zu hohen Detailtiefe, in erster Linie durch Übererfüllung von Kundenanforderungen, gefolgt von fehlenden Richtlinien bzw. Vorgaben für die zu erzeugende Detail-

tiefe von (Zwischen-) Ergebnissen (P, Beherrschen der Vielfalt). Wird die Unternehmensstrategie zudem nicht eingehalten, kann es ebenfalls zu Überbearbeitung kommen (P), z. B. aufgrund strategischer Entscheidungen des Topmanagements (I, Beherrschen der Vielfalt).

Die Durchführung unnötiger Tätigkeiten bzw. Erstellung unnötiger Dokumente, also **Überproduktion** durch eine unzureichende Unternehmensstrategie oder deren unzureichende Einhaltung, spiegelt sich in späten Anforderungsänderungen wider (P). Weiterhin wurde beobachtet, dass durch strategische Entscheidungen die Verantwortlichkeit für Tätigkeiten innerhalb der Entwicklung liegt, die ausschließlich für andere Unternehmensbereiche relevant sind und dort mit gleicher Qualität erarbeitet werden könnten (P). Beispielweise könnte die Ableitung von Montagezeichnungen aus Zusammenstellungszeichnungen in der Fertigung oder Arbeitsvorbereitung erfolgen. Bei der Erzeugung unnötiger (Zwischen-) Ergebnisse spielt zudem die unzureichende Verankerung des Variantenmanagements, im Sinne der Planung und Gestaltung der Vielfalt, in der Unternehmensstrategie eine wichtige Rolle (I): Sind Entscheidungskriterien für oder gegen Varianten nicht ausreichend definiert, kann es zu Überproduktion kommen. Für die Entscheidung können z. B. Abschätzungen des zu erwartenden Absatzes bzw. Kundennutzens durch eine neue Variante, deren Entwicklungsaufwand, erwartete Werkzeugkosten, Risikoabschätzungen (u. a. bezüglich Technologien, neu zu erlangendes Know-How, Patentsituation) herangezogen werden (I).

Während **Unterbrechungen** nicht durch eine ungeeignete Unternehmensstrategie verursacht werden, führt diese dennoch zu unzureichender **Wiederverwendung**. (Zwischen-) Ergebnisse können nicht wiederverwendet werden, z. B. weil durch eine strategische Umstrukturierung des Unternehmens das Wissen zu bestehenden Informationen und Lösungen verloren gegangen ist (P, Beherrschen der Vielfalt).

Produktstrategie

Verzögerungen aufgrund einer unzureichenden Produktstrategie treten an bestimmten Stellen auf. Häufig muss bei bestimmten Prozessschritten gewartet werden (P). Innerhalb eines Projektes wurden bspw. Anforderungen sehr spät geändert, sodass (Zwischen-) Ergebnisse nur verspätet erarbeitet werden konnten. Letzteres gilt auch für die Definition eines zu großen Umfangs an oder die fehlende Priorisierung von Produkthanforderungen aufgrund fehlender Zielvorgaben für den Umgang mit Anforderungen (P). Wie auch im Abschnitt zur Unternehmensstrategie aufgeführt, ist eine Ursache für Verzögerungen die fehlende Verankerung der Produktarchitekturgestaltung, z. B. bezüglich des Einsatzes standardisierter Teile und Baugruppen (I).

Eine unzureichende Produktstrategie kann zu **Überbearbeitung** durch die Übererfüllung von Kundenanforderungen oder das Fehlen von Richtlinien oder Vorgaben für die zu erzeugende Detailtiefe von (Zwischen-) Ergebnissen führen (P). Beispielsweise haben innerhalb des Forschungsprojektes fehlende Zielvorgaben für den Umgang mit Kundenanforderungen sowie nicht ausreichend definierte oder sich häufig ändernde Anforderungen zu Überbearbeitung geführt (P). Das ist auch das Ergebnis zu kurzfristigen Reagierens auf Marktänderungen durch neue Produkte oder Planen der Produktgestaltung (P). Die bereits bei der Unternehmensstrategie genannte, fehlende Verankerung des Variantenmanagements, im Sinne der Planung und Gestaltung der Vielfalt, ist hinsichtlich der Produktstrategie eine Quelle für Überbearbeitung

(I). Außerdem kann unzureichende Verankerung des Variantenmanagements eine Ursache für Überproduktion sein:

Überproduktion durch eine ungeeignete Produktstrategie tritt sowohl durch späte Änderung von Anforderungen (sodass vorher erstellte (Zwischen-) Ergebnisse nicht mehr verwendet werden können), als auch durch Erledigen nicht erforderlicher Tätigkeiten und sich häufig verändernder wechselnde Prioritäten auf (P). Aus Sicht des Variantenmanagements ist bspw. nicht deutlich, warum zu welchem Zeitpunkt welche Variante entwickelt wird; möglicherweise stellt die gesamte Entwicklung der Variante einen Fall der Überproduktion in der Entwicklung dar (P). Auch in diesem Fall kann ein Grund dafür sein, dass die Entscheidung für oder gegen ein neues Produkt oder eine neue Variante nicht nach definierten Kriterien erfolgt (I, Planen der Vielfalt).

Es kommt bei einer fehlenden Produktstrategie durch häufig wechselnde Prioritäten zu **Unterbrechungen** bzw. Störungen im geplanten Entwicklungsablauf (P). Die Priorisierung innerhalb der Produktstrategie erfolgt nicht durchgängig nach den oben genannten Entscheidungskriterien für oder gegen neue Varianten auf Basis der Unternehmensstrategie. Beispielsweise erfolgen kurzfristige Entscheidungen durch das Topmanagement, die nicht von der Strategie abgeleitet wurden (I, Planen der Vielfalt).

Schließlich lässt sich unzureichende **Wiederverwendung** wegen einer unpassenden Produktstrategie daran erkennen, dass (Zwischen-) Ergebnisse nicht wiederverwendet werden (P). Aus Sicht des Variantenmanagements ist dies darin begründet, dass die Produktarchitektur nicht systematisch abgeleitet wurde, z. B. kein Baukastensystem oder Produktfamiliensystematik existiert (P, I, Gestalten der Vielfalt).

Projektstrategie

An bestimmten Stellen entstehen **Verzögerungen** aufgrund einer unzureichenden Projektstrategie. Beispielsweise entstehen Verzögerungen durch Tätigkeiten, die sich keinem bestimmten Projekt zuordnen lassen, aber dennoch erforderlich sind, wie Aufgaben im Bereich Produktpflege (P). Ändert sich die Priorisierung aus Projektsicht oder sind die Prioritäten nicht langfristig definiert, kann es ebenfalls zu Verzögerungen kommen (P).

Eine unzureichende Projektstrategie, u. a. hinsichtlich Zieldefinition und Prioritätensetzung aus Projektsicht, zeigt sich in Form von **Überbearbeitung** vor allem durch die Übererfüllung von Kundenanforderungen (z. B. aufgrund eines fehlenden Abgleichs der Kundenwünsche und der Unternehmensstrategie oder fehlender Zielvorgaben für Kundenanforderungen) gefolgt von fehlenden Richtlinien oder Vorgaben für die zu erzeugende Detailtiefe von (Zwischen-) Ergebnissen innerhalb eines Projektes (P). Beispielsweise führt die Entscheidung für Projekte, welche nicht durch die Unternehmensstrategie und somit durch die Kundenanforderungen begründet sind, zu Überbearbeitung (P). Gleiches gilt für das Definieren unrealistischer Zielwerte oder Anforderungen (P). Dabei ist das Fehlen einer nachhaltigen und geeigneten Priorisierung auf Basis der Entscheidungskriterien für oder gegen eine neue Variante oder ein neues Produkt entscheidend (I, Planen der Vielfalt).

Letztes gilt wiederum für **Überproduktion** (I). Sie entsteht durch nicht erforderliche Tätigkeiten oder die fehlende Nutzung darin erarbeiteter (Zwischen-) Ergebnisse bzw. das Unbrauchbarwerden von (Zwischen-) Ergebnissen aufgrund schnell wechselnder Prioritäten (P). Beispielhaft kann aus dem Forschungsprojekt Überproduktion in Form von Ergebnissen aus der Vorentwicklung genannt werden, die trotz Erfolgspotential in der Entwicklung nicht weiterverfolgt werden (P, Planen und Gestalten der Vielfalt).

Eine unzureichende Projektstrategie äußert sich nicht durch eine fehlende **Wiederverwendung**. Allerdings ergeben sich **Unterbrechungen** aufgrund einer unzureichenden Projektstrategie. Dieses resultiert vor allem durch ungeplantes paralleles Erledigen von Tätigkeiten und durch Störungen geplanter Tätigkeiten sowie häufig wechselnde Prioritäten (P). Im Forschungsprojekt kam es z. B. zu Störungen durch den Einsatz von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in mehreren parallelen Projekten gleicher Priorität (P). Es zeigt sich die Notwendigkeit einer nachhaltigen und geeigneten Priorisierung der Entwicklungsaufgaben (I, Beherrschen der Vielfalt).

Verknüpfungen – Ursachenkategorie Projektmanagement

Durch Ursachen der Kategorie Projektmanagement werden hauptsächlich Verzögerungen verursacht. Danach folgen auf Unterbrechungen und Überproduktion unzureichende Wiederverwendung sowie Fehler gleich auf. Überbearbeitung ist das seltenste Symptom unzureichender Leistung. Bild 3-6 zeigt die SU-DMM für die Kategorie Projektmanagement.

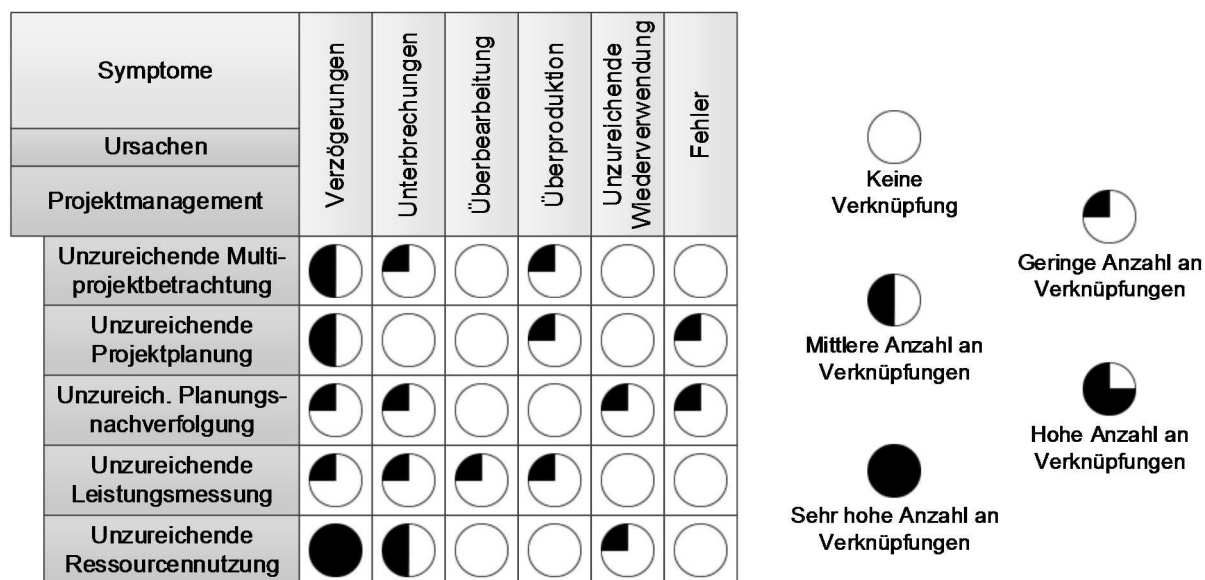


Bild 3-6: SU-DMM für Ursachenkategorie Projektmanagement

Fehlende Multiprojektbetrachtung

Durch fehlende oder ungeeignete Multiprojektbetrachtung entstehen **Verzögerungen** an bestimmten Stellen (P). Das äußert sich z. B. in Abweichungen von der Sollplanung innerhalb von Projekten, da die Projektarbeit aufgrund von Tätigkeiten, welche das Tagesgeschäft erfordert, zurückgestellt wird (P). Es ist durch eine fehlende Multiprojektbetrachtung nicht klar, in

welchem Maße die vorhandenen Ressourcen genutzt werden, und welche Kapazitäten zu einem bestimmten Zeitpunkt zur Verfügung stehen. Somit kann nicht abgeschätzt werden, welche Verzögerungen durch Erledigen von Tätigkeiten des Tagesgeschäftes oder durch Starten eines neuen, zusätzlichen Projektes ausgelöst werden (P). Durch das somit fehlende Bewusstsein über die aktuelle Kapazitätsauslastung, werden weitere Tätigkeiten und Projekte in ungeeigneter Weise in die Produktentwicklung eingesteuert (P, Beherrschen der Vielfalt). Hinsichtlich des Variantenmanagements ist es entscheidend, dass die Entscheidung für neue Projekte nicht nur aufgrund strategisch inhaltlicher Gesichtspunkte getroffen wird, sondern auch hinsichtlich verfügbarer personeller Ressourcen. Beispielsweise kann, abhängig von den verfügbaren Kapazitäten, turnusmäßig über eine Neupriorisierung bestehender Projekte bzw. die zeitliche Einsteuerung neuer Projekte entschieden werden (I). Dadurch kann eine Beeinträchtigung der effizienten Bearbeitung bestehender Projekte und somit des Unternehmenserfolgs verhindert werden (P).

Durch fehlende Multi-Projektbetrachtung ausgelöste **Unterbrechungen** werden in erster Linie deutlich, indem Tätigkeiten ungeplant parallel durchgeführt werden müssen (P). In nächster Hinsicht können geplante Tätigkeiten nicht ungestört erledigt werden (P). Zum Beispiel müssen Tätigkeiten unterbrochen werden, weil bestimmte Aufgaben nur durch eine bestimmte Person erledigt werden können (z. B. Produktpflege für ein spezifisches Produkt) (P). Projektunabhängige Tätigkeiten, wie Forschungsarbeiten oder unternehmensinterne Projekte (z. B. zur Prozessverbesserung oder Standardisierung), werden unterbrochen, da parallel höher priorisierte Projektergebnisse erarbeitet werden müssen (P).

Überproduktion entsteht aufgrund einer fehlenden Multiprojektbetrachtung, falls Anforderungen zu späten Zeitpunkten geändert werden, sodass für die Ergebniserarbeitung keine Synergieeffekte zwischen Projekten genutzt werden können (P). Das bedeutet bspw. eine unsystematische Variantenbildung aufgrund einer späten Ergänzung der Produkthanforderungen (P). Einen weiteren Grund kann die fehlende Multiprojektbetrachtung bezüglich Synergieeffekten bei der Produktgestaltung darstellen (I, Beherrschen der Vielfalt).

Eine fehlende Multiprojektbetrachtung äußert sich nicht in **unzureichender Wiederverwendung, Fehlern** oder **Überbearbeitung**.

Unzureichende Projektplanung

Unzureichende Projektplanung schlägt sich in Form von **Verzögerungen** nieder. Am häufigsten muss auf nicht verfügbare Informationen gewartet werden (P). Darauf folgen das Warten an bestimmten Prozessschritten auf die (Zwischen-) Ergebnisse der vorherigen und Verzögerungen bei der Interaktion von Organisationseinheiten (P). Wird die Projektplanung nicht für das gesamte Projekt, sondern nur in kritischen Phasen erstellt, kann der aktuelle Stand des Projektes nicht nachverfolgt und mit dem Soll-Stand verglichen werden (P). Abschätzungen bezüglich der Ressourcenauslastung innerhalb des Projektes sowie bezüglich der Auswirkungen von außen auf das Projekt durch Kapazitätsengpässe (siehe fehlende Multiprojektbetrachtung) sind nicht möglich (P). Dies erschwert die Entscheidungsfindung für oder gegen neue Entwicklungsprojekte. Somit wird das Potenzial für die langfristige optimale Gestaltung der Vielfalt eingeschränkt. Werden Ansprechpartner bzw. Verantwortlichkeiten für oder Abhängigkeiten zwischen Projektarbeitspaketen nicht in der Planung festgehalten, kann dies durch den erhöhten

Aufwand zur Informationsbeschaffung z. B. zu Verzögerungen bei der Entscheidungsfindung führen (P). Außerdem können Verzögerungen beispielhaft, aufgrund der fehlenden Festlegung von Verantwortlichkeiten z. B. bei der Entwicklung von Technologien, in frühen Phasen auftreten, wenn nicht definiert ist ob die Vorentwicklung oder das Innovationsmanagement für das Vorantreiben der für Produkte in frühen Phasen verantwortlich ist (P, Beherrschen der Vielfalt).

Überproduktion aufgrund unzureichender Projektplanung tritt in Form von im Produktentwicklungsprozess erstellten (Zwischen-) Ergebnissen auf, die nicht weiter genutzt werden (P). Dies können z. B. Terminpläne sein, welche keinem weiteren Zweck dienen (P). Es gilt zu hinterfragen, warum die erstellten (Zwischen-) Ergebnisse nicht genutzt werden bzw. welcher Art die erarbeiteten Informationen sein müssten, um ihre Nutzbarkeit sowie tatsächliche Nutzung zu sichern.

Fehler aufgrund unzureichender Projektplanung treten z. B. durch derart aufeinanderfolgend geplante Projekte auf, sodass es nicht möglich ist Verzögerungen im Entwicklungsablauf der ursprünglichen Projekte ausreichend abzufangen, und keine Zeit für geplante und erforderliche Iterationen bleibt (P). Das kann sich auch auf die geeignete Gestaltung der Variantenvielfalt auswirken.

Unterbrechungen, Überbearbeitung sowie **unzureichende Wiederverwendung** wurden nicht als Symptome unzureichender Leistung aufgrund einer unzureichenden Projektplanung beobachtet.

Fehlende Planungsnachverfolgung

Für die fehlende Planungsnachverfolgung gilt Ähnliches wie für die unzureichende Projektplanung. **Verzögerungen** entstehen in erster Linie an bestimmten Stellen, gefolgt von Verzögerungen bei der Interaktion von organisatorischen Einheiten (P). Durch die fehlende Nachverfolgung von Projekten ist es nicht möglich den aktuellen Status des Projektes dem Soll-Stand gegenüberzustellen; Kapazitätsabschätzungen und Auswirkungsanalysen durch Einflüsse von außen sind nicht möglich (P). Dadurch werden Informationen nicht systematisch aus vorhergehenden Arbeitspaketen gezogen bzw. selbst erarbeitete (Zwischen-) Ergebnisse in nachfolgende Arbeitspakete geschoben (P).

Unterbrechungen treten in dieser Ursachenkategorie in Form von Störungen durch ungeplante Tätigkeiten bzw. ungeplant parallel durchzuführende Tätigkeiten sowie gleichzeitig zu erarbeitenden (Zwischen-) Ergebnissen auf (P). Weiterhin kommt es zu Unterbrechungen durch hochpriorisierte Projekte oder einzelne Tätigkeiten, deren Erledigung nicht nachverfolgt und somit deren anfängliche Priorisierung in Frage gestellt wird (P). Ein weiteres Beispiel ist die Unterbrechung der Entscheidungsfindung in Projekten aufgrund der fehlenden Nachverfolgung von Projektständen in Protokollen vorhergehender Gespräche, um die fehlenden Informationen zu erlangen (P).

Eine fehlende Projektnachverfolgung schlägt sich in **unzureichender Wiederverwendung** nieder. Es werden bereits im Unternehmen vorhandene (Zwischen-) Ergebnisse erneut erarbeitet. Beispielsweise werden der aktuelle Stand und die zugehörigen Dokumente von Versuchen und Tests nicht zentral zugänglich nachverfolgt, sodass diese Informationen, z. B. Versuchsspezifikationen, nicht genutzt werden können (P).

Fehler treten aufgrund fehlender Projektnachverfolgung auf; beispielsweise durch Verfehlen von Kundenanforderungen, weil die Projektdokumentation nicht vollständig erstellt wurde (P).

Keine Symptome unzureichender Leistung der Kategorien **Überproduktion** und **Überbearbeitung** werden durch die fehlende Nachverfolgung von Projekten verursacht.

Fehlende Leistungsmessung

Neben unzureichender Projektplanung und -nachverfolgung verursacht auch eine fehlende Leistungsmessung **Verzögerungen**. Diese treten an bestimmten Stellen oder bei der Interaktion verschiedener Organisationseinheiten auf (P). Dabei weicht die Bearbeitung von Arbeitspaketen von der Soll-Planung ab, da der Einfluss von ungeplanten Tätigkeiten auf die Projektarbeit nicht visualisiert und analysiert wird (P). Es können keine Erkenntnisse für zukünftige Planungen aus einem aktuellen Projekt gewonnen werden (P). Des Weiteren treten Verzögerungen dadurch auf, dass die in unterschiedlichen Unternehmensbereichen erzielbare Leistung nicht bekannt ist. Ist bspw. einem Unternehmen nicht bekannt welche Fertigungsprozesse geleistet werden können, kann dies zur Folge haben, dass Zeichnungskorrekturen erforderlich werden und somit Verzögerungen auftreten (P, Gestaltung und Beherrschung der Vielfalt).

Unterbrechungen aufgrund von unzureichender Leistungsmessung treten in Form von Störungen durch ungeplante Tätigkeiten auf (P). Ein weiteres Beispiel zum Thema Zeichnungsänderungen zeigt, dass eine fehlende Visualisierung des Reifegrades einer Zeichnung zu einer ungerechtfertigten Freigabe einer unfertigen Zeichnung führen kann, welche wiederum zu einem ungeplanten, späteren Zeitpunkt überarbeitet werden muss (P).

Unzureichende Leistungsmessung wird durch **Überproduktion** in Form von im Produktentwicklungsprozess erstellten Dokumenten sichtbar, die keine weitere Verwendung finden (P). Beispielsweise stellt die nicht weiter genutzte, bei Design Reviews erstellte, Dokumentation Überproduktion dar (P), z. B. wenn die so erzeugten Informationen nicht als Chance daraus zu lernen gesehen werden.

Überbearbeitung tritt aufgrund unzureichender Leistungsmessung als bis zu einem unnötig hohen Detailgrad erarbeitete (Zwischen-) Ergebnisse auf (P). Zum Beispiel erfolgt die Zeiterfassung zu detailliert, sodass ein sehr hoher Zeitaufwand dadurch entsteht oder nicht alle Details explizit Nutzen für die Auswertung stiften (P).

Sowohl **unzureichende Wiederverwendung** als auch **Fehler** haben ihren Ursprung nicht in Ursachen der Kategorie fehlende Leistungsmessung.

Unzureichende Ressourcennutzung

Verzögerungen aufgrund unzureichender Ressourcennutzung treten hauptsächlich an bestimmten Stellen des Prozesses auf, gefolgt von Verzögerungen bei der Interaktion von organisatorischen Einheiten (P). Weiterhin gilt es auf (Zwischen-) Ergebnisse aus vorhergehenden Prozessschritten zu warten (P). Schließlich tritt unzureichende Ressourcennutzung auf, in Form eines hohen zeitlichen Aufwands für Personen in Leitungsfunktionen und in der operativen Entwicklung, sich über den aktuellen Status eines Projektes zu informieren. Im Forschungsprojekt traten bspw. Wartezeiten auf, da die Kapazitäten der Entwicklung für Aufgaben der Kon-

struktion in Anspruch genommen wurden (P). Eine Abgrenzung der Ressourcen und Aufgabenbereiche der beiden Bereiche war nicht definiert (P). Dieses Defizit wurde im Forschungsprojekt mehrfach beobachtet. Zum Beispiel entstanden in einem Fall Wartezeiten dadurch, dass zwar die Anforderungsermittlung innerhalb des Vertriebs angesiedelt war, aber de facto Anforderungen durch die Entwicklung ermittelt wurden (P). In diesem Fall fehlte im Vertrieb das erforderliche technische Know-How, die erforderlichen Wissensressourcen waren somit nicht vorhanden (P). Weiterhin können sich fehlende Ressourcen in Wartezeiten äußern, z. B. dann, wenn nachfolgende Tätigkeiten sehr stark von Testergebnissen abhängig sind, die aufgrund fehlender Ressourcen nicht zeitnah geliefert werden können (P). Darüber hinaus entstehen Verzögerungen durch ungeeignete Zusammenstellung der Teams für bestimmte Aufgabenstellungen (P). So kann es dazu kommen, dass bestimmte Informationen aus einem Arbeitspaket nicht weitergereicht werden, weil die erforderlichen Experten, mit Kenntnissen über die Schnittstellenpartner, nicht Teil des Teams sind (P). Eine weitere Auswirkung unzureichenden Ressourcenmanagements sind Verzögerungen aufgrund fehlender geplanter Flexibilität zur Abarbeitung ungeplanter Produktpflegeaufgaben (P). Verzögerungen durch den Aufwand bei der Beschaffung von Informationen zum aktuellen Stand der Entwicklungsprojekte, wurden u. a. durch die Zusammenfassung mehrerer Leitungsfunktionen in der Person des Entwicklungsleiters verursacht (P). Dem fehlte dadurch die Kapazität für eine durchgängige Projektnachverfolgung, sodass diese bedarfsorientiert mit hohem Aufwand erstellt werden musste (P). Hinsichtlich des Variantenmanagements kann unzureichendes Ressourcenmanagement, im Sinne fehlender Verfügbarkeit von Experten, für die vielfaltsgerechte Produktgestaltung zu Verzögerungen führen (L).

Aufgrund unzureichenden Ressourcenmanagements treten **Unterbrechungen** als Störungen durch unterschiedliche ungeplante Tätigkeiten, wie Unterbrechungen durch Anfragen aus dem Vertrieb, auf (P). Geplante Aufgaben werden häufig unterbrochen, da sowohl die zeitlichen Ressourcen operativ tätiger Personen als auch von Personen in Leitungsfunktionen übermäßig verplant werden (P). So sahen sich im Forschungsprojekt operativ tätige Personen damit konfrontiert, dass sie Aufgaben z. B. zum Zwecke der Know-How-Erweiterung für projektbezogene Arbeiten ungeplant unterbrechen oder fachfremde Aufgaben für andere Unternehmensbereiche erledigen mussten, da dort die erforderlichen Kompetenzen fehlten (P). Als weiteres Beispiel sei ein Entwicklungsleiter angeführt, der seine Aufgaben im Bereich Entwicklung nicht ungestört bearbeiten kann, da er zu dem für den Versuch verantwortlich und für ständig wiederkehrende Anfragen aus unterschiedlichen Unternehmensbereichen zur Verfügung stehen muss (P). Schließlich bedeutet es auch eine Unterbrechung im geplanten Ablauf, wenn z. B. eine Entscheidung nicht wie geplant innerhalb einer Besprechung getroffen werden kann, weil nicht alle erforderlichen Personen für diesen Termin zur Verfügung stehen (P).

Unzureichende Wiederverwendung tritt hier bei der erneuten Erarbeitung von (Zwischen-) Ergebnissen, die nicht weiter genutzt werden, auf. Beispielsweise müssen bereits erarbeitete Problemlösungen erneut geschaffen werden, da das so erlangte Know-How (inhaltliche Ressourcen) nicht auf geeignete Weise festgehalten wurde (P). Ähnlich kann es sich hinsichtlich des Variantenmanagements verhalten, wenn Synergieeffekte bezüglich der Produktgestaltung nicht hinreichend berücksichtigt werden.

Für die Ursache unzureichendes Ressourcenmanagement wurden weder Symptome der Kategorien **Überproduktion** und **Überbearbeitung** noch der Kategorie **Fehler** beobachtet.

Verknüpfungen – Ursachenkategorie Prozessmanagement

In Bild 3-7 ist die SU-DMM für die Ursachenkategorie Prozessmanagement dargestellt. Hauptsächlich verursacht ein ungeeignetes Prozessmanagement Verzögerungen und Unterbrechungen. Darauf folgen Überproduktion und unzureichende Wiederverwendung sowie Fehler. Überbearbeitung wird nur in wenigen Fällen durch diese Ursachenkategorie ausgelöst.

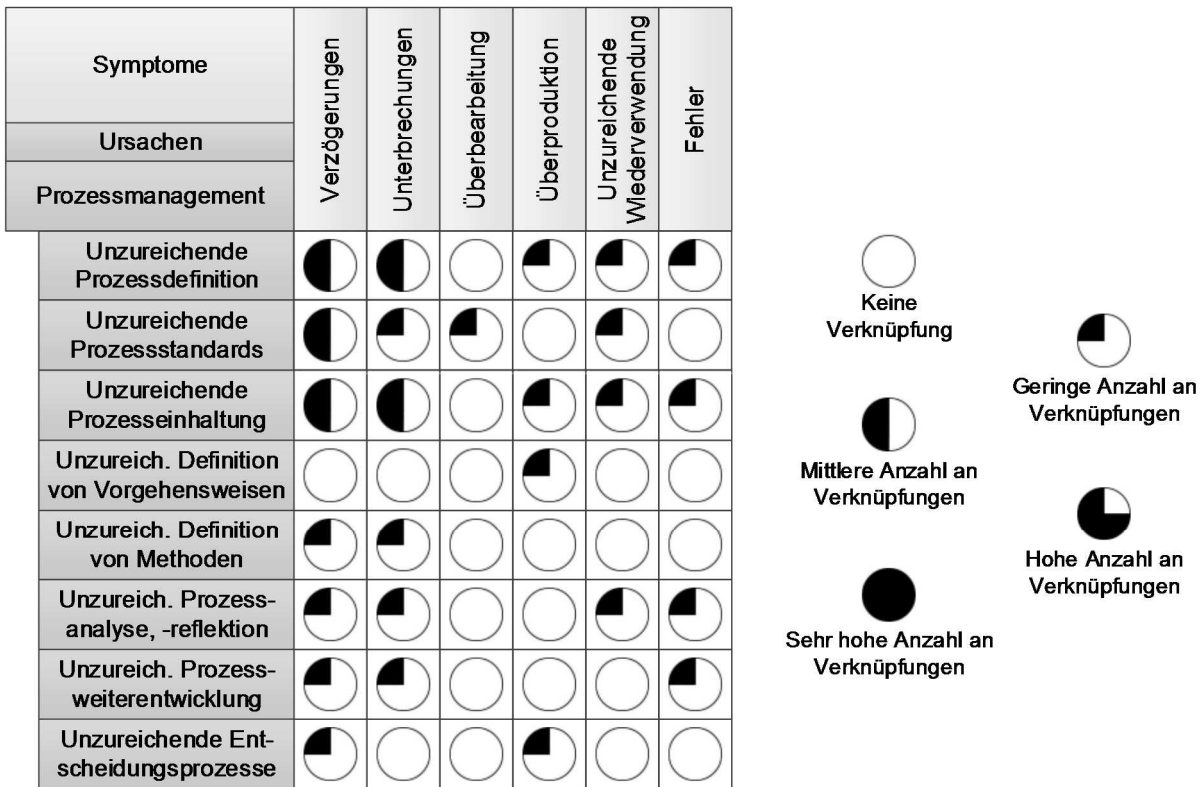


Bild 3-7: SU-DMM für Ursachenkategorie Prozessmanagement

Unzureichende Prozessdefinition

Durch eine unzureichende Definition von Prozessen wurden an bestimmten Stellen wiederkehrende **Verzögerungen** ausgelöst, gefolgt von Verzögerungen bei Interaktion organisatorischer Einheiten sowie innerhalb organisatorischer Einheiten (P). Beispielsweise wurden im Forschungsprojekt Bearbeitungszeiten für einzelne Prozessschritte sowie Termine und Umfang zu übergebender Informationen zwischen den Schritten nicht ausreichend definiert (P). Zudem führte eine fehlende Definition der Verantwortlichkeiten für einzelne Arbeitsumfänge sowie die Kommunikation bei deren Übergabe zwischen und innerhalb von Abteilungen zu Wartezeiten (P). Ein weiteres Beispiel stellen Verzögerungen durch eine unzureichende Definition von Prozessen im Ressourcenmanagement dar: Direkte Vorgesetzte konnten die personellen Kapazitäten nicht langfristig planen, da Personen höherer Hierarchiestufen eine eigene sowie nicht abgestimmte Planung vornahmen (P).

Unterbrechungen aufgrund einer unzureichenden Prozessdefinition zeigen sich hauptsächlich in Form von Anfragen aus der Fertigung, gefolgt von Anfragen aus dem Vertrieb sowie weiteren Störungen (P). Zum Beispiel müssen Tätigkeiten ungeplant parallel erledigt werden (P). So entstanden Unterbrechungen durch eine fehlende Definition des Ablaufes (inkl. Dokumentation) bei Rückfragen aus anderen Abteilungen, wie Fertigung oder Vertrieb, an die Entwicklung, sodass gleiche Fragen häufig mehrmals zu beantworten waren. Weitere Störungen in der Entwicklung entstanden durch fehlende Prozessdefinition bei der Qualitätskontrolle für die Produktion sowie nicht abgestimmte Einsteuerung von konstruktiven Änderungen (P). Schließlich wurde der geplante Arbeitsablauf durch die Bearbeitung einer hohen Anzahl unterschiedlichster Projekte gestört, da die Verantwortlichkeiten für bestimmte Themenstellungen nicht ausreichend im Prozess festgelegt waren (P).

Des Weiteren zieht eine unzureichende Prozessdefinition **Überproduktion** nach sich. Es werden im Entwicklungsprozess erstellte Dokumente nicht weiter genutzt sowie Dokumente unnötigerweise umformatiert (P). Im Forschungsprojekt handelt es sich bei geforderten, aber in der Entwicklung, aufgrund unpassender Prozessvorgaben, nicht genutzten Dokumenten, z. B. um Terminpläne oder Montagezeichnungen (P). Letztere hätten für eine bessere Ressourcennutzung der Entwicklung in der Arbeitsvorbereitung bzw. Fertigung selbst erstellt werden können (P). Ein weiteres Beispiel zeigt Überproduktion in Form von Dokumenten (Zwischen-) Ergebnissen aus der Vorentwicklung, die aufgrund fehlender Schnittstellendefinition zum Entwicklungsprozess nicht direkt genutzt werden konnten (P).

Unzureichende Wiederverwendung in Folge einer unzureichenden Prozessdefinition zeigt sich in Form von erneutem Erarbeiten im Unternehmen vorhandener (Zwischen-) Ergebnisse (P). So war z. B. kein Prozess für die Abhandlung von Problemlösungsvorgängen (inkl. Dokumentation) definiert, sodass ähnliche Probleme mehrfach erneut und ohne die Nutzung von Erfahrungswissen gelöst werden mussten (P, Beherrschung der Vielfalt).

Fehler können aufgrund unzureichender Prozessdefinition auftreten (P). Im Forschungsprojekt wurden in einem Fall Kundenanforderungen nicht erfüllt, da diese, aufgrund einer fehlenden Definition der Verantwortlichkeit für deren Erhebung innerhalb des Prozesses, nicht vollständig bekannt waren (P). Darüber hinaus entstanden Fehler bei der Montage, da die Kommunikation konstruktiver Änderungen durch fehlende Definition der erforderlichen Abläufe nicht stattfand.

Überbearbeitung wurde nicht als Folge einer unzureichenden Prozessdefinition beobachtet.

Unzureichende Prozessstandards

Verzögerungen werden aufgrund unzureichender Prozessstandardisierung vor allem bei der Interaktion von organisatorischen Einheiten gefolgt von Verzögerungen an bestimmten Stellen sowie durch fehlende Kenntnis über die Aktualität oder Gültigkeit von Informationen beobachtet (P). Beispielsweise wichen Arbeitspakete in der Bearbeitung von ihrem Zeitplan ab, da kein standardisiertes Vorgehen für das Abarbeiten von Iterationen aufgrund von Fehlern umgesetzt war (P). Fehlerbehebungsmaßnahmen wurden fallabhängig neudefiniert und dadurch Potenziale ähnlicher, z. B. in früheren Projekten gelöster, Fehler nicht genutzt (P). Darüber hinaus wurde die fehlende Definition von Standardabläufen für die Übergabe von Informationen innerhalb von Abteilungen und insbesondere bei Abteilungsschnittstellen an mehreren Stellen als

Ursachen für Wartezeiten beobachtet (P). Es besteht darüber hinaus durch unzureichende Prozessstandards die Gefahr unerwünschter Vielfalt, z. B. zur Überprüfung auf Gleich- und Wiederholteilverwendung.

Unterbrechungen in Form von Störungen geplanter Tätigkeiten und ungeplant parallel zu erledigender Tätigkeiten wurden als Folge unzureichender Prozessstandards beobachtet (P). So wurden Unterbrechungen unter anderem durch häufige Anfragen anderer Abteilungen an die Entwicklung verursacht, obwohl die nachgefragten Themen und die Entscheidungskompetenz darüber außerhalb der Entwicklung angesiedelt waren (P). Standardprozesse zum Umgang mit solchen Themen fehlten (P). Dies galt auch für die Unterbrechung von Tätigkeiten außerhalb von Projekten, die aufgrund fehlender prozessualer Vorgaben nur geringes Gewicht gegenüber Projektaufgaben hatten (P).

Unzureichende Wiederverwendung aufgrund unzureichender Prozessstandards zeigt sich in mehrfachem Erarbeiten von (Zwischen-) Ergebnissen (P). Im Forschungsprojekt fehlten geeignete Standardprozesse für eine umfassende Wiederverwendung bestehender Baugruppen und -teile (P). Darüber hinaus waren prozessuale Standards für den Umgang mit Fragen aus anderen Abteilungen nicht vorhanden, sodass bereits erarbeitete Informationen nicht erneut genutzt werden konnten (P).

Überbearbeitung kann aufgrund unzureichender Prozessstandards, fehlender Vorgaben und Richtlinien für den in (Zwischen-) Ergebnissen zu erzeugenden Detailgrad aus Prozess- / Kundensicht entstehen (P). Im Forschungsprojekt galt es aufwändige offizielle Dokumente zur Kommunikation zwischen Unternehmensbereichen zu erstellen, die nicht in ihrem vollen Informationsumfang genutzt wurden.

Weder **Überproduktion** noch **Fehler** wurden als Folge von unzureichenden Prozessstandards beobachtet.

Unzureichende Prozesseinhaltung

Verzögerungen treten in Folge unzureichender Prozesseinhaltung wiederkehrend an bestimmten Stellen auf bzw. bedeuten Warten auf die Ergebnisse bestimmter vorheriger Prozessschritte (P). Des Weiteren kann es zu Verzögerungen bei der Interaktion von organisatorischen Einheiten oder Zeitverzug durch fehlende Kenntnis der Aktualität und bzw. oder Gültigkeit bestimmter Informationen kommen (P). Insgesamt kam es im Forschungsprojekt zu Verzögerungen durch u. a. fehlende Einhaltung der Prozesse zur Anforderungsermittlung und zur abteilungsübergreifenden Informationsübergabe zwischen bestimmten Prozessschritten (P).

Unzureichende Prozesseinhaltung zieht **Unterbrechungen** durch unterschiedliche ungeplante Tätigkeiten sowie durch Anfragen aus der Fertigung nach sich (P). So entstanden Störungen durch das Umsetzen von Änderungswünschen, ohne eine vorherige Abstimmung mit den Verantwortlichen (P). Weitere Beispiele für fehlendes Einhalten von Abläufen waren Störungen durch Übernehmen von Aufgaben anderer, u. a. von Freigabeprozessen, und durch häufige Anfragen aus anderen Bereichen welche nicht im Aufgabenbereich der kontaktierten Person lagen (P). Außerdem erfolgten unnötige Qualitätskontrollen der Endprodukte bzw. Bauteile durch die Entwicklung, aufgrund fehlender Einhaltung der Abläufe zur Informationsverarbeitung und -weitergabe bei konstruktiven Änderungen durch die Produktion (P). Schließlich führte die

fehlende Einhaltung von Besprechungsabläufen und somit erschwerte Entscheidungsfindung zu Unterbrechungen durch Folgebesprechungen (P).

Überproduktion aufgrund unzureichender Prozesseinhaltung wird in Form von im Entwicklungsprozess erarbeiteten (Zwischen-) Ergebnissen, die nicht weiter genutzt werden, sichtbar (P). So erfüllten z. B. Design Reviews nicht ihren Zweck, da der zugrundeliegende Prozess nicht ausreichend durch die betroffenen Personen gelebt wurde (P).

Unzureichende Prozesseinhaltung äußert sich in Form von erneutem Erarbeiten von (Zwischen-) Ergebnissen als **unzureichende Wiederverwendung** (P). Im Forschungsprojekt wurden erforderliche Prozesse zur Datenablage durch das bestehende Informationssystem nicht eingehalten, sodass ähnliche Bauteile erneut konstruiert wurden (P, Beherrschung der Vielfalt).

Durch unzureichende Prozesseinhaltung können **Fehler** auftreten; bspw. in Form unzureichender Produktqualität aufgrund, zwar im Entwicklungsprozess vorgeschriebenen, aber nicht durchgeführten Versuchen (P).

Überbearbeitung wurde im Forschungsprojekt nicht als Folge unzureichender Prozesseinhaltung beobachtet.

Fehlende Definition von Vorgehensweisen

Während eine fehlende Definition von Vorgehensweisen weder als Ursache für **Verzögerungen** und **Unterbrechungen** noch für **unzureichende Wiederverwendung** bzw. **Fehler** oder **Überbearbeitung** beobachtet wurde, ist die Situation für **Überproduktion** eine andere: Es werden aufgrund der Vorgaben im Produktentwicklungsprozess Ergebnisse erarbeitet, die nicht weiter genutzt werden (P). Beispielsweise wurde im Forschungsprojekt die Erstellung einer spezifischen Stücklistenversion gefordert, die im weiteren Verlauf aufgrund fehlender Vorgaben nicht genutzt wurde (P).

Fehlende Definition von Methoden

Verzögerungen können in Folge einer fehlenden Definition von einzusetzenden Methoden wiederkehrend an bestimmten Stellen auftreten (P). So entstand im Forschungsprojekt Zeitverzug durch zusätzliche Recherche, da Informationen aus anderen Abteilungen unvollständig an die Entwicklung geliefert wurden (P). Der Informationsfluss wurde nicht methodisch (z. B. anhand von Checklisten) unterstützt (P).

Eine fehlende Vorgabe von Methoden kann zu **Unterbrechungen** durch ungeplante Tätigkeiten führen (P). Im Forschungsprojekt kam es Bspw. für Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zu ungeplanten und z. T. unnötigen Besprechungen, da keine methodischen Vorgaben (z. B. Checklisten) für die Reflexion von Zielen sowie Inhalten und somit den erforderlichen Teilnehmerkreis existierten (P). Gleiches galt für Unterbrechungen durch eine fehlende methodische Unterstützung des abteilungsübergreifenden Informationsflusses (P).

Weder **Überproduktion** oder **unzureichende Wiederverwendung** noch **Fehler** und **Überbearbeitung** traten als Folge der fehlenden Definition von Methoden zu Tage.

Fehlende Prozessanalyse, -reflexion

Verzögerungen treten durch eine fehlende Prozessanalyse und -reflexion hauptsächlich wiederkehrend an bestimmten Stellen auf, gefolgt von Warten auf nicht verfügbare Informationen bzw. (Zwischen-) Ergebnisse, da Verbesserungsbedarf von Prozessen nicht erkannt wird (P). Im Forschungsprojekt wurde aufgrund der fehlenden Analyse vergangener Prozessdurchläufe der Bedarf für die Anpassung von Prozessen nicht erkannt (P). Deshalb kam es zu Wartezeiten bei der Übergabe von (Zwischen-) Ergebnissen an interne wie externe Kunden (P). Zudem traten Wartezeiten bei der Suche nach Dokumenten bzw. durch die ungeeignete Vergabe, gegenüber dem geplanten Umfang, zusätzlicher Aufgabenpakete an Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf (P).

Eine unzureichende Analyse und Reflexion der Prozesse resultiert in **Unterbrechungen** durch ungeplante Tätigkeiten sowie der Notwendigkeit mehrere Tätigkeiten ungeplanter Weise parallel zu erledigen (P). So führte z. B. die fehlende Analyse der Abläufe, zur Entscheidung für neue Projekte sowie deren Planung und Start dazu, dass die negativen Synergieeffekte zwischen den neuen und bestehenden Projekten nicht durch geeignete Prozessweiterentwicklung behoben werden konnten (P). Für die Erstellung einer Projektplanung war zusätzlicher Aufwand erforderlich, weil durch die unzureichende Analyse und Reflexion vergangener Projekte, auf wiederkehrende Muster keine Erfahrungswerte genutzt werden konnten (P).

Weiterhin werden durch fehlende Prozessanalyse und -reflexion im Entwicklungsprozess (Zwischen-) Ergebnisse erarbeitet, die **nicht wiederverwendet** werden (P). Beispielsweise wurden Lösungswege für die Behebung ähnlicher Fehler mehrfach erarbeitet, da die Problemlösungsvorgänge nicht reflektiert wurden (P, Beherrschen der Vielfalt).

Fehler können in Folge unzureichender Analyse und Reflexion der Prozesse auftreten (P). Durch die fehlende Reflexion vergangener Fehler kam es im Forschungsprojekt erneut zu gleichen bzw. ähnlichen Fehlern (P).

Sowohl **Überproduktion** als auch **Überbearbeitung** traten nicht als Konsequenz fehlender Prozessanalyse und -reflexion auf.

Fehlende Prozessweiterentwicklung

Unzureichende Weiterentwicklung von Prozessen äußert sich hauptsächlich durch wiederkehrendes Warten auf (Zwischen-) Ergebnisse bestimmter Prozessschritte, gefolgt von **Verzögerungen** bei der Interaktion von organisatorischen Einheiten (P). Bereits be- bzw. erkannter Verbesserungsbedarf wird nicht umgesetzt (P). Im Forschungsprojekt entstanden so Verzögerungen weil der Prozess zur abteilungsübergreifenden Informationsübergabe zwischen Prozessphasen nicht auf bekannte äußere Einflüsse angepasst wurde, z. B. in Form von Verzögerungen in der Serienentwicklung aufgrund fehlender Anforderungsdaten (P).

Unterbrechungen durch ungeplante Tätigkeiten treten in Folge fehlender Prozessweiterentwicklung auf (P). Neben dem obengenannten zusätzlichen Aufwand für die Erstellung einer Projektplanung als solches, war es im Fehlerfall erforderlich, umfassende zusätzliche Planungstätigkeiten durchzuführen (P). Fehler und deren Beseitigung innerhalb vergangener Projekte

wurden nicht auf Muster hin analysiert. Erkenntnisse daraus konnten nicht für eine Weiterentwicklung des Prozesses genutzt werden, z. B. in Form von standardisierten Prozessbausteinen für die situative Planung von Problemlösungsvorgängen (P).

Schließlich entstehen Fehler aufgrund unzureichender Prozessweiterentwicklung (P). So traten im Forschungsprojekt wiederholt Fehler bei der Montage auf, da diese im definierten Prozessablauf zu spät über Änderungen informiert wurde (P). Zudem kam es mehrfach zu ähnlichen Fehlern, da keine Prozessanpassungen zur nachhaltigen Vermeidung durchgeführt wurden (P).

Fehlende Prozessentwicklung war im Rahmen des Forschungsprojektes keine Ursache von **Überproduktion** bzw. **unzureichender Wiederverwendung** oder **Überbearbeitung**.

Ungeeignete Entscheidungsprozesse

Verzögerungen können in Folge unzureichender Entscheidungsprozesse wiederkehrend an bestimmten Stellen auftreten (P). Zudem ergeben sich dadurch Verzögerungen bei der Interaktion von organisatorischen Einheiten (P). Im Forschungsprojekt kam es zu Verzögerungen durch die fehlende oder unzureichende Definition von Verantwortlichkeiten bei der Entscheidungsfindung (P). Letzte führte am Beispiel der Verteilung der Entscheidungsverantwortung auf zu viele Personen zu einem Abbau der Entscheidungsfreudigkeit (P).

Überproduktion entsteht im Rahmen ungeeigneter Entscheidungsprozesse durch späte Anforderungsänderungen, sodass bereits erarbeitete (Zwischen-) Ergebnisse nicht weitergenutzt werden können (P). In einem Beispiel aus dem Forschungsprojekt erfolgte die Entscheidung für Varianten unsystematisch ohne Einbeziehen von abteilungsübergreifenden Anforderungen an Varianten, sodass die Variantenbildung unter Umständen ungeeignet verlief (P). Es fehlten prozessuale Vorgaben für die Entscheidungsfindung bezüglich neuer Varianten (P). (Planung der Vielfalt)

Weder **unzureichende Wiederverwendung** und **Fehler** noch **Unterbrechungen** oder **Überbearbeitung** traten als Folgen von ungeeigneten Entscheidungsprozessen auf.

Die **Interviewergebnisse** bestätigen die oben beschriebenen Verknüpfungen für die Ursachenkategorie Prozessmanagement. In den Unternehmen sind verschiedene Prozessabläufe für unterschiedliche Projektumfänge zwar definiert, allerdings ist deren Detailgrad in einem Teil der Unternehmen nicht in jeder Hinsicht ausreichend (I) (siehe auch Verknüpfungen der Unterkategorie Prozessdefinition). Dadurch kommt es bei der Informationsübergabe zwischen Prozessschritten und Arbeitspaketen zu Brüchen und somit zu Informations- sowie Zeitverlust (I). Prozesse werden zwar nicht in Folge von Änderungen der Produktarchitektur angepasst, allerdings sehr wohl an die Produktart bzw. an die situativen Anforderungen von Projekten (I). Als Ursache für Fälle, in denen die Prozesse nicht eingehalten werden, wird Zeitdruck genannt (I). Da in keinem der Unternehmen explizit Standardprozesse für die Gestaltung der Produktarchitektur umgesetzt sind (I), ist es hinsichtlich einer nachhaltigen, vielfaltsgerechten Produktgestaltung wichtig, dass definierte Prozesse vollständig durchgeführt werden, wie Prozesse des Anforderungsmanagements oder der Recherche nach ähnlichen Lösungen. Zwar existiert in allen Unternehmen das Bestreben einen möglichst hohen Anteil Gleich- und Wiederholteile einzu-

setzen bzw. Module oder Baugruppen wiederzuverwenden (I). Allerdings bestehen nicht in allen Unternehmen prozessuale Vorgaben für die Umsetzung dieses Bestrebens (I). Man arbeitet ausgehend von möglichst ähnlichen Produkten anhand von Entwicklungsrichtlinien (I). Meist besteht keine methodische Unterstützung für die Wiederverwendung von bestehenden Lösungen, bzw. sie befindet sich im Aufbau (I). Dadurch sind bestehende Lösungen bspw. schlecht auffindbar, weil die methodische Unterstützung zur Klassifikation und Ablage von neuen Lösungen in Form von Regeln und Checklisten fehlt oder noch nicht umfassend genug zum Einsatz kommt (I). Zum Teil wurden Vorgehensweisen und Methoden zur Definition von Standardbauteilen und -gruppen in den Unternehmen angedacht oder ausprobiert, sie sind aber bisher nicht im Prozess verankert (I).

Verknüpfungen – Ursachenkategorie Informationsfluss

Unzureichende Abbildung und Einhaltung von in der Produktentwicklung erforderlichen Informationsflüssen löst in erster Line Verzögerungen und Unterbrechungen aus. Darüber hinaus entsteht dadurch Überproduktion und vorhandene (Zwischen-) Ergebnisse werden nicht wiederverwendet. Fehler werden durch unzureichende Informationsflüsse nur in geringem Maße ausgelöst, Überbearbeitung gar nicht. Die SU-DMM für die Ursachenkategorie Informationsfluss zeigt Bild 3-8.

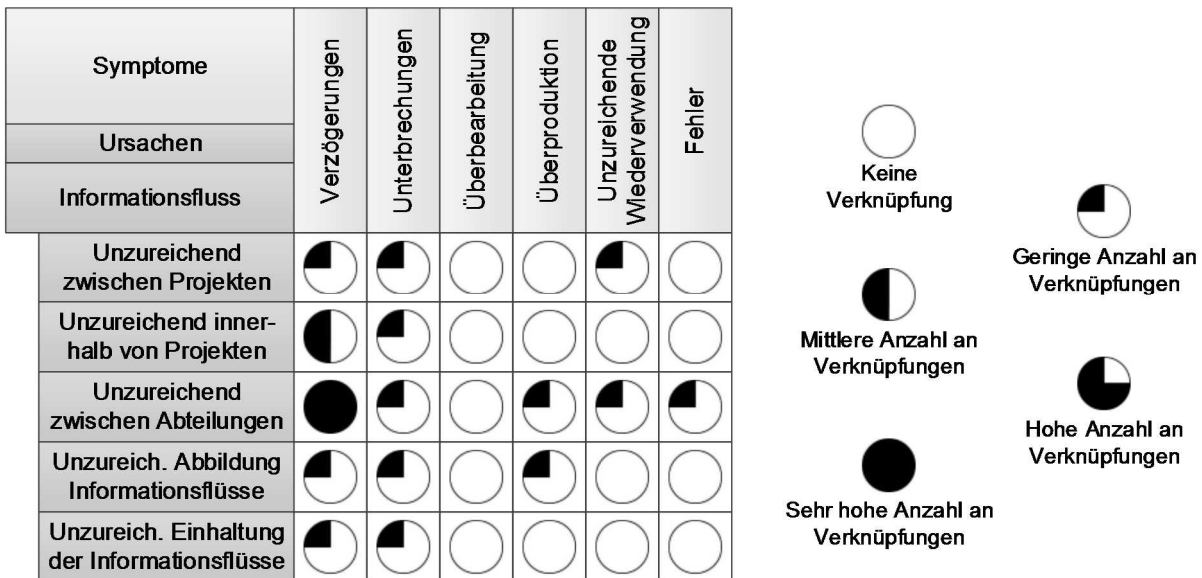


Bild 3-8: SU-DMM für Ursachenkategorie Informationsfluss

Unzureichender Informationsfluss zwischen Projekten

Verzögerungen aufgrund unzureichenden Informationsflusses zwischen Projekten äußern sich in Form von Warten auf die Ergebnisse vorhergehender Prozessschritte (P). So durchliefen Bauteile unnötig viele Iterationsschleifen zwischen Versuch und Entwicklung, da keine geeigneten Softwaretools zur Simulation bestimmter Lastfälle verfügbar waren (P).

Unzureichender Informationsfluss zwischen Projekten verursacht **Unterbrechungen** durch ungeplante Tätigkeiten (P). So verursachte eine hohe Anzahl an unnötigen E-Mails Störungen, da

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu viele weitere Personen in den Verteiler einbinden, um die Verantwortung, für von ihnen getroffene Entscheidungen, zu teilen (P).

Unzureichende Wiederverwendung kann ebenfalls durch unzureichende Informationsflüsse zwischen Projekten verursacht werden, sodass vorhandene (Zwischen-) Ergebnisse erneut erarbeitet bzw. nicht wiederverwendet werden (P). Dabei kann es sich auch um Erkenntnisse aus Kundenreklamationen handeln (P). Im Forschungsprojekt wurden diese nicht auf geeignete Weise dokumentiert und kommuniziert, sodass kein Informationsfluss zwischen zwei Problemlösungsvorgängen stattfinden konnte (P). Zudem fehlte Transparenz über bereits im Unternehmen vorhandene Lösungen und Produkte, sodass ggf. ähnliche Lösungen, entgegen eines nachhaltigen Variantenmanagements, mehrfach entwickelt wurden (P).

Unzureichender Informationsfluss zwischen Projekten wurde nicht als Ursache für **Fehler** oder **Überbearbeitung** bzw. **Überproduktion** beobachtet.

Unzureichender Informationsfluss innerhalb von Projekten

Verzögerungen in Folge eines unzureichenden Informationsflusses innerhalb von Projekten treten häufig immer wieder an bestimmten Stellen bzw. innerhalb von Organisationseinheiten auf (P). Zudem werden Wartezeiten bei der Interaktion organisatorischer Einheiten, und ein erhöhter zeitlicher Aufwand für Führungskräfte den aktuellen Projektstatus zu ermitteln, verursacht (P). Beispielsweise fand der erforderliche Informationsfluss zur Nachverfolgung von Projekten nicht statt, sodass die Rekapitulation von Entscheidungen und der Erfüllungsgrad der Projektarbeitspakete nur mit hohem Aufwand zu ermitteln war (P). Die fehlende Definition von Verantwortlichkeiten unterschiedlicher Entwicklungsabteilungen äußert sich in unzureichenden Informationsflüssen innerhalb von Projekten (P). Unzureichende Informationsflüsse innerhalb von Projekten zogen Verzögerungen nach sich, da abteilungsintern erforderliche Informationsflüsse nur z. T. und implizit bekannt waren (P). Somit war eine systematische Umsetzung des Pull-Prinzips nicht möglich (P). Gleiches galt im Falle der für ein Projekt erforderlichen Informationsflüsse zwischen Abteilungen (P).

Unterbrechungen durch ungeplante Tätigkeiten werden durch unzureichende Informationsflüsse innerhalb von Projekten ausgelöst (P). Im Forschungsprojekt wurden Besprechungsergebnisse bzw. definierte Aufgaben unterschiedlich wahrgenommen und umgesetzt, da die für die Ausführung verantwortlichen Personen häufig nicht in der Besprechung anwesend waren (P). Somit entstanden Störungen der geplanten Tätigkeiten dieser Personen (P). Weiterhin entstanden Störungen durch eine hohe Anzahl an unnötigen E-Mails: Um die Verantwortung für die Reaktion auf bestimmte Sachverhalte zu teilen, wurden E-Mails an unnötig große Verteiler versandt (P).

Überproduktion in Form des Ausführens von Tätigkeiten, deren Ergebnisse nicht weiter genutzt werden, stellen eine mögliche Folge unzureichender Informationsflüsse innerhalb von Projekten dar (P). So wurden bspw. (interne) Projekte nicht zu Ende geführt, sondern verliefen sich im Sand, weil den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ihre Verantwortlichkeit nicht kommuniziert wurde (P).

Ein unzureichender Informationsfluss innerhalb von Projekten zieht keine Symptome unzureichender Leistung wie **unzureichende Wiederverwendung** und **Fehler** sowie **Überbearbeitung** nach sich.

Unzureichender Informationsfluss zwischen Abteilungen

Verzögerungen durch unzureichenden Informationsfluss zwischen Abteilungen treten in erster Linie bei der Interaktion zwischen organisatorischen Einheiten auf, gefolgt von wiederkehrenden Verzögerungen an bestimmten Stellen (P). Daran schließen sich Wartezeiten für (Zwischen-) Ergebnisse aus vorhergehenden Prozessschritten bzw. bei bestimmten Prozessschritten aber auch Verzögerungen innerhalb von Organisationseinheiten an (P). Im Einzelnen gestaltete sich das wie folgt: Es entstand zusätzlicher Aufwand zur Erstellung von Spezifikationen bzw. zur Erhebung von Anforderungen, da der Vertrieb diese Informationen nicht im vorgesehenen Maße an die Entwicklung lieferte (P). Auch die verfrühte Übergabe von Entwicklungsumfängen aus der Vor- an die Serienentwicklung kann fehlende Kenntnis von Anforderungen zur Folge haben (P). Häufig entstanden Verzögerungen durch fehlenden Informationsfluss zwischen den, an der Prototypenentwicklung sowie am -bau und an den -tests beteiligten Abteilungen (P). Unter anderem wurden nach Abschluss bestimmter Tätigkeiten weder deren Status noch die (Zwischen-) Ergebnisse an andere Abteilungen weitergegeben (P). In einem anderen Fall wurden Versuchsspezifikationen nicht vollständig übergeben, sodass in der Versuchsabteilung zusätzlicher Aufwand zu bewältigen war (P). Auch die fehlende Definition von Verantwortlichkeiten unterschiedlicher Entwicklungsabteilungen zeigt sich in unzureichenden Informationsflüssen zwischen diesen (P). Durch die Übernahme einer Aufgabe aus der Nachbarabteilung entstand innerhalb der eigenen erheblicher Mehraufwand (P). In einem weiteren Beispiel wurden Arbeitspakete verspätet bearbeitet, da Besprechungsprotokolle verzögert verteilt wurden (P). Fehlende Informationen zu verfügbaren Fertigungsverfahren und erzielbaren Geometrien bzw. Oberflächenqualitäten führten zu unerwünschten Iterationen (P). Schließlich äußerte sich unzureichende Kommunikation zwischen Abteilungen in Verzögerungen, da die dafür einzusetzende Werkzeugunterstützung nicht auf die Belange der Entwicklung abgestimmt war (P).

Unzureichender Informationsfluss zwischen Abteilungen verursachte **Unterbrechungen** durch Anfragen aus der Fertigung bzw. durch ungeplante Tätigkeiten (P). Im Forschungsprojekt waren dies durch, häufig wiederkehrende, zum gleichen Thema gestellte Fragen der Fertigung bzw. des Einkaufs (P), da die Antworten nicht dokumentiert wurden. Zudem wendeten sich die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus der Fertigung nicht an die vorgesehenen Ansprechpersonen im Qualitätsmanagement, sondern an die Entwicklungsabteilung.

Überproduktion, also das Durchführen von Tätigkeiten, deren Ergebnisse nicht weiter genutzt werden bzw. unnötiges Umformatieren von Dokumenten, kann eine Folge unzureichender Informationsflüsse zwischen Abteilungen darstellen. Weiterhin verursacht dies Überproduktion durch späte Anforderungsänderungen, sodass bereits erarbeitete (Zwischen-) Ergebnisse nicht weiter genutzt werden können (P). So ließen sich im Forschungsprojekt in anderen Abteilungen erzeugte (Zwischen-) Ergebnisse in der Entwicklung nicht direkt, ohne Aufbereitungsschritte nutzen bzw. werden nicht hinreichend kommuniziert (P). Ein weiteres Beispiel stellen Vorentwicklungsprojekte dar, die zwar Ergebnisse mit einem hohen Reifegrad lieferten, aber aufgrund

fehlender Kommunikation der strategischen Ziele innerhalb der Entwicklung nicht weiterverfolgt wurden (P, Planung, Gestaltung und Beherrschung der Vielfalt).

Aufgrund unzureichender Informationsflüsse zwischen Abteilungen werden vorhandene (Zwischen-) Ergebnisse **nicht wiederverwendet** (P). In einem Fall des Forschungsprojektes erfolgte die Variantenbildung unsystematisch, da eine Übersicht über angenommene bzw. abgelehnte Anforderungen des Vertriebs und deren Umsetzung in Produkten fehlte (P). Es war somit aufgrund unzureichender Abstimmung mit dem Vertrieb nicht möglich eine langfristige Strategie für die Produktgestaltung zu definieren und zu verfolgen (P). Die Ergebnisse aus Problemlösungsvorgängen in der Prototypenphase wurden in einem weiteren Fall nicht nachhaltig gelöst bzw. die problemverursachenden Fehler traten erneut auf (P). Die im Prototypenbau erkannten Fehler, wurden nicht an die Entwicklungsabteilung weitergegeben sondern direkt behoben (P).

Es treten **Fehler** aufgrund von unzureichenden Informationsflüssen zwischen Abteilungen auf (P). Beispielsweise ereigneten sich Fehler bei der Montage, da konstruktive Änderungen nicht kommuniziert worden waren (P). Darüber hinaus zog das eigenständige Durchführen von Änderungen durch den Prototypenbau Fehler nach sich, da die Entwicklungsabteilung nicht über die Änderungen informiert war (P). Schließlich wurden Kundenanforderungen durch die entwickelten Produkte nicht erfüllt, da die Kommunikation mit dem Vertrieb nicht umfassend war (P).

Überbearbeitung wurde nicht als Folge eines unzureichenden Informationsflusses zwischen Abteilungen beobachtet.

Unzureichende Abbildung der Informationsflüsse

An bestimmten Stellen wiederkehrende **Verzögerungen** werden durch fehlende Abbildung erforderlicher Informationsflüsse ausgelöst. Das gilt auch für Verzögerungen bei der Interaktion organisatorischer Einheiten oder durch Warten auf nicht verfügbare Informationen (P). Im Forschungsprojekt war den beteiligten Personen häufig nicht klar, welche Informationen wann sowie in welchem Umfang und an wen zu liefern waren (P). Somit musste aufwändig nach richtigen Ansprechpersonen für bestimmte Fragestellungen gesucht werden, da solche Informationsflüsse nicht dokumentiert waren, z. B. bei der Prototypenentwicklung und -fertigung (P). Durch die fehlende Abbildung von Vorgänger- und Nachfolgeraktivitäten, bzw. der In- und Outputs der Aktivitäten konnte kein systematisches Ziehen bzw. Anfordern (Pull-Prinzip, siehe Kapitel 2.2.2) von Informationen aus vorhergehenden Prozessschritten umgesetzt werden (P).

Die fehlende Abbildung erforderlicher Informationsflüsse äußerte sich in **Unterbrechungen**, wie Störungen geplanter Tätigkeiten (P). Beispielsweise wurden Entscheidungen verzögert und die Informationsbeschaffung für einzelne Arbeitspakete sehr aufwändig, weil erforderliche Informations- und Entscheidungswege nicht dokumentiert und somit nur implizit bekannt waren (P). Dies hatte eine ungerichtete Informationsweitergabe zur Folge (z. B. große E-Mail-Verteiler und Teilnehmeranzahl in Besprechungen).

Eine fehlende Abbildung der Informationsflüsse schlägt sich nicht in **Überproduktion** oder **unzureichender Wiederverwendung** bzw. **Fehler** und **Überbearbeitung** nieder.

Fehlende Einhaltung der Informationsflüsse

Fehlende Einhaltung von definierten Informationsflüssen führt zu wiederkehrenden **Verzögerungen** an spezifischen Stellen, wie auch bei der bei der Interaktion organisatorischer Einheiten (P). So entstanden Verzögerungen bzw. zusätzlicher Aufwand in der Entwicklung durch unvollständige Informationsübergabe in Entwicklungsaufträgen (P). Zudem fanden bei der Prototypenherstellung erforderliche Abstimmungen zwischen unterschiedlichen Abteilungen nicht statt (P). Es bestand die Gefahr, dass bestimmte Arbeitsschritte zwar abgeschlossen waren, aber die Bearbeiterinnen und Bearbeiter der nachfolgenden Prozessschritte nicht bzw. nur auf Nachfrage oder mit Zeitverzug über die Verfügbarkeit der (Zwischen-) Ergebnisse informiert wurden (P). Schließlich fand bei der Ressourcenplanung z. T. die Abstimmung zwischen Führungskräften unterschiedlicher hierarchischer Ebenen nur unzureichend statt (P). Dies äußerte sich in Verzögerungen durch Kapazitätsengpässe und durch Revidieren der ursprünglichen Planung (P).

Unterbrechungen in Folge fehlender Einhaltung von definierten Informationsflüssen treten in Form von häufig wiederkehrenden Anfragen aus der Fertigung auf (P). Dabei wurden im Forschungsprojekt nicht nur die Antworten auf wiederkehrende Fragen nicht dokumentiert, sodass bestimmte Informationsflüsse mehrfach durchlaufen werden mussten (P), sondern die Fragen wurden zudem den falschen Ansprechpartnern gestellt, wie z. B. Personen in der Entwicklung statt im Qualitätsmanagement. Darüber hinaus war es in einem Fall erforderlich, dass Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Entwicklung Änderungen prüften, welche ohne vorherige Abstimmung in der Fertigung erfolgten (P).

Weder für **Überproduktion**, noch **unzureichende Wiederverwendung** und **Fehler** sowie **Überbearbeitung** wurde eine fehlende Einhaltung der erforderlichen Informationsflüsse als Auslöser beobachtet.

Die **Ergebnisse der Interviews** unterstreichen die oben beschriebenen Verknüpfungen zwischen der Ursachenkategorie Informationsflüsse und den Symptomen unzureichender Leistung. Zwischen unterschiedlichen, wie auch innerhalb von Projekten, bestand kein formalisierter Informationsfluss. Viele Erkenntnisse wurden auf Zuruf ausgetauscht. Die Kommunikation sowohl zwischen und innerhalb von Abteilungen, wie auch zwischen und innerhalb von Projekten wird durch feste Regeltreffen mit entsprechendem Teilnehmerkreis umgesetzt. Dabei wurden, neben Protokollen, kaum Formalismen genutzt um Informationen zu erfassen und zu dokumentieren. Innerhalb der Regeltreffen wurden laufende Projekte diskutiert. Dabei wurden diese auf die aktuellen Hauptherausforderungen beschränkt, um dem zeitlichen Rahmen der Besprechungen Rechnung zu tragen. Grundsätzlich waren in allen Unternehmen (Zwischen-) Ergebnisse aus Projekten in digitalisierter Form zugänglich, wobei die Möglichkeiten diese wiederzufinden eingeschränkt waren. Dadurch wurde der Informationsfluss, z. B. zu anderen Projekten, ebenfalls begrenzt. Dokumente (wie Versuchsberichte, Zeichnungen, Produktdaten oder Lessons Learned) wurden z. T. in verschiedenen Abteilungen in unterschiedlichen Formen abgelegt. Unter anderem wurden Erkenntnisse und (Zwischen-) Ergebnisse häufig rein projektspezifisch abgelegt, sodass es für Außenstehende kaum ersichtlich war, von wo aus sie ggf. den Informationsfluss anstoßen sollten. (I)

Zusammenfassend ergibt sich durch die Einschränkungen bei der Umsetzung des Informationsflusses innerhalb und zwischen Projekten bzw. Abteilungen, dass wichtige Erkenntnisse bzw. vorhandene Lösungen an der erforderlichen Stelle nicht verfügbar waren (P). Dies erhöhte die Wahrscheinlichkeit unerwünschter Vielfalt im Produkt- und Teilespektrum (I). Es war nicht möglich bestehende Informationen optimal zur vielfaltsgerechten Produktgestaltung einzusetzen (I).

Verknüpfungen – Ursachenkategorie Daten und Dokumentation

Ursachen im Bereich Daten und Dokumentation sind hauptsächlich mit den Symptomen unzureichende Wiederverwendung und Verzögerungen, gefolgt von Unterbrechungen sowie Überproduktion verknüpft. Überbearbeitung und Fehler werden durch diese Kategorie nicht ausgelöst (siehe SU-DMM für Daten und Dokumentation in Bild 3-9).

Symptome	Verzögerungen	Unterbrechungen	Überbearbeitung	Überproduktion	Unzureichende Wiederverwendung	Fehler
Ursachen						
Daten und Dokumentation						
Unzureichende zentrale Datenablage						
Unzureichende Datenablagestruktur						
Unzureichende Standards						
Unzureich. Einhaltung der Standards						

Keine Verknüpfung

Geringe Anzahl an Verknüpfungen

Mittlere Anzahl an Verknüpfungen

Hohe Anzahl an Verknüpfungen

Sehr hohe Anzahl an Verknüpfungen

Bild 3-9: SU-DMM für Ursachenkategorie Daten und Dokumentation

Die Interviews stützen die Beobachtung, dass diese Symptome unzureichender Leistung in allen Unternehmen, bis auf eines, durch ungeeignete Daten und Dokumentation, wie eine fehlende zentrale Ablage wichtiger Informationen mit einer Kombination unterschiedlichster Ablagesysteme und -standards in verschiedenen Unternehmens- oder Entwicklungsabteilungen, verursacht wurden (I). Neben der Ausbildung solcher Inzellösungen stellt die Nicht-Einhaltung oder das Fehlen von Dokumentationsstandards eine Ursache für fehlende Leistung dar. (I) Es entstehen nicht nur Verzögerungen, sondern es werden auch unnötige Tätigkeiten durchgeführt: Informationen müssen zunächst aufwändig beschafft werden bzw. die eigentliche Tätigkeit muss für die Informationsbeschaffung unterbrochen werden (I). Darüber hinaus führen Defizite im Datenmanagement und bei der Dokumentation zu einer unerwünschten Erhöhung der Vielfalt, da die Wiederverwendung bestehender Lösungen und Erkenntnisse nur eingeschränkt möglich ist (I, Beherrschung der Vielfalt). Die Umsetzung geeigneter Informationssysteme ist eine entscheidende Voraussetzung für die Realisierung eines nachhaltigen Variantenmanagements (I, L).

Fehlende zentrale Datenablage

Unzureichende Wiederverwendung tritt in Folge einer fehlenden zentralen Datenablage auf: (Zwischen-) Ergebnisse sowie Besprechungsergebnisse werden nicht wiederverwendet bzw. neu erarbeitet (P). Im Forschungsprojekt wurden Informationen zur Projektplanung und -nachverfolgung nicht zentral abgelegt und waren so nicht als Grundlage für erneute Planungsaufgaben verfügbar (P). Ebenfalls wurden Ergebnisse aus Projektarbeitspaketen nur lokal bzw. nicht in an einem allen Projektbeteiligten zugänglichen Ort abgelegt, sodass keine optimale Übergabe zwischen Arbeitspaketen stattfinden konnte (P). Ähnliches gilt nicht nur für die Dokumentation von Besprechungsergebnissen sowie von Ergebnissen und Argumentationsketten aus Entscheidungsprozessen Problemlösungsvorgängen, sondern auch für die Dokumentation von Antworten auf häufig wiederkehrende Fragen aus anderen Abteilungen (P): Durch eine fehlende zentrale Ablage waren diese Informationen nicht für die Wiederverwendung zugänglich (P). In einem weiteren Fall waren nicht alle Produktdaten zentral in digitaler Form verfügbar, sodass ggf. vorhandene Produkte nicht im Sinne einer variantengerechten Produktgestaltung wiederverwendet werden konnten (P). Schließlich wurde Experten-Know-How nicht dokumentiert, sodass es durch andere in deren Abwesenheit nicht genutzt werden konnte (P).

Verzögerungen durch einen hohen zeitlichen Aufwand für die Ermittlung des aktuellen Projektstatus sowie durch wiederkehrende Wartezeiten an bestimmten Stellen bzw. durch fehlende Kenntnis über die Aktualität bzw. Gültigkeit von Informationen können ein Resultat fehlender zentraler Datenablage darstellen (P). Innerhalb des Forschungsprojektes entstanden Verzögerungen dadurch, dass keine zentrale Datenbank für die Dokumentation häufig wiederkehrender Fragen oder Gesprächsergebnisse vorhanden war (P). Gleiches gilt für die fehlende zentral zugängliche Dokumentation von Versuchsspezifikationen und -ergebnissen (P). Weiterhin erfolgte keine zentrale Ablage von Informationen zur Projektplanung und -nachverfolgung sowie der Dokumentation von Entscheidungsfindungsprozessen und deren Ergebnisse, sodass der Zeitaufwand diese Daten zusammenzuführen immens war (P). Die Tatsache, dass nicht alle vorhandenen Produkte zentral in digitaler Form verfügbar waren, zog einen hohen Zeitaufwand bei der Suche bestehender Lösungen nach sich. Schließlich entstanden Wartezeiten durch das redundante Speichern sowie die fehlende Pflege von Dokumenten an mehreren Orten, deren Lokalität für nicht unmittelbar Beteiligte nicht nachvollziehbar war (P).

Unterbrechungen, durch ungeplante Tätigkeiten oder Anfragen z. B. aus dem Vertrieb, werden u. a. durch eine fehlende zentrale Datenablage verursacht (P). So standen im Forschungsprojekt nur vereinzelt zentral dokumentierte Informationen zu bestimmten wiederkehrenden Abläufen bzw. Fragen aus anderen Abteilungen, wie dem Vertrieb, zur Verfügung (P), sodass die geplanten Entwicklungstätigkeiten häufig durch Rückfragen unterbrochen wurden.

Eine fehlende zentrale Datenablage kann **Überproduktion** in Form von Tätigkeiten, deren Ergebnisse nicht genutzt werden, auslösen (P). Im Forschungsprojekt wurden u. a. durch fehlende Möglichkeiten zur zentral zugänglichen Dokumentation, Informationen an mehreren Orten redundant gespeichert, aber gleichzeitig keine Verantwortlichkeiten für deren Pflege festgelegt (P). Somit kam es zu unnötigen Arbeitsschritten, wie der erneuten Aufbereitung an anderer Stelle bereits in der benötigten Form verfügbarer Informationen (P).

Unzureichende Datenablagestruktur⁶¹

Unzureichende Wiederverwendung kann durch unzureichende Datenablagestrukturen verursacht werden, sodass (Zwischen-) Ergebnisse erneut erarbeitet und nicht wiederverwendet werden (P). Dies umfasst auch eine fehlende Wiederverwendung von Erkenntnissen aus der Abarbeitung von Kundenreklamationen (P). Innerhalb des Forschungsprojektes wirkte sich eine fehlende oder unzureichend definierte Datenablagestruktur in unterschiedlichen Bereichen aus, wie der Ablage von (Zwischen-) Ergebnissen aus Projektarbeitspaketen oder Zeichnungen und Produktdokumentationen sowie von Erkenntnissen aus Problemlösungsvorgängen bzw. Projektplanungs- und Nachverfolgung in unzureichender Wiederverwendung (Beherrschung von Vielfalt).

Unzureichende Datenablagestrukturen schlagen sich in **Verzögerungen** in der Form fehlender Verfügbarkeit von Informationen und an bestimmten Stellen im Prozess durch wiederkehrende Wartezeiten nieder (P). Durch unzureichende Ablagestrukturen und fehlende Pflegeverantwortlichkeiten entstand im Forschungsprojekt hoher zusätzlicher Zeitaufwand für die Recherche nach benötigten Informationen: Informationen wurden redundant an mehreren Orten und in verschiedensten Formaten gespeichert, wobei die Speicherorte für andere Personen z. T. schwer auffindbar und nachvollziehbar waren (P). Zudem wurden diese Informationen nicht gepflegt (P).

Einen Auslöser für **Überproduktion**, d. h. für die Durchführung von Tätigkeiten deren Ergebnisse nicht genutzt werden, stellen unzureichende Datenablagestrukturen dar (P). Durch redundantes Speichern von Informationen an mehreren Orten, also das Fehlen definierter und nachvollziehbarer Ablagestrukturen, wurden Informationen mehrfach mit dem gleichen Ergebnis aufbereitet (P).

Unterbrechungen wurden im Forschungsprojekt nicht durch eine unzureichende Datenstruktur ausgelöst.

Unzureichende Dokumentationsstandards

Unzureichende Wiederverwendung tritt in Folge unzureichender Dokumentationsstandards auf. Dabei werden (Zwischen-) Ergebnisse erneut erarbeitet sowie Besprechungsergebnisse nicht aufgegriffen (P). Im Forschungsprojekt wurde beobachtet, dass aufgrund der fehlenden einheitlichen Dokumentationsvorgaben, die Ergebnisse aus Besprechungen nicht verbreitet wurden (P).

Verzögerungen aufgrund unzureichender Dokumentationsstandards zeigen sich vor allem durch Warten auf nicht verfügbare Informationen, gefolgt von wiederkehrenden Verzögerungen an bestimmten Stellen im Prozess sowie hohem zeitlichen Aufwand für die Ermittlung des Projektstatus (P). So war im Forschungsprojekt das Wiederfinden von Informationen bzw. Dateien durch fehlende Richtlinien für die Ablage von Informationen erschwert (P). Beispielsweise wurden Dokumente an mehreren Orten redundant abgespeichert oder unterschiedliche

⁶¹ Bezüglich zentraler Datenablage, z. B. digitale Ordnerstrukturen oder software-gestützte Informationssysteme

Speicherorte für gleiche Themengebiete genutzt (P). Darüber hinaus wurden vorhandene Speichersysteme, wie z. B. Ordnerstrukturen, nicht gepflegt und keine Verantwortlichkeiten für diese oder Unterstrukturen, wie einzelne Ordner, definiert, sodass die Suche nach Informationen beeinträchtigt wurde (P). Schließlich entstanden Verzögerungen durch fehlende Standards zur inhaltlichen Gestaltung der Dokumentation, z. B. für die Dokumentation von Berichten sowie Entscheidungen oder Lösungswege (P).

Unzureichende Dokumentationsstandards zeigten sich in **Unterbrechungen** durch ungeplante Tätigkeiten (P). Beispielsweise wurden Besprechungen durch fehlende Vorgaben weder vor- noch nachbereitet⁶², wodurch ungeplante Folgebesprechungen erforderlich wurden (P).

Überproduktion stellt eine Folge unzureichender Dokumentationsstandards dar, da Tätigkeiten durchgeführt werden, deren (Zischen-) Ergebnisse nicht genutzt werden oder Dokumente unnötig umformatiert werden müssen (P). Es entstand bspw. Überproduktion, da Informationen redundant gespeichert und somit nicht gepflegt waren, u. a. weil keine Verantwortlichkeiten für die Pflege definiert wurden (P). Es bestand somit die Gefahr benötigte Informationen, die auf die benötigte Weise aufbereitet waren, nicht aufzufinden und deshalb mehrere Informationsquellen für die erneute Aufbereitung der Informationen heranziehen zu müssen (P).

Fehlende Einhaltung der Dokumentationsstandards

Unzureichende Wiederverwendung von vorhandenen (Zwischen-) Ergebnissen stellt eine Folge fehlender Einhaltung von Dokumentationsstandards dar (P). Beispielsweise wurde eine Datenbank zur Dokumentation von Produktfehlern und Problemlösungsvorgängen zur Ausmerzungen der Fehler nicht genutzt, sodass die Erkenntnisse aus solchen Abläufen nicht wieder aufgegriffen werden konnten (P).

Fehlende Einhaltung von Dokumentationsstandards zog **Verzögerungen** aufgrund nicht verfügbarer Informationen sowie Warten auf (Zwischen-) Ergebnisse aus vorhergehenden Prozessschritten nach sich (P). So wurden im Forschungsprojekt einerseits Dokumentationsvorlagen nicht sauber angewendet (P), andererseits wurden Standards zur Dokumentation bestimmter Informationen nicht eingehalten, sodass deren Auffindbarkeit eingeschränkt wurde (P).

Unterbrechungen können durch fehlende Einhaltung von Dokumentationsstandards ausgelöst werden: Es treten Störungen durch ungeplante Tätigkeiten auf (P). Ungeplante Folgebesprechungen unterbrachen im Forschungsprojekt die geplanten Tätigkeiten, da die Protokollierung der Besprechungsergebnisse nicht entsprechend den definierten Standards stattfand und so die Ergebnisse erneut erarbeitet werden mussten (P).

Überbearbeitung stellt keine Folge fehlender Einhaltung von Dokumentationsstandards dar.

⁶² Z. B. Nachbereitung bezüglich erzielter Ergebnisse bzw. daraus resultierender Aufgaben sowie (Termin-) Ziele und Verantwortlichkeit zur Erledigung

Verknüpfungen – Ursachenkategorie Führung

Wie in der SU-DMM in Bild 3-10 dargestellt, lösen Ursachen der Kategorie Führung hauptsächlich Unterbrechungen, gefolgt von Verzögerungen, aus. Daran schließen sich neben unzureichender Wiederverwendung und Überproduktion, die Symptome unzureichender Leistung Überbearbeitung und Fehler an.

Hinsichtlich des Variantenmanagements stellt die Kategorie Führung einen wichtigen Aspekt dar. Für die Umsetzung eines nachhaltigen Variantenmanagements müssen Führungskräfte auf geeignete Weise agieren, d. h. durch ihren Führungsstil, wie auch durch die Umsetzung der Aufgaben und Projektpriorisierung sowie die geeignete Vergabe von Verantwortlichkeiten und durch Personalentwicklung bzw. Fördern des Verständnisses der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für den Gesamtzusammenhang. Im Einzelnen gilt es z. B. die Einhaltung von Vorgaben zur Wiederverwendung zu überprüfen und die Priorisierung von Produktentwicklungsprojekten zu einander ressourcenorientiert zu gestalten (I).

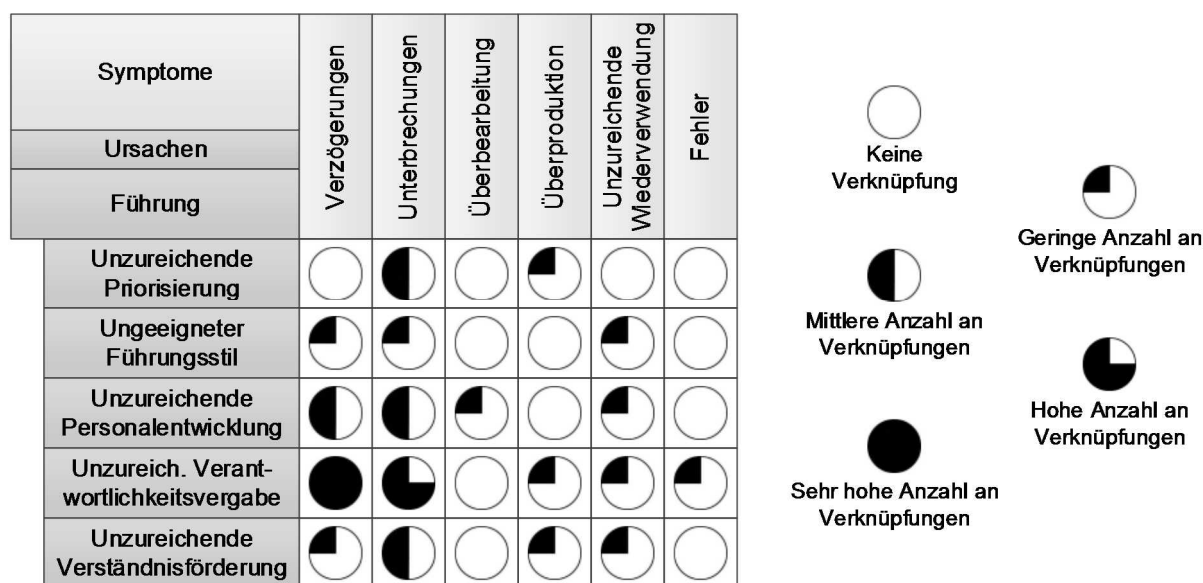


Bild 3-10: SU-DMM für Ursachenkategorie Führung

Unzureichende Priorisierung

Die unzureichende Priorisierung von Tätigkeiten oder auch Projekten führt zu **Unterbrechungen**, sodass geplante Tätigkeiten nicht ohne Störung durchgeführt und in ungeplanter Weise mehrere Tätigkeiten parallel bearbeitet bzw. (Zwischen-) Ergebnisse parallel erzeugt werden müssen (P). Im Forschungsprojekt mussten bspw. laufende Projekte unterbrochen werden, da neue Projekte mit hoher Priorität gestartet wurden, ohne die Gesamtkapazität der Entwicklung anzupassen (P). In der Folge änderten sich die Prioritäten für Projekte häufig, sodass eine große Zahl an Projekten nicht wie geplant bearbeitet werden konnte (P). Darüber hinaus entstanden für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, aufgrund zahlreich wechselnder Prioritäten, hohe Reibungsverluste in Form erneuten Einarbeitens in eine wieder aufgenommene Aufgabenstellung

(P). Schließlich wurden Unterbrechungen durch Projekte bzw. Aufgaben verursacht, die zunächst mit hoher Priorität von den Führungskräften eingesteuert wurden, aber deren Ergebnisse im Anschluss nicht von Relevanz waren (P).

Verzögerungen durch unzureichende Priorisierung treten wiederkehrend an bestimmten Stellen auf (P). So wurden im Entwicklungsablauf Verzögerungen dadurch ausgelöst, dass der Entwicklungsabteilung erforderliche Softwarewerkzeuge nicht zur Verfügung gestellt wurden (P). Diese Tätigkeit war in der IT-Abteilung im Verhältnis zur Bedeutung des Bedarfs in der Entwicklung zu niedrig priorisiert (P).

Unzureichende Durchführung der Priorisierung von Aufgaben kann **Überproduktion** nach sich ziehen (P). Es werden unnötige Tätigkeiten bzw. Tätigkeiten, deren (Zwischen-) Ergebnisse nicht weiter genutzt werden durchgeführt (P). Ähnlich wie beim Thema Verzögerungen, mussten sich die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter unnötiger Weise erneut in zuvor unterbrochene Aufgaben einarbeiten (P). Durch eine sich schnell und häufig ändernde Priorisierung von (internen Verbesserungs-) Projekten wurden diese nicht immer abgeschlossen (P). Der Grund dafür lag u. a. in der fehlenden Kommunikation der Priorität.

Weder **unzureichende Wiederverwendung** noch **Überbearbeitung** oder **Fehler** wurden als Folge unzureichender Priorisierung beobachtet.

Ungeeigneter Führungsstil

Ein ungeeigneter Führungsstil schlägt sich in **Unterbrechungen** durch ungeplante Tätigkeiten nieder (P). Im Forschungsprojekt wurden geplante Tätigkeiten aufgrund fehlender Verantwortungsübernahme durch Rückfragen anderer Personen gestört (P). Weiterhin entstanden Unterbrechungen durch von Führungskräften in großer Häufigkeit kurzfristig eingeplante Besprechungen (P).

Verzögerungen traten aufgrund eines ungeeigneten Führungsstils wiederkehrend an bestimmten Stellen auf: So war es im Forschungsprojekt in einem Beispiel für direkt Vorgesetzte nicht möglich die personellen Ressourcen ihrer Abteilung langfristig zu planen, da die Mitarbeiter, abweichend von der definierten Organisationsstruktur, direkt von Personen höherer Hierarchieebenen beauftragt wurden (P).

Ein ungeeigneter Führungsstil kann unzureichende **Wiederverwendung** von im Unternehmen vorhandenen (Zwischen-) Ergebnissen zur Folge haben (P). So wurde bspw. der Grad bzw. die Qualität der Wiederverwendung nicht durch Führungskräfte nachverfolgt, sodass die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter nicht angehalten waren die am besten geeignete vorhandene Lösung auszuwählen (P).

Ein ungeeigneter Führungsstil schlug sich im Forschungsprojekt nicht in **Überproduktion** und **Überbearbeitung** bzw. **Fehlern** nieder.

Unzureichende Personalentwicklung

Unterbrechungen stellen das häufigste durch unzureichende Personalentwicklung verursachte Symptom unzureichender Leistung dar (P). Es tritt in Form von Störungen durch ungeplante Tätigkeiten und durch Anfragen aus dem Vertrieb zu Tage (P). Im Forschungsprojekt bestand Letzteres in häufigen Anfragen aus der Vertriebsabteilung zu den gleichen Themen (P). Der

Bedarf das fehlende Wissen im Vertrieb aufzubauen bzw. zu vertiefen war nicht gedeckt (P). Darüber hinaus entstanden Störungen geplanter Tätigkeiten durch fehlende Schulung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bezüglich der effizienten und effektiven Gestaltung⁶³ von Besprechungen sowie bezüglich der Verteilung der Verantwortlichkeiten im Unternehmen und der Übernahme von Verantwortung im eigenen Zuständigkeitsbereich (P).

Verzögerungen aufgrund unzureichender Personalentwicklung treten wiederkehrend an bestimmten Stellen bzw. bei der Interaktion von organisatorischen Einheiten auf (P). Zum Beispiel waren Wartezeiten das Ergebnis fehlender Informationen zu bestimmten Kundenanforderungen, da das technische Wissen der Personen im Vertrieb nicht ausreichend weiterentwickelt worden war (P). Zudem verzögerte sich der Entwicklungsablauf, da Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter eine wartende Haltung einnahmen und warteten bis Ergebnisse eingefordert werden (P). Diese Einstellung war eine Konsequenz aus der Unternehmenshistorie, in der eine aktive Handlungsweise und Verantwortungsübernahme nicht gefördert wurde (P). Schließlich resultierten Verzögerungen aus der suboptimalen Nutzung von Softwarewerkzeugen, wie Enterprise Resource Planning-Systemen (ERP-Systemen), aufgrund fehlender Schulungen für betroffene Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Unzureichende Personalentwicklung kann sich in **unzureichender Wiederverwendung** von vorhandenen (Zwischen-) Ergebnissen auswirken. Beispielsweise wurden Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Forschungsprojekt nicht angehalten bzw. unterstützt ihren Erfahrungsschatz bezüglich vorhandener Lösungen auszubauen, sodass nicht die optimale, sondern eine der ausführenden Person zufällig bekannte, Lösung zur Wiederverwendung ausgewählt wurde (P).

Überbearbeitung in Form der Übererfüllung von Kundenanforderungen kann ebenfalls auf fehlende Personalentwicklung zurückzuführen sein (P). Im Forschungsprojekt wurde seitens des Vertriebes die Entwicklung von Produktfunktionalitäten angestoßen, welche einerseits für den Kunden keine Erhöhung des Mehrwertes bedeuteten, aber andererseits unnötig hohe Entwicklungskosten nach sich zogen (P). Hier wurde der Bedarf zur Weiterentwicklung des technischen Fachwissens der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Vertrieb nicht erfüllt (P). Dies erschwerte die Ermittlung der tatsächlichen Kundenanforderungen (P).

Aufgrund unzureichender Personalentwicklung entstanden im Forschungsprojekt keine **Überproduktion** sowie keine **Fehler**.

Unzureichende Verantwortlichkeitsvergabe

Unterbrechungen folgen auf eine unzureichende Verantwortlichkeitsvergabe in Form von Störungen geplanter Tätigkeiten und der ungeplanten parallelen Bearbeitung von Tätigkeiten (P). Im Forschungsprojekt mussten Tätigkeiten bspw. aufgrund dessen unterbrochen werden, dass Führungspersonen keine Informationen über die tatsächliche Auslastung der Mitarbeite-

⁶³ Z. B. hinsichtlich zielgerichteter und effizienter Entscheidungsfindung

rinnen und Mitarbeiter zur Verfügung stand und so eine auslastungsgerechte Vergabe von Verantwortlichkeiten⁶⁴ nicht möglich war (P). Dies führte, wie auch das Einplanen von Spezialisten, in einer zu hohen Zahl an Projekten zu ungeplanten Unterbrechungen (P). Gleiches gilt für strategische Entscheidungen zur Vergabe von Verantwortlichkeiten durch Führungspersonen (P). Darüber hinaus hatte sich in einem Beispiel eine sehr detaillierte Spezialisierung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern entwickelt, was zu einer sehr hohen Arbeitsteiligkeit und häufigen Störungen bei der Bearbeitung von Aufgabenstellung führte (P). Ineffiziente Besprechungen unterbrachen zudem die Bearbeitung geplanter Tätigkeiten, da die hohe Arbeitsteiligkeit eine zu hohe Teilnehmerschaft nach sich zog (P). Ein weiteres Beispiel für Unterbrechungen durch ungeplante Tätigkeiten stellt die Übertragung von Verantwortlichkeiten im Rahmen von Besprechungen an nicht anwesende Personen dar (P).

Eine unzureichende Vergabe von Verantwortlichkeiten äußert sich in **Verzögerungen** an bestimmten Stellen bzw. in einem hohen zeitlichen Aufwand für Personen in Leitungsfunktionen sich ein Bild vom aktuellen Projektstatus zu machen (P). Weiterhin verursacht sie Warten auf nicht verfügbare Informationen sowie Verzögerungen durch fehlende Kenntnis über die Gültigkeit und Aktualität bestimmter Informationen (P). Verzögerungen entstanden im Forschungsprojekt z. B. da Verantwortlichkeiten nicht klar vergeben, z. B. neben Verantwortlichkeiten einzelner Personen auch die Vergabe von Verantwortlichkeiten für Prozessschritte innerhalb der Entwicklung bzw. zwischen mehreren Abteilungen sowie Verantwortlichkeiten von Führungskräften in Projekten, Abteilungen oder Unternehmensbereichen (P). Die fehlende Verantwortlichkeitsvergabe für die Pflege der Datenablagensysteme und Überprüfung der Einhaltung von Dokumentationsstandards, schlug sich in der Verzögerung von Entscheidungen und aufwändiger Informationsbeschaffung nieder (P). Verzögerungen entstanden u. a. durch ungeeignete Vergabe, Definition und Abgrenzung von Verantwortlichkeiten bei der Ressourcenplanung, z. B. durch Überspringen von Hierarchieebenen bei der Planung oder Nutzung von Kapazitäten in der Vorentwicklung für die Detailkonstruktion (P). Die fehlende Verpflichtung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zur eigenverantwortlichen Ausführung ihrer Aufgaben bis zur Zielerreichung führte zu weiteren Wartezeiten (P). Sie entwickelten kein Verständnis für die Auswirkungen ihres Handelns, z. B. durch die verzögerte Bearbeitung ihrer Problemstellungen (P).

Unzureichende Verantwortlichkeitsvergabe hat unzureichende **Wiederverwendung** von im Unternehmen vorhandenen (Zwischen-) Ergebnissen zur Folge (P). Beispielsweise wurde keine verantwortliche Person oder Abteilung festgelegt, um Fehler und Problemlösungswege zu reflektieren und dokumentieren, sodass gewonnene Erkenntnisse nicht genutzt werden konnten (P).

Überproduktion kann aufgrund unzureichender Verantwortlichkeitsvergabe bei der Zeichnungserstellung auftreten (P). Im Forschungsprojekt wurden in der Entwicklungsabteilung

⁶⁴ Dies umfasste z. T. kurzfristige Verantwortlichkeiten, wie die Unterstützung durch Spezialisten bei der Detailkonstruktion anderer Themengebiete bei Ressourcenengpässen oder kurzfristige Bearbeitung von Kundenreklamationen (P).

Zeichnungen erstellt, die für die Entwicklung selbst von keinem Wert waren, aber in nachfolgenden Prozessschritten Verwendung fanden (P). Innerhalb dieser Prozesse waren zwar z. T. die erforderlichen Kompetenzen zur Erstellung dieser Zeichnungen in der zuständigen Abteilung vorhanden, die Verantwortlichkeit für die Erstellung lag aber bei der Entwicklung (P). Aus Sicht der Entwicklung entstand so Überproduktion, die durch eine Verlagerung der Verantwortlichkeiten vermieden hätte werden können (P).

Aufgrund unzureichender Verantwortlichkeitsvergabe treten **Fehler** auf (P). Ein Beispiel dafür liefert das Forschungsprojekt in dem Fall, dass Kundenanforderungen nicht erfüllt wurden, weil diese aufgrund einer fehlenden Definition einer verantwortlichen Person nicht ordnungsgemäß dokumentiert waren (P). Zudem entstanden Fehler beim Speichern von CAD-Modellen, da die Zuständigkeits- und Rechtevergabe für die Softwaresysteme für einzelne Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter nicht vollständig vorgenommen wurde (P).

Auf Basis der Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt lässt sich **Überbearbeitung** nicht auf eine ungeeignete Vergabe von Verantwortlichkeiten zurückführen.

Unzureichende Verständnisförderung

Unterbrechungen in Form ungeplanter Tätigkeiten bzw. ungeplant parallel zu erledigende Tätigkeiten werden u. a. durch die fehlende Förderung des Verständnisses der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für die Auswirkungen Ihres Handelns verursacht (P). So kam es im Forschungsprojekt zu Unterbrechungen, da das Verständnis der Entwicklerinnen und Entwickler für die Auswirkungen ihres Handelns bezüglich des Umgangs mit Änderungswünschen und Projekten sowie das Handeln in Besprechungen oder bei Nichteinhalten der Konstruktionsrichtlinien nicht gefördert wurde (P).

Darüber hinaus kann es aufgrund unzureichender Verständnisförderung zu **Verzögerungen** kommen, da die (Zwischen-) Ergebnisse aus vorhergehenden Prozessschritten nicht verfügbar sind bzw. auf nicht verfügbare Informationen gewartet werden muss (P). Beispielsweise wirkte sich die fehlende Verständnisförderung durch Verzögerungen aus, da Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter die Notwendigkeit früher Versuchsergebnisse und in der Konsequenz die Erfordernis den Versuchsprozess voranzutreiben nicht erkannten (P). Dies gilt auch für das Erkennen von Situationen in denen Eigeninitiative der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter vorteilhaft wäre (P). Schließlich wurde den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern kein Verständnis dafür vermittelt, dass sich eine fehlende und ggf. zeitaufwändige Einführung in Dokumentationsstandards neuer Kolleginnen und Kollegen, in Verzögerungen bei der Suche nach Informationen und Dokumenten niederschlagen kann.

Unzureichende Wiederverwendung von im Unternehmen vorhandenen (Zwischen-) Ergebnissen ist ebenfalls eine mögliche Folge fehlender Verständnisförderung. So verwendeten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter die Lösungen wieder, welche ihnen am besten bekannt waren, im Gegensatz zu den am besten geeignetsten (P). Das Verständnis für die Auswirkungen dieses Vorgehens, z. B. auf die nachhaltige Umsetzung einer vielfaltsgerechten Produktgestaltung, wurde nicht vermittelt (P).

Schließlich entsteht in der Folge unangemessener Verständnisförderung **Überproduktion**, sodass Tätigkeiten durchgeführt werden, deren (Zwischen-) Ergebnisse nicht weiter genutzt werden (P). Im Forschungsprojekt wurden z. B. im Rahmen von Design Reviews die geforderten Dokumente zwar erstellt, aber die Erkenntnisse aus der damit verbundenen Überprüfung der Zielerreichung nicht genutzt, da deren Wert zur Produktverbesserung den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern nicht bewusst gemacht wurde (P).

Weder **Überbearbeitung** noch **Fehler** sind auf eine unzureichende Förderung des Verständnisses der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für die Auswirkungen ihres Handelns zurückzuführen.

Verknüpfungen – Ursachenkategorie Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

Durch Ursachen in der Kategorie Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter werden vor allem Unterbrechungen, gefolgt von Verzögerungen, ausgelöst. Darauf folgen Symptome unzureichender Leistung bezüglich Überproduktion sowie unzureichender Wiederverwendung und Fehler. Die geringste Anzahl an Symptomen betreffen Überbearbeitung (siehe SU-DMM in Bild 3-11).

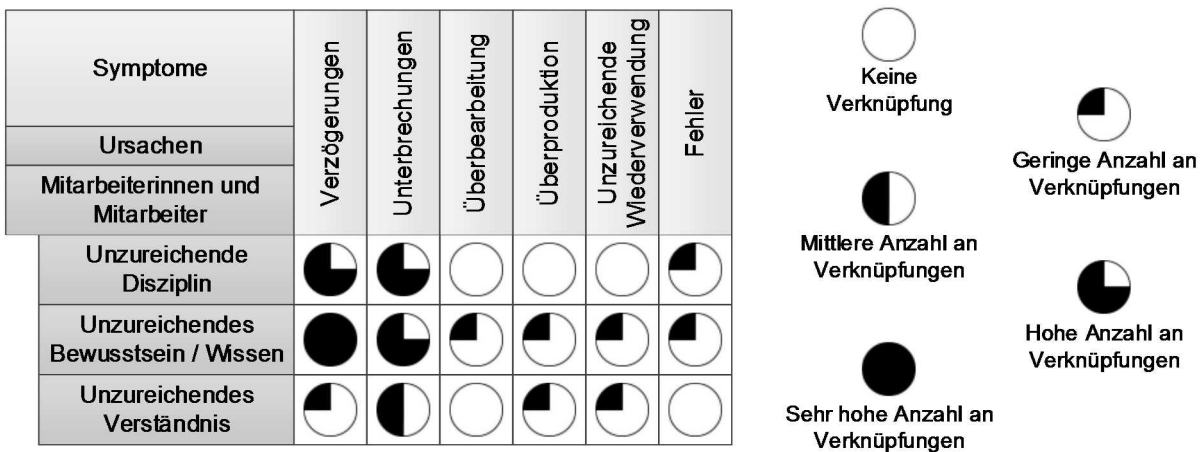


Bild 3-11: SU-DMM für Ursachenkategorie Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

Fehlende Disziplin

Die Disziplin stellt eine wichtige Voraussetzung für die Umsetzung und Verankerung eines nachhaltigen Variantenmanagements dar. Nur, wenn die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter die Vorgaben zu dessen Umsetzung, z. B. bezüglich definierter Verantwortlichkeiten oder Richtlinien zur Produktgestaltung, einhalten, kann die Verankerung erfolgreich sein.

Unterbrechungen treten durch fehlende Disziplin in Form von Störungen durch ungeplante Tätigkeiten bzw. fehlende Möglichkeit geplante Tätigkeiten ungestört durchzuführen oder Anfragen aus der Fertigung auf (P). Im Forschungsprojekt mussten Tätigkeiten unterbrochen werden, weil Vorgaben nicht eingehalten wurden (P). Beispiele hierfür sind neben der fehlenden Akzeptanz von Werkzeugen zur Signalisierung von Einzelarbeit, das Nichteinhalten von definierten Verantwortlichkeiten (P). Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter übernahmen Tätigkeiten außerhalb des eigenen Aufgabenbereiches oder Anfragen wurden nicht an die eigentlich verantwortliche Abteilung, sondern an die Entwicklung gestellt (P). Es entstand z. B. ein Konflikt

zwischen den definierten Aufgabenbereichen und der Hilfs- und Einsatzbereitschaft der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, sodass vermeintlich kleine Aufgaben, für eine andere Abteilung bzw. nicht abgestimmte Änderungswünsche, bereitwillig übernommen wurden (P). Darüber hinaus kam es bei einem Forschungspartner zu häufigen Unterbrechungen durch Zeichnungsänderungen, da Konstruktionsrichtlinien nicht eingehalten wurden (P). Die Kommunikation in der Entwicklung bzw. innerhalb und zwischen Entwicklungsprojekten barg weitere Herausforderungen. So wurden z. B. E-Mail-Verteiler nicht systematisch definiert, sodass Informationen ungerichtet versendet und nichtzuständige Personen dadurch gestört wurden (P). Schließlich wurde der Arbeitsablauf durch unnötig viele bzw. wenig effiziente Besprechungen unterbrochen: Schlechte Vorbereitung sowie Durchführung und Nachbereitung⁶⁵ sowie fehlende Entscheidungsfreude und fehlende Anwesenheit wichtiger, eingeladener Personen führten zu einer unzureichenden Erreichung der Ziele von Besprechungen (P).

Verzögerungen durch unzureichende Disziplin treten vor allem bei der Interaktion von organisatorischen Einheiten auf. Darauf folgen Verzögerungen an bestimmten Stellen sowie das Warten auf die (Zwischen-) Ergebnisse aus vorhergehenden Prozessschritten (P). So kam es im Forschungsprojekt zu Verzögerungen, da Entwicklerinnen und Entwickler Aufgaben erledigten, die nicht in ihren Verantwortlichkeitsbereich fielen (P). Analog zur oben erläuterten Ursache von Unterbrechungen, stand u. a. ihre Hilfs- und Einsatzbereitschaft in Konflikt mit der Disziplin Vorgaben zur effizienten und effektiven Abarbeitung von Tätigkeiten einzuhalten (P). Des Weiteren entstanden Verzögerungen durch fehlende Einhaltung von Vorgaben bzw. Standards zur Informationsbereitstellung, sodass in der Entwicklung zusätzlicher Aufwand (in Form von Recherche u. ä.) für die Erstellung von Spezifikationen geleistet werden musste (P). Die Informationen wurden seitens des Vertriebs unvollständig geliefert; eine vorhandene Spezifikationscheckliste wurde nicht genutzt (P). Weitere Verzögerungen wurden durch fehlende Einhaltung von Kommunikationsrichtlinien verursacht (P). Zum Beispiel wurden Arbeitspakete vor einem Urlaub nicht ordnungsgemäß an andere Personen übergeben. Schließlich kam es zu Wartezeiten, da einerseits Zuständigkeiten und Prozesse im Bereich des Versuchswesens nicht eingehalten wurden (P). Andererseits wurden unnötige Iterationsschleifen durch fehlende Ausführung festgelegter Berechnungsschritte verursacht (P).

Unzureichende Disziplin äußert sich zudem in **Überproduktion**. Während des Entwicklungsprozesses erstellte Dokumente werden nicht weiter genutzt (P). Beispielsweise wurden E-Mails als Mittel genutzt, um die Verantwortung für Entscheidungen o. ä. zu teilen, indem eine hohe Anzahl an Personen informiert wurde (P).

Zudem treten **Fehler** aufgrund unzureichender Disziplin auf (P). Bspw. wurden im Forschungsprojekt Kundenanforderungen deshalb nicht erfüllt, weil die Dokumente zur Kommunikation

⁶⁵ Schlechte Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung steht auch für die Einhaltung von Vorgaben bzw. Richtlinien zur Planung (u. a. Agenda, zu erreichende Ziele, Teilnehmerkreis), Abhaltung (u. a. Moderation, Sicherstellen der Besprechungsziele, ggf. Definition von Maßnahmen und Definition von Verantwortlichen zur Umsetzung der Maßnahmen), Dokumentation (z. B. zeitnahes Verfügbarmachen von Protokollen) und Umsetzung während der Besprechung definierter Maßnahmen oder Aufgaben.

der Anforderungen an die Entwicklungsabteilung fehlerhaft ausgefüllt worden waren (P). Dies kann ungewollte Vielfalt zur Folge haben und somit die Umsetzung einer vielfaltsgerechten Produktstrategie und -gestaltung gefährden.

Unzureichende Wiederverwendung sowie **Überbearbeitung** wurden nicht als Folge unzureichender Disziplin beobachtet.

Unzureichendes Bewusstsein bzw. Wissen

Unterbrechungen, in Form von ungeplanten Störungen, werden durch unzureichendes Wissen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter um Vorgaben (bezüglich Prozessen, Methoden, Vorgehensweisen) und Verantwortlichkeiten verursacht (P). Es kommt zum einen zu Unterbrechungen der Tätigkeiten eines Produktspezialisten durch Fragen zu Aufgaben außerhalb seines Zuständigkeitsbereiches, da andere Personen die Verantwortlichkeiten nicht kennen (P). Zum anderen entstehen Unterbrechungen durch Umsetzen nichtabgestimmter, kurzfristiger Änderungswünsche, da den Personen in der Entwicklung das Bewusstsein für die Notwendigkeit zur Priorisierung einzelner Aufgaben und systematischen Abhandlung von Änderungen fehlt. Zum Beispiel wurde die tägliche Arbeit durch ineffiziente Besprechungen unterbrochen. Dabei fehlte den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern das Wissen darüber, welcher Teilnehmerkreis für welche Themenstellung angemessen ist (P). Es war ihnen weder klar, ob ihre eigne Teilnahme erforderlich ist, noch wer tatsächlich den erforderlichen Beitrag liefern könnte (P). Darüber hinaus war die Qualität der Moderation bei Besprechungen unzureichend; den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern fehlten entsprechende Methodenkenntnisse (P). Die Entscheidungsfindung innerhalb von Besprechungen wurde erschwert durch fehlende Kenntnis wichtiger Informationen, die im Rahmen der Vor- bzw. Nachbereitung von Besprechungen nicht verteilt wurden (P). Weiterhin wurden in E-Mails zwar Aufgaben an Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter vergeben, aber die Verantwortlichkeiten für die Aufgaben nicht geklärt, sodass die Empfängerinnen und Empfänger keine Kenntnis darüber erlangen konnten (P). Zuletzt fehlte es Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern an inhaltlichen Kenntnissen, um Arbeitspakete in ihrem Verantwortungsbereich zu erledigen. So musste die Entwicklung in einem Beispiel, im Fall von technischen Anfragen, die Ergebnisse aus den Aufgabenpaketen des Vertriebs mitprüfen (P).

Verzögerungen zeigen sich in Folge von Wissensmängeln von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern im Warten auf (Zwischen-) Ergebnisse aus vorhergehenden bzw. bestimmten Prozessschritten (P). Weiterhin treten an bestimmten Stellen und bei der Interaktion von organisatorischen Einheiten Verzögerungen auf (P). Es besteht für Entwicklerinnen und Entwickler ein hoher zeitlicher Aufwand sich ein Bild vom aktuellen Status eines Projekts zu machen (P). Dies zieht neben fehlender Kenntnis von Aktualität oder Gültigkeit von Informationen Verzögerungen nach sich (P). So entstanden im Forschungsprojekt Wartezeiten, da aufgrund fehlender Dokumentation Entscheidungen erneut nachvollzogen werden mussten (P). Gleiches galt für die Dokumentation von (Zwischen-) Ergebnissen bei der Übergabe von Tätigkeiten zwischen Abteilungen: Durch fehlende Kenntnis wichtiger Informationen kam es zu Verzögerungen (P). Zudem war die fehlende Kenntnis von Zuständigkeiten für einzelne Tätigkeiten im Entwicklungsprozess eine häufige Ursache für Wartezeiten: neben Verzögerungen im Versuchsablauf, entstanden diese auch an Abteilungsschnittstellen (P). Mitarbeiter waren sich nicht bewusst, dass sie aktiv auf die Verantwortlichen vorhergehender Prozessschritte zuzugehen und (Zwi-

schen-) Ergebnisse anzufordern hatten (P). Schließlich löste die fehlende Kenntnis über bestimmte Arbeitsumfänge Verzögerungen aus, da entscheidende Informationen, z. B. vor Urlaubsantritt, nicht an andere Mitarbeiterinnen oder Mitarbeiter übergeben wurden.

Überproduktion entsteht auf Grund von unzureichendem Wissen, wenn Dokumente, die während des Entwicklungsprozesses erstellt wurden, nicht weiter genutzt werden (P). Im Forschungsprojekt wurden z. B. Informationen aus E-Mails nicht genutzt, da ihre zu zahlreichen Empfängerinnen und Empfänger keine Kenntnis darüber hatten, wer für die Verarbeitung der Information verantwortlich war (P). Ein weiteres Beispiel stellen Dokumente für Design Reviews dar: Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern waren die Gründe für Notwendigkeit der Reviews nicht bewusst, weshalb die Design Reviews nicht aktiv gelebt und für die Weiterentwicklung der (Zwischen-) Ergebnisse genutzt wurden (P).

Unzureichende Wiederverwendung von (Zwischen-) Ergebnisse werden durch unzureichendes Wissen ausgelöst. So wurden im Forschungsprojekt z. B. Lösungswege für die Eliminierung von Fehlern stets neu erarbeitet, weil den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern die Erkenntnisse aus früheren Problemlösungsvorgängen nicht bekannt waren (P). Dies kann eine Erhöhung unerwünschter Vielfalt hinsichtlich der Produktgestaltung führen.

Fehler treten aufgrund fehlenden Wissens auf (P). Im Forschungsprojekt fehlte z. B. der Entwicklungsabteilung das Wissen über die Kundenanforderungen, da diese Informationen nicht vollständig zu Entwicklungsstart geliefert wurden (P).

Überbearbeitung wird aufgrund fehlenden Bewusstseins hervorgerufen (P). Beispielsweise wurden im Forschungsprojekt Kundenanforderungen übererfüllt, da der Vertrieb die Erwartungen der Kunden übertreffen wollte, gleichzeitig aber das Bewusstsein für die zusätzlichen Spezifikationen entstehenden (Entwicklungs-) Kosten fehlte (P, Beherrschen der Vielfalt).

Hinsichtlich der nachhaltigen Umsetzung einer Variantenmanagementstrategie, ist das Wissen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter um die daraus resultierenden Prozesse sowie Richtlinien und Methoden entscheidend. Allen beteiligten Personen müssen Regelungen zur Planung und Gestaltung der gewollten Vielfalt an Produkten bzw. Bauteilen oder -gruppen bewusst sein, um das Entstehen unnötiger Varianz zu vermeiden.

Unzureichendes Verständnis

Unterbrechungen, ausgelöst durch ein unzureichendes Verständnis der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für die Auswirkungen ihres eigenen Handelns, zeigen sich in Form von Störungen durch ungeplante Tätigkeiten bzw. der Unterbrechung geplanter Aufgaben sowie des Bedarfs mehrere (Zwischen-) Ergebnisse ungeplant parallel erledigen zu müssen (P). Im Forschungsprojekt war eine Ursache für die Unterbrechung von Tätigkeiten, dass die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in der Planung ihrer Aufgaben keine Flexibilität für ungeplante Tätigkeiten vorsahen, wie z. B. neueingebrachte Aufgaben bzw. Projekte deren Ergebnisse ggf. durch Vorgesetzte nicht nachgefragt wurden, (P). Weiterhin kam es zu Störungen durch häufiges Rückversichern von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bei Entscheidungen in Ihrem Verantwortungsbereich, um die Verantwortung zu teilen (P). Es kam darüber hinaus zu Unterbrechungen geplanter Tätigkeiten durch eine hohe Anzahl an Änderungen wegen der Übernahme von Lösungen anderer, ohne Prüfung auf Fehler bzw. der Notwendigkeit die Lösung aufgrund neuer

normativer Randbedingungen zu aktualisieren (P). Schließlich wurde der Arbeitsablauf durch unnötige Folgebesprechungen unterbrochen, da in der eigentlichen Besprechung durch fehlende Moderation bzw. Themenabschweifungen erforderliche Ergebnisse nicht erreicht werden konnten (P).

Durch ein unzureichendes Verständnis für die Auswirkungen des eignen Handelns entstehen **Verzögerungen** an bestimmten Stellen (P). Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter hatten z. B. keine Kenntnis darüber, welchen Anteil unterschiedliche Tätigkeiten an ihrer Gesamtarbeitszeit einnahmen, was die Priorisierung parallel zu erledigender Aufgaben erschwerte (P).

Überproduktion folgt auf ein unzureichendes Verständnis in Form der Erstellung von Dokumenten im Entwicklungsprozess bzw. der Ausführung von Tätigkeiten, deren Ergebnisse nicht weiter genutzt werden (P). Beispielsweise wurden unnötig viele E-Mails an eine unnötig hohe Anzahl an Empfängerinnen und Empfänger versendet (P). Die enthaltenen Informationen wurden z. B. nicht eingesetzt, weil nicht klar war, welche Empfängerinnen und Empfänger verantwortlich dafür waren auf die Informationen zu reagieren (P). Weiterhin wurden Projekte möglicherweise nicht aktiv vorangetrieben und zu Ende geführt, da den beteiligten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern die Notwendigkeit der Projekte nicht bewusst war (P).

Unzureichende Wiederverwendung von im Unternehmen vorhandenen (Zwischen-) Ergebnissen werden von unzureichendem Verständnis ausgelöst (P). Beispielsweise wählen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für die Wiederverwendung die konstruktiven Lösungen aus, welche sie bereits kennen und in ihren Eigenschaften ausreichend ähnlich sind, anstatt die objektiv beste Lösung zu suchen (P). Dieses Vorgehen erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass unerwünschte Vielfalt nicht nur an Produkten sowie Baugruppen und -teilen entsteht, sondern auch an umgesetzten Funktionen bzw. verwendeten Materialien und Fertigungsverfahren (Beherrschung der Vielfalt).

Weder **Fehler** noch **Überbearbeitung** werden durch ein unzureichendes Verständnis der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für die Zusammenhänge in der Produktentwicklung verursacht.

Wie auch das Wissen um Regelungen, ist das Verständnis der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für die Zusammenhänge innerhalb der Produktentwicklung und zu anderen Abteilungen eine wichtige Grundlage für die nachhaltige Umsetzung eines umfassenden Variantenmanagements. Die beteiligten Personen müssen verstehen, wie sich ihre Handlungen im Gesamtzusammenhang der Produktentwicklung auswirken. Ansonsten besteht die Gefahr, dass Regelungen nicht als wichtig empfunden werden und die Wahrscheinlichkeit ansteigt, dass eine ungewollt hohe Vielfalt an Produkten bzw. Bauteilen- oder Gruppen entsteht.

Verknüpfungen – Ursachenkategorie Werkzeuge

Die meisten Symptome unzureichender Leistung wurden durch Ursachen der Kategorie Werkzeuge in Form von Verzögerungen ausgelöst. Darauf folgen Symptome aus dem Bereich Unzureichende Wiederverwendung und Unterbrechungen, gefolgt von Fehlern und Überproduktion (siehe SU-DMM für die Ursachenkategorie Werkzeuge in Bild 3-12).

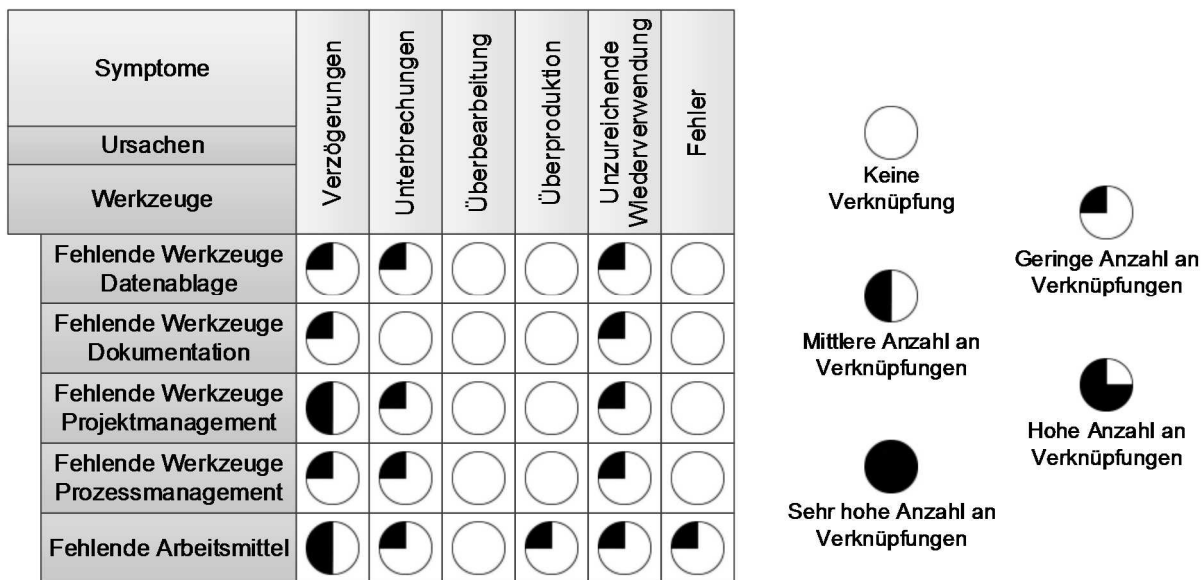


Bild 3-12: SU-DMM für Ursachenkategorie Werkzeuge

Fehlende Werkzeuge zur Datenablage

Durch fehlende Werkzeuge zur Datenablage entstehen **Verzögerungen** an bestimmten Stellen (P). Beispielsweise mussten Stücklisten manuell abgelegt werden, da es keine automatisierte Schnittstelle zwischen dem CAD-System und dem Produktionsplanungssystem gab (P). Darüber hinaus wurden Verzögerungen durch Server- oder Systemausfälle bzw. veraltete Hard- und Software zur Datenablage ausgelöst. Auch entstanden Verzögerungen bei der Suche nach bestehenden Lösungen (I, s. a. unzureichende Wiederverwendung).

Unzureichende Wiederverwendung aufgrund fehlender Werkzeuge zur Datenablage zeigt sich dadurch, dass im Unternehmen vorhandene (Zwischen-) Ergebnisse bzw. Besprechungsergebnissen nicht wiederverwendet werden (P). Letzteres lag z. B. darin begründet, dass im Unternehmen keine Werkzeuge existierten, die die effiziente Ablage von Gesprächsergebnissen unterstützten (P). Das Fehlen einer adäquaten Datenbank erschwerte es Ergebnisse aus Problemlösungsvorgängen, z. B. aus dem Änderungsmanagement, abzulegen und somit deren Ergebnisse wiederzuverwenden (P). Des Weiteren wurde beobachtet, dass ungeeignete Informationssysteme, die nicht auf die Anforderungen der Entwicklerinnen und Entwickler abgestimmt sind, die Wiederverwendung beeinträchtigen können (P, I). Somit erschweren fehlende Werkzeuge zur Datenablage die Umsetzung einer vielfaltsgerechten Produktgestaltung bzw. -strategie.

Durch das Fehlen geeigneter Werkzeuge zur Datenablage werden Entwicklungstätigkeiten durch Anfragen aus dem Vertrieb und der Fertigung **unterbrochen** (P). Diese Störungen traten auf, da die Ablage von Ergebnissen häufiger Fragen aus anderen Abteilungen nicht durch geeignete Werkzeuge unterstützt wurde (P).

Fehlende Werkzeuge zur Datenablage wurden weder als Ursache für **Fehler** oder **Überproduktion** noch für **Überbearbeitung** beobachtet.

Fehlende Werkzeuge zur Dokumentation

Verzögerungen wegen fehlenden bzw. ungeeigneten Werkzeugen zur Dokumentation entstehen durch eine fehlende Nachvollziehbarkeit der Aktualität oder Gültigkeit von Informationen (P). Es muss zusätzlicher Aufwand betrieben werden, um Kenntnis darüber zu erlangen (P). Beispielsweise wurden im Forschungsprojekt Verzögerungen ausgelöst durch fehlende Unterstützung beim Erfassen und Zugänglichmachen aktuell vorhandener, bestehender Konzepte (P).

In Bezug auf **unzureichende Wiederverwendung** gibt es Überschneidungen zwischen dem Fehlen von Werkzeugen zur Datenablage und dem Fehlen von Werkzeugen zur Dokumentation. Nicht nur die fehlende Möglichkeit Informationen in einer nachvollziehbaren Art und Weise abzulegen, sondern auch die Unterstützung bei der Dokumentation⁶⁶ ist eine Voraussetzung für die Wiederverwendung von vorhandenen (Zwischen-) Ergebnissen. Die fehlende Werkzeugunterstützung bei der Dokumentation wirkte sich z. B. in der fehlenden Wiederverwendung von Ergebnissen aus Problemlösungsvorgängen oder von Antworten auf häufige Fragen von Entwicklungsexternen bzw. von Gesprächsergebnissen sowie die Wiederverwendung von Komponenten aus (P, Beherrschung der Vielfalt).

Weder **Unterbrechungen** oder **Fehler** noch **Überproduktion** sowie **Überbearbeitung** zeigen sich als Konsequenz fehlender Werkzeuge zur Dokumentation.

Fehlende Werkzeuge zum Projektmanagement

Fehlende Werkzeuge zum Projektmanagement ziehen an erster Stelle **Verzögerungen** an bestimmten Stellen bzw. innerhalb von Organisationseinheiten nach sich (P). Darüber hinaus entsteht ohne geeignete Werkzeugunterstützung ein hoher zeitlicher Aufwand für Personen in Leitungsfunktionen sich ein Bild vom aktuellen Status eines Projekts zu machen (P). Innerhalb des Projektes fehlte z. B. Unterstützung bei der Ressourcen- und Projektplanung, sodass diese Tätigkeiten mit hohem Zeiteinsatz mit üblicher Bürosoftware ausgeführt werden mussten (P).

Unzureichende Wiederverwendung in Form nicht wiederverwendeter, vorhandener (Zwischen-) Ergebnisse wird ebenfalls durch fehlende Projektmanagementtools ausgelöst (P). Beispielsweise wurden tatsächliche Daten aus der Projektplanung, z. B. Durchlaufzeiten, nicht nachgehalten und standen so für eine Reflexion nach Projektabschluss⁶⁷ nicht zur Verfügung (P).

Aufgrund fehlender Unterstützung beim Projektmanagement treten **Unterbrechungen** auf, genauer Störungen durch ungeplante Tätigkeiten bzw. ungeplant parallel zu erarbeitender (Zwischen-) Ergebnisse (P). Zum Beispiel entstanden diese Unterbrechungen dadurch, dass es kein geeignetes Werkzeug zur Visualisierung der tatsächlichen Auslastung der personellen Ressourcen durch die Projektarbeit gab (P). Ungeplante Tätigkeiten konnten demnach nicht optimal an

⁶⁶ Die Dokumentation gilt es z. B. durch die Vorgabe von Vorlagen und Templates zu unterstützen, sodass den Dokumentierenden eine Richtlinie über den geeigneten Umfang, Detailgrad und die passende Form geboten ist.

⁶⁷ Z. B. konnte keine Definition von Maßnahmen zur Verbesserung der Planungsgüte erfolgen (P).

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter vergeben werden bzw. einzelne Projekte nicht bestmöglich hinsichtlich Synergienutzung synchronisiert werden (P).

Fehler sowie **Überproduktion** und **Überbearbeitung** werden nicht als Folgen fehlender Werkzeuge zum Projektmanagement beobachtet.

Fehlende Werkzeuge zum Prozessmanagement

Werkzeuge zum Prozessmanagement und Projektmanagement sind eng mit einander verknüpft. Während letztere auf die fortlaufende (Ressourcen-) Planung und die Nachverfolgung von Projekten fokussiert sind, unterstützen Werkzeuge zum Prozessmanagement die Modellierung und Analyse von Prozessmodellen sowie ggf. die Ableitung von verbesserten Sollprozessen.

Ein Fehlen solcher Werkzeuge äußert sich in **Verzögerungen** an bestimmten Stellen sowie in einem hohen zeitlichen Aufwand für Personen in Leitungsfunktionen, sich ein Bild vom aktuellen Status eines Projekts zu machen (P). Es erfolgte keine Verwendung von Prozessmanagementtools und somit keine Unterstützung bei der Reflexion und Anpassung von Prozessen (P).

Aufgrund fehlender Tools entsteht **unzureichende Wiederverwendung**. Im Unternehmen vorhandene (Zwischen-) Ergebnisse werden nicht wiederverwendet: Erkenntnisse aus der Projektarbeit wurden nicht genutzt um Entwicklungsprozesse zu reflektieren und zu verbessern (P). Beispielsweise wurden regelmäßige Abweichungen bei der Ausführung der Prozesse nicht dokumentiert und bezüglich möglichen Anpassungsbedarfs der Prozesse analysiert (P).

Unterbrechungen werden durch das Fehlen von Prozessmanagementwerkzeugen in Form ungeplant parallel zu erledigender Tätigkeiten ausgelöst (P). Z. B. stand für die Planung des Ressourceneinsatzes im Entwicklungsprozess kein Planungstool zur Verfügung (P).

Fehler treten aufgrund fehlender Werkzeugunterstützung auf. Im Forschungsprojekt wurden etwa Fehler und Fehlerbehebungsvorgänge nicht reflektiert und auf Muster geprüft, sodass weder Maßnahmen zur zukünftigen Vermeidung von Fehlern, noch zur effektiveren Behebung der Fehler abgeleitet werden konnten (P).

Das Fehlen von Werkzeugen zum Prozessmanagement äußert sich in den beobachteten Fällen nicht in Form von **Überproduktion** und **Überbearbeitung**.

Fehlende Arbeitsmittel

Fehlende oder ungeeignete Arbeitsmittel äußern sich durch **Verzögerungen** an bestimmten Stellen und durch Warten auf (Zwischen-) Ergebnisse aus vorhergehenden Prozessschritten (P). Darüber hinaus entstehen Verzögerungen innerhalb von Organisationseinheiten oder es muss aufgrund fehlender Informationsverfügbarkeit gewartet werden (P). Im Forschungsprojekt führten z. B. Server- und Systemausfälle bzw. veraltete Hard- und Software zu Verzögerungen (P). Zudem fehlten geeignete Softwarewerkzeuge z. B. für spezifische Simulationsverfahren oder zur Erfassung der Betriebsmittelverfügbarkeit (P). Schließlich waren die Ressourcen, hinsichtlich der Arbeitsmittel für Versuche, knapp, sodass es zu Verzögerungen kam (P).

Unzureichende Wiederverwendung aufgrund fehlender Arbeitsmittel wurde durch fehlende Wiederverwendung von im Unternehmen vorhandenen (Zwischen-) Ergebnissen sichtbar (P).

Zum Beispiel fehlte eine geeignete Software Lösung für die Unterstützung der Versuchsdurchführung: u. a. konnten Versuchsspezifikationen aufgrund fehlender Zugänglichkeit nicht wiederverwendet und mit geringem Aufwand an neue Aufgabenstellungen angepasst werden (P).

Durch fehlende Arbeitsmittel kann es zu **Unterbrechungen** kommen, da Tätigkeiten ungeplant parallel erledigt werden müssen bzw. Störungen durch ungeplante Tätigkeiten auftreten (P). Beispiele aus dem Forschungsprojekt sind Störungen durch Fehlfunktionen von CAD-Systemen oder die parallele Bearbeitung einer hohen Anzahl an Projekten aufgrund ungeplant langer Wartezeiten während des Prototypenbaus (P).

Weiterhin treten durch fehlende Arbeitsmittel **Fehler** auf (P): Beispielsweise kam es im Forschungsprojekt durch ungeeignete Toolunterstützung zu Fehlern bei der Rechtevergabe für die Nutzung von CAD-Modellen bzw. bei der Wahl des Formats beim Speichern von CAD-Modellen, sodass beim Wiederaufruf der Modelle umfangreiche Korrekturen erforderlich waren (P). Weiterhin erlaubte bei einem Projektpartner das Werkzeug zur Verwaltung von Arbeitsplänen es nicht, veraltete Pläne als solche zu kennzeichnen. In der Folge entstanden bei der Arbeitsplanung durch Wiederverwendung fehlerhafter Pläne neue bzw. traten alte Fehler erneut auf (P).

Auch **Überproduktion** kann auf fehlende Arbeitsmittel zurückzuführen sein: Während des Entwicklungsprozesses werden (Zwischen-) Ergebnisse erarbeitet, die nicht weiter verwendet werden (P). Im Forschungsprojekt konnten so z. B. Erkenntnisse aus dem Kontakt mit Kunden nicht in die Entwicklungstätigkeiten integriert werden, o.ä. nicht integrieren weil das Customer Relationship Management-System (CRM-System) für die Entwicklung nicht zugänglich war (P).

Überbearbeitung wurde nicht als Folge fehlender Arbeitsmittel beobachtet.

Fazit Kapitel 3.1 – Einflussmodell

Das innerhalb von Kapitel 3.1 vorgestellte Einflussmodell bildet Symptome unzureichender Leistung in der Produktentwicklung und deren Ursachen ab. Dabei wird u. a. der Beitrag des Variantenmanagements zur Leistung in der Produktentwicklung beschrieben. Die Autorin hat mit dem Aufbau des Einflussmodells auf der Grundlage von sechs Fallstudien einen ersten Schritt zur empirischen Beschreibung dieser Zusammenhänge getan. Das Modell bildet einen Ausgangspunkt für zukünftige Forschungsvorhaben mit dem Ziel, die ermittelten Kategorien und Verknüpfungen anhand einer breiteren empirischen Untersuchung zu überprüfen.

3.2 SUM-Ansatz – Verbesserungsbedarf eigenständig ermitteln

Das in Kapitel 3.1 beschriebene Einflussmodell ist die Grundlage für das entwickelte Vorgehen zur eigenständigen Ermittlung von Bedarfen zur Verbesserung der Leistung in der Produktentwicklung, in Abhängigkeit des Variantenmanagements. Der Ansatz unterstützt die Identifikation von Symptomen unzureichender Leistung in der Produktentwicklung und deren Ursachen sowie die Auswahl von Gegenmaßnahmen (SUM-Ansatz). Der Ansatz stellt eine Weiterentwicklung des von der Autorin erarbeiteten und in Kirner & Lindemann (KIRNER & LINDEMANN 2013) veröffentlichten Vorgehens dar.

Neben der detaillierten Beschreibung der Ziele und Wirkung sowie der Erfolgsfaktoren des Vorgehens stellt dieser Abschnitt das Vorgehen in seiner Gesamtheit vor.

3.2.1 Ziele und Wirkung des SUM-Ansatzes

Der SUM-Ansatz zur eigenständigen Ermittlung von Verbesserungsbedarf kann in unterschiedlichen Anwendungsszenarios eingesetzt werden. Es richtet sich zum einen an Einzelpersonen, wie Mitglieder der Unternehmensleitung, Abteilungs- oder Gruppenleiter und -leiterinnen, bzw. andere Personen, die auf fehlende Leistung im Entwicklungsprozess aufmerksam geworden sind. Also Personen, die vermuten bzw. wissen, dass die Ursachen dafür möglicherweise in der ungeeigneten Abstimmung mit dem Variantenmanagement des Unternehmens zu suchen sind. In diesem Anwendungsszenario ist es das Ziel, durch gerichtete Denkanstöße bereits erkannte Herausforderungen zu konkretisieren, unerkannte Problemstellungen zu ermitteln, dringenden Handlungsbedarf zu formulieren und mögliche Handlungsalternativen aufzuzeigen. Ergebnis ist eine Entscheidungsgrundlage für oder gegen eine Verbesserungsinitiative bzw. deren Umfang. Diese kann bspw. ein Abteilungsleiter nutzen, um den von ihm erkannten Handlungsbedarf an seine Vorgesetzten zu kommunizieren und ggf. eine Entscheidung für eine Verbesserungsinitiative zu erwirken. Je nach den ermittelten Ursachen unzureichender Leistung, liefert die Anwendung demgegenüber Handlungsalternativen, die sich im Zuständigkeitsbereich des Abteilungsleiters zu einer Leistungssteigerung umsetzen lassen.

Darüber hinaus bietet sich im Kontext der Erstanwendung ein Schnelldurchlauf durch das Vorgehen an. Für den Schnelldurchlauf gilt es sich auf eine begrenzte Anzahl der Hauptsymptome unzureichender Leistung zu konzentrieren. Der Durchführungsaufwand kann so stark reduziert werden. Zudem kann ein Überblick über das Vorgehen und die verwendeten Begrifflichkeiten erlangt werden, sodass ebenfalls der Aufwand für eine ggf. nachfolgende umfassende Analyse sinkt.

Ein weiteres Anwendungsszenario ist die Nutzung für eine ganzheitliche Analyse im Rahmen der Planung einer Verbesserungsinitiative, wie z. B. einer umfassenden Abstimmung von Variantenmanagement und Produktentwicklung oder Einführung von Lean Product Development. Die für die Verbesserungsinitiative verantwortlichen Personen, bspw. ein Projektteam, können das Vorgehen in der Gruppe anwenden. Bei der Anwendung in Gruppen ist es angeraten, dass die Zusammensetzung der Gruppe alle Hierarchieebenen des Unternehmens widerspiegelt. Dadurch sind bei der Analyse und Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen alle betroffenen Personen eingebunden, was zur Erhöhung der Akzeptanz der Verbesserungsinitiative beiträgt. Am Beispiel einer Initiative zur Einführung von Lean Product Development können die ersten Vorgehensschritte zur Analyse von Symptomen und Ursachen unzureichender Leistung von allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in der Produktentwicklung durchgeführt werden; z. B. in Form einer Fragebogenaktion. So kann das aktuelle Meinungsbild einer großen Anzahl an Personen zu einem bestimmten Zeitpunkt erfasst werden. Die Zusammenführung und Auswertung der Analyseergebnisse muss durch das Projektteam erfolgen, ebenso die Auswahl und Planung von Verbesserungsmaßnahmen. Die Gruppenanwendung im Rahmen einer Verbesserungsinitiative hat somit nicht nur zum Ziel Denkanstöße für die Analyse zu liefern sondern auch den Umfang des Verbesserungspotenzials sowie die Dringlichkeit des Handlungsbedarfs

zu bestimmen. Schließlich sollen priorisierte Handlungsalternativen für Verbesserungsinitiativen gewonnen werden.

Neben den oben beschriebenen Szenarios der Erstanwendung als Einstieg in die Thematik, fehlende Leistung oder in Verbesserungsinitiativen, kann das Vorgehen für die langfristige Nachverfolgung von Veränderungen im Rahmen der Maßnahmendurchführung dienen. Durch die erneute Anwendung wird einerseits überprüft, ob bisherige Maßnahmen den erwünschten Effekt erzielen und die Symptome tatsächlich nicht mehr auftreten. Andererseits bietet dies die Möglichkeit, die Priorisierung der sich bisher noch nicht in der Umsetzung befindlichen Maßnahmen zu hinterfragen. In der Zwischenzeit könnte sich die Bedeutung einzelner Symptome geändert haben, z. B. weil das Symptom weniger häufig auftritt. Schließlich können weitere, bisher noch nicht betrachtete bzw. zum Zeitpunkt der Erstanwendung noch nicht aufgetretene Symptome und Ursachen mit in der Verbesserungsinitiative betrachtet werden. Zu diesem Zweck gilt es den SUM-Ansatz fest in der Planung der Verbesserungsinitiative zu verankern und eine turnusmäßige Aktualisierung der Analyse sicherstellen.

Schließlich bietet es sich an, die Überprüfung der Leistungsfähigkeit der Produktentwicklung fest im kontinuierlichen Verbesserungsprozess eines Unternehmens zu integrieren; durch Verankerung in den Zielen bzw. in der Strategie und entsprechenden Teilprozessen.

Wie in Abschnitt 3.1 beschrieben, wird zwischen Symptomen unzureichender Leistung, beobachtbaren Probleme oder Verschwendungen (z. B. die mehrfache Erstellen desselben Dokuments) und deren Ursachen unterschieden. Letztere sind der Grund für die beobachtbare Verschwendung (z. B. der Grund dafür, dass das Dokument mehrfach erstellt wird). In den einzelnen Vorgehensschritten dienen die Kategorien als Leitlinie für die Erfassung von Symptomen unzureichender Leistung und deren Ursachen sowie der Auswahl von Handlungsalternativen für die Verbesserung der Entwicklungsprozesse. Diese, anhand des Forschungsvorgehens (Kapitel 1.3.2) ermittelten, Leitlinien stellen allerdings keine strikte Vorgabe dar, sondern sollen lediglich als Denkanstoß dienen. Nicht jede Kategorie muss in jedem Unternehmen auftreten. Genauso muss die Verknüpfung von Symptomen und Ursachen nicht in jeder Organisation identisch sein. Demgegenüber steht die Abfolge der einzelnen Analyseschritte, die je nach Anwendungsszenario vorgegeben ist. Der folgende Abschnitt und Kapitel 3.3 widmen sich dem Vorgehen im Detail.

3.2.2 Struktur des SUM-Ansatzes

Die Struktur des SUM-Ansatzes zeigt Bild 3-13.

Den ersten Analyseschritt bildet die Erfassung von Symptomen unzureichender Leistung; zunächst deduktiv anhand von Leitfragen, schließlich induktiv anhand des Einflussmodells. Im zweiten Schritt werden die Ursachen der zuvor gesammelten Symptome erhoben. Dies geschieht induktiv anhand des Einflussmodells oder, falls dies keine Ergebnisse liefert, deduktiv anhand mehrfachen Hinterfragens der Symptome. Die Bewertung von Häufigkeit und Umfang der Symptome sowie der Tragweite der Ursachen bildet die Voraussetzung für deren Priorisierung; also der Priorisierung des Handlungsbedarfs.

Für die Eliminierung jeder Ursache werden im nächsten Schritt Maßnahmen vorgeschlagen. Zusammen mit der Priorisierung des Handlungsbedarfs ergibt sich daraus eine gewichtete Liste an Handlungsalternativen. Ergänzend wird vorgeschlagen, die einzelnen Vorgehensschritte iterativ zu durchlaufen. Beispielsweise lassen sich mit Hilfe der bereits identifizierten Ursachen und des Einflussmodells weitere mögliche Symptome induktiv ermitteln. Vorteile einer Iteration sind nicht nur, dass im Anschluss an die Anwendung die verwendeten Begrifflichkeiten bekannt sind und der Durchlauf zügiger erfolgen kann als bei der Erstanwendung, sondern auch die Möglichkeit die Ergebnisse zu ergänzen und auf Plausibilität zu prüfen. Die Ergebnisqualität kann dadurch erhöht und abgesichert werden. Die Iteration bietet zudem die Option ein fortlaufendes Monitoring des aktuellen Leistungsniveaus umzusetzen, z. B. für die Nachverfolgung der Effekte bereits umgesetzter Verbesserungsmaßnahmen.

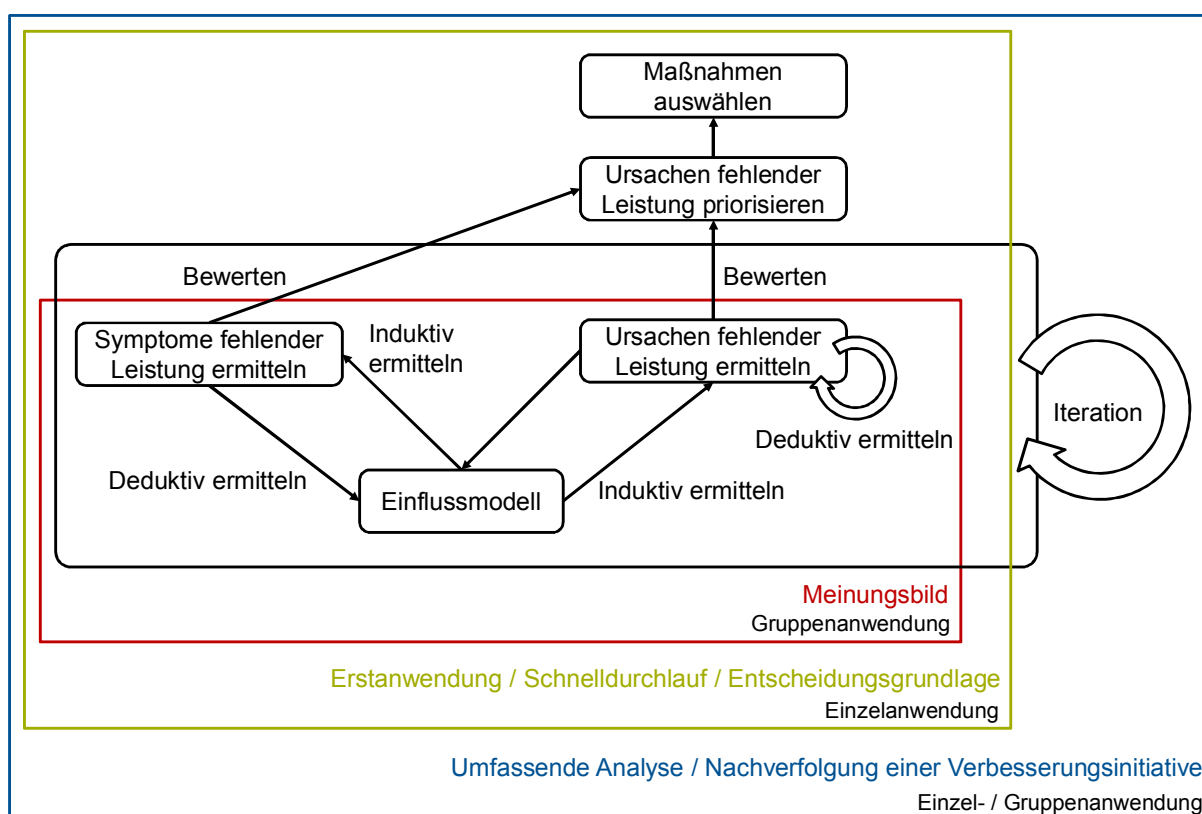


Bild 3-13: Struktur und Anwendungsszenarios des SUM-Ansatzes

Je nach Anwendungsszenario ist es sinnvoll, sich auf bestimmte Anwendungsschritte zu konzentrieren. Für die Einzel- und Gruppenanwendung, im Falle einer Verbesserungsinitiative, sollten alle Anwendungsschritte durchgeführt werden, um den umfassenden Charakter der Analyse sicherzustellen, bzw. die kontinuierliche Nachverfolgung des aktuellen Status zu ermöglichen. Dagegen bietet es sich bei einem Schnelldurchlauf an, sich von vorneherein auf eine begrenzte Anzahl an Symptomen unzureichender Leistung zu beschränken, mit dem Ziel sich in der Erstanwendung einen Überblick zu verschaffen oder eine Entscheidungsgrundlage für die Kommunikation mit dem Topmanagement zu erhalten. Schließlich liefert der Ansatz in der Gruppenanwendung die Möglichkeit über die Konzentration auf die Ermittlung der Symptome und

Ursachen unzureichender Leistung ein umfassendes Meinungsbild einer hohen Anzahl an Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zu erhalten. Die Datenerhebung kann z. B. mit Hilfe von Fragebögen erhoben werden. Auch die in Kapitel 3.4 im Demonstrator vorgestellte Softwareumsetzung des SUM-Ansatzes lässt sich hierfür einsetzen.

Für eine erfolgreiche Durchführung des SUM-Ansatzes ist es entscheidend, dass der Identifikation von Symptomen unzureichender Leistung von Entwicklungsprozessen und deren Ursachen, in Abhängigkeit des Variantenmanagements, ausreichend Bedeutung beigemessen wird. Die Leistung des Entwicklungsprozesses kann nur dann nachhaltig verbessert werden, wenn die tatsächlichen, einem Symptom unzureichender Leistung zu Grunde liegenden Ursachen identifiziert und durch geeignete Maßnahmen eliminiert werden.

Ein wichtiger Erfolgsfaktor ist zudem die Einbindung aller Hierarchieebenen, sowohl Managementebenen als auch operativ tätige Personen bei der Maßnahmenauswahl und Umsetzung. Die Beteiligung aller betroffenen Personen ist eine Voraussetzung dafür, die Akzeptanz und Motivation für die durch Maßnahmen auftretenden Änderungen zu sichern.

Sollte als Ergebnis der Anwendung die Umsetzung vieler Maßnahmen erforderlich sein, ist es wichtig, dass die Einzelmaßnahmen der Verbesserungsinitiative priorisiert und in einer geeigneten zeitlichen Reihenfolge durchgeführt werden. Insbesondere wenn ein großer Teil des Unternehmens durch eine Maßnahme betroffen ist, kann deren Umsetzung einen hohen Aufwand bedeuten. Werden zum gleichen Zeitpunkt mehrere Maßnahmen umgesetzt, kann der erhöhte Aufwand dazu führen, dass die Ressourcen für die Umsetzung der Maßnahmen nicht mehr ausreichen. Das kann das Scheitern der Verbesserungsinitiative und den Verlust der Akzeptanz bei Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bedeuten.

3.3 Beschreibung der Vorgehensschritte des SUM-Ansatzes

Nachdem der vorhergehende Abschnitt eine Übersicht über das Vorgehen zur Ermittlung von Verbesserungsbedarf enthält, werden die Einzelschritte im Folgenden detailliert dargestellt.

3.3.1 Erfassung der Symptome geringer Leistung

Nach der Beschreibung des Vorgehens zur Erfassung der Symptome geringer Leistung erfolgen die Bestimmung der Bedeutung einzelner Symptome und deren wirtschaftliche Interpretation.

A – Deduktive Erfassung – Fragenkatalog (Kennzeichnung im Übersichtsbild)

Die Erfassung der Symptome unzureichender Leistung ist in zwei Teilschritte gegliedert. Zunächst erfolgt eine deduktive Abfrage der Symptome, gefolgt von einer induktiven. Leitfragen sollen bei der deduktiven Abfrage als Anregung dienen. Die Leitfragen sind nach den Symptomkategorien (Kapitel 3.1.2) geordnet. Neben einer zentralen Fragestellung werden als Denkanstoß weitere Fragen angeboten. Jede Frage steht damit für eine beispielhafte Ausprägung eines Symptoms. Zudem ist die in Kapitel 3.1.2 erläuterte Einordnung ins ZOPH-Modell mit dargestellt, sodass dem Anwender die Wirkung der Symptomkategorie verdeutlicht wird. Tabelle 3-2 enthält beispielhaft die Leitfragen zur Ermittlung der Symptome unzureichender Leistung für die Kategorie Verzögerungen.

Die Fragen können, müssen jedoch nicht beantwortet werden. Sie stellen Vorschläge bzw. Denkanstöße dar. Falls diese Fragen nicht zutreffen, können in jeder Kategorie auch sonstige Symptome genannt werden. In dem Fall, dass im Unternehmen ein Symptom auftritt, ist es wichtig, dieses spezifische Symptom prägnant zu formulieren und mit der Kategorie und Leitfrage zu dokumentieren. Möglicherweise werden je Leitfrage mehrere Symptome beobachtet. Es gilt alle Symptome zu erfassen.

Tabelle 3-2: Ausschnitt Leitfragenkatalog – Ermittlung Symptome unzureichender Leistung

Kategorie fehlender Leistung:	Verzögerungen
Erläuterung	Diese Kategorie steht für das Warten auf Informationen. Verzögerungen können zu dem durch fehlendes Wissen zum aktuellen Stand von Informationen und fehlender Zugänglichkeit bzw. hohem Aufwand zur Erlangung von Informationen entstehen.
Übergeordnete Fragestellung für die Kategorie Verzögerungen:	An welcher Stelle treten regelmäßig Verzögerungen auf?
Detailfragestellungen für mögliche Ausprägungen der Kategorie im Unternehmen:	
Bei welchen Prozessschritten muss man auf die Ergebnisse des vorherigen warten?	
Innerhalb welcher Organisationseinheiten treten Verzögerungen auf?	
Bei der Interaktion welcher organisatorischen Einheiten treten Verzögerungen auf?	
Wie hoch ist der zeitliche Aufwand für die Entwicklerinnen und Entwickler sich ein Bild vom aktuellen Status eines Projekts zu machen?	
Wie hoch ist der zeitliche Aufwand für Personen in Leitungsfunktionen sich ein Bild vom aktuellen Status eines Projekts zu machen?	
Welche Verzögerungen entstehen durch das Warten auf nicht verfügbare Informationen?	
Welche Verzögerungen entstehen durch fehlende Kenntnis über die Aktualität oder Gültigkeit von Informationen?	
Treten sonstige Verzögerungen auf?	

Die Leitfragen dienen nicht als striktes Rezept, sondern sollen das Nachdenken anregen. Trifft allerdings eine der Leitfragen zu, sollte das spezifische Symptom dennoch zusammen mit dieser dokumentiert werden. So können die nachfolgenden Schritte präziser ausgeführt werden.

Es ist wichtig, dass in diesem Schritt nur tatsächlich beobachtete Symptome erfasst werden, noch nicht die Ursachen. Dies ist entscheidend, um die Bewertung der wirtschaftlichen Bedeutung eines Symptoms (siehe u.) durchführen zu können.

Anhang 7.9.1 enthält die vollständige Leitfragenliste in Form eines Formulars. Dieses Formular kann zur Dokumentation aller Ergebnisse aus der Anwendung des SUM-Ansatzes verwendet werden. Dieses kann in einem Tabellenkalkulationsprogramm digital umgesetzt werden. Dies erleichtert es einerseits unternehmensspezifische Ergebnisse, wie Symptome unzureichender Leistung, zu ergänzen. Andererseits erleichtert eine digitale Dokumentation die Auswertung und Visualisierung der Ergebnisse in den nachfolgenden Schritten.

B – Induktive Erfassung – Strukturanalyse

Der induktive Teil der Erfassung von Symptomen unzureichender Leistung nutzt das Einflussmodell als Datengrundlage. Das Einflussmodell ist in Matrixform dokumentiert. Dadurch lassen sich Analysemethoden aus dem strukturellen Komplexitätsmanagement (LINDEMANN 2009) für die Identifikation von weiteren möglicherweise auftretenden Symptomen unzureichender Leistung einsetzen.

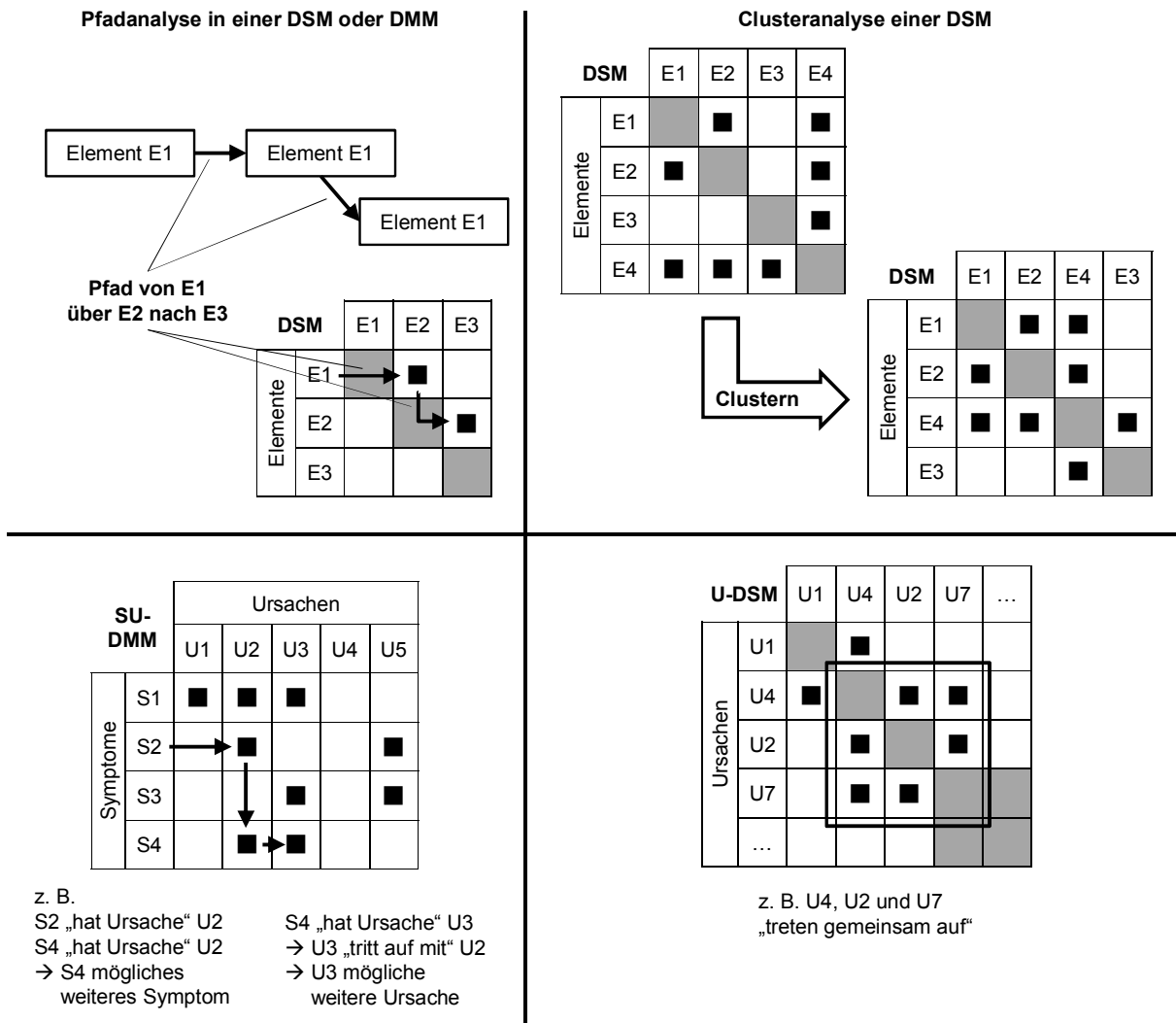


Bild 3-14: Pfadanalyse und Clustering mit Anwendung auf SU-DMM und U-DSM

Für die Ermittlung weiterer möglicher Symptome werden zwei Analysemethoden des strukturellen Komplexitätsmanagements vorgeschlagen: Cluster- und Pfadanalysen. Diese Analysen lassen sich von Hand oder auch mit Unterstützung durch geeignete Softwarepakete (siehe z. B. www.dsmweb.org oder LOOMEO®, www.teseon.de) durchführen.

Bei der Clusteranalyse in einer DSM werden in der Matrix die Spalten und Zeilen so verschoben, dass die Zelleinträge so nahe wie möglich an der Diagonale der Matrix liegen (LINDEMANN 2009). Idealerweise lassen sich so Gruppen, sogenannte Cluster, identifizieren, die untereinander vollständig vernetzt sind, wie es rechts in Bild 3-14 dargestellt ist.

Um die von einem Element ausgehenden Pfade zu identifizieren, wird bei diesem Element begonnen, die Elemente, mit denen es Relationen hat, zu identifizieren. Im nächsten Schritt wird mit den Elementen fortgefahren, mit denen diese in Relation stehen. Dieses Vorgehen wird bis zum Ende des Pfades wiederholt. Möglicherweise bildet der Pfad einen sogenannten Kreischluss, falls eine Relation wieder auf ein bereits identifiziertes Element zurückweist. Durch die Pfadanalyse für ein Element lassen sich alle Elemente ermitteln mit denen es indirekt im Zusammenhang steht (siehe links in Bild 3-14). Pfadanalysen lassen sich sowohl in einer DSM, als auch in einer DMM oder MDM durchführen.

Im Fall der SU-DMM und der U-DSM des Einflussmodells, liefern diese Analysen die in Bild 3-14 beispielhaft dargestellten Ergebnisse. Bild 3-15 zeigt ein konkretes Beispiel für die Induktive Ermittlung von möglichen weiteren Symptomen in der SU-DMM. Mit Hilfe der Clusteranalyse lässt sich feststellen, ob eines der im vorherigen Schritt erfassten, beobachteten Symptome in anderen Unternehmen in einer Gruppe mit anderen Symptomen aufgetreten ist. Die Pfadanalyse liefert ein detaillierteres Ergebnis. In der SU-DMM werden alle Symptome identifiziert, die in anderen Unternehmen gemeinsam mit dem beobachteten identifiziert wurden.

Ursachen fehlender Leistung			Ziele		
Einflussmodell					
Symptome fehlender Leistung			Ungeeignete Unternehmensstrategie	Ungeeignete Produktstrategie	Ungeeignete Projektstrategie
Verzögerungen	S1	An bestimmten Stelle treten regelmäßig Verzögerungen auf.	■	■	■
	S2	Bei bestimmten Prozessschritten muss man auf die Ergebnisse der vorherigen warten.	■		■
	S3	Innerhalb bestimmter Organisationseinheiten treten Verzögerungen auf.			
	S4	Bei der Interaktion bestimmter organisatorischer Einheiten treten Verzögerungen auf.	■		

Z. B. in Ihrem Unternehmen aufgetretenes **Symptom S2**

In anderen Unternehmen wurden S1 und S4 gemeinsam mit dem in Ihrem Unternehmen aufgetretenen Symptom S2 beobachtet

Bild 3-15: Induktive Ermittlung möglicher Symptome in der SU-DMM (Ausschnitt)

Das Ergebnis der Strukturanalyse bildet eine Sammlung an möglichen Symptomen unzureichender Leistung, die in anderen Unternehmen gemeinsam mit den beobachteten aufgetreten sind. Diese Liste kann als anwenderspezifische Erweiterung der Leitfragenliste zur Ermittlung weiterer Symptome genutzt werden. Auch hier gilt es das unternehmensspezifische Symptom prägnant zu formulieren und gemeinsam mit der korrespondierenden Leitfrage zu dokumentieren.

C – Bewertung durch den Nutzer (Umfang, Häufigkeit)

In einem nächsten Schritt bestimmt der Anwender die wirtschaftliche Bedeutung für jedes erfasste Symptom. Dafür gilt es die Ausprägung zweier Merkmale zu bestimmen.

Für jedes der Merkmale **Umfang** und **Häufigkeit** wird eine vierstufige Skala von gering bis sehr hoch vorgeschlagen (Tabelle 3-3). Beispielsweise kann der Umfang eines Symptoms gering (nur eine Verzögerung von wenigen Minuten), mittel (mehrere Stunden Verzögerung), hoch (Verzögerung von einem Tag) oder sehr hoch (mehr als ein Tag) sein. Entsprechend beschreibt die Häufigkeitsskala, wie oft ein Symptom auftritt.

Die vorgeschlagene Skala ist qualitativ, da aus der Erfahrung des Forschungsprojekts die erforderlichen Mittel zu einer quantitativen Messung von Umfang und Häufigkeit nicht zur Verfügung stehen. Beispielsweise wenn nur eine sehr grobe Zeiterfassung durchgeführt wird, sodass die Symptome nicht ausreichend erfasst werden. Die qualitative Skala ermöglicht so eine Abschätzung der Bedeutung eines Symptoms auch ohne die Existenz von geeigneten Controllinginstrumenten in einem Unternehmen. Stehen allerdings ausreichend feingranulare Daten aus der Zeiterfassung oder andere Controllinginformationen zur Verfügung, kann diese Skala an die spezifischen Unternehmensrandbedingungen angepasst und mit quantitativen Stufen hinterlegt werden⁶⁸. Falls erforderlich, kann die Anzahl der Skalenstufen ebenfalls an das Unternehmen angepasst werden.

Tabelle 3-3: Bewertung von Symptomen unzureichender Leistung – Häufigkeit und Umfang

Häufigkeit	1	2	3	4
	Gering	Mittel	Hoch	Sehr hoch
	Einmal pro Monat und seltener	Definierte Meilensteine, einmal pro Woche	Täglich	Mehrmals täglich
	Benutzerdefiniert:	Benutzerdefiniert:	Benutzerdefiniert:	Benutzerdefiniert:
Umfang	1	2	3	4
	Gering	Mittel	Hoch	Sehr hoch
	Minuten	Stunden, ein Tag	Tage	Wochen
	Benutzerdefiniert:	Benutzerdefiniert:	Benutzerdefiniert:	Benutzerdefiniert:

Beispiel

Symptom der Kategorie Verzögerungen	Unternehmensspezifische Ausprägung: Verzögerungen durch fehlende Unterschriften des Vorgesetzten	Häufigkeit Mittel, immer bei Design Reviews	Umfang Hoch, kostet mich zwei Tage
--	--	--	---

Die Bewertung der Symptome wird nach der Bewertung der zugehörigen Ursachen für die Priorisierung von Handlungsalternativen genutzt. Die Eliminierung von wirtschaftlich bedeutenden Symptomen ist einer der entscheidenden Faktoren. Abschnitt 3.3.2 beschäftigt sich detailliert mit dieser Priorisierung.

Möglicherweise ist das Ergebnis der ersten beiden Erfassungsschritte eine lange Liste an Symptomen. Je nach Anwendungsszenario kann es sinnvoll sein, die Anzahl der Symptome für die weitere Bearbeitung einzuschränken. Die Bewertung der Symptombedeutung kann genutzt werden, um die Symptome zu priorisieren und die bedeutendsten für die folgenden Analyse-schritte auszuwählen (LINDEMANN 2012b). So kann der Umfang für die spätere Umsetzung von

⁶⁸ Auflistungen möglicher Kennzahlen finden sich z. B. bei Kaplan & Norton (KAPLAN & NORTON 1997), Chiesa et al. (CHIESA et al. 2009) oder Godener & Söderquist (GODENER & SÖDERQUIST 2004)

Verbesserungsmaßnahmen eingeschränkt werden. Dieser erscheint zu diesem Zeitpunkt möglicherweise geringer als er in späteren Phasen ausgeprägt ist (LINDEMANN 2012b).

D – Interpretation der Bedeutung von Symptomen

Die Bewertung der Symptome unzureichender Leistung liefert je Symptom eine Einschätzung über die Ausprägung der Merkmale Umfang und Häufigkeit. Im Folgenden soll gezeigt werden, wie diese Ausprägungen für die Bestimmung der wirtschaftlichen Bedeutung eines Symptoms genutzt werden können.

Bild 3-16 zeigt ein Portfolio mit den Achsen Umfang und Häufigkeit. Die Achsen sind entsprechend der vier Ausprägungsstufen unterteilt. Je nachdem in welchen Bereich ein Symptom einzuordnen ist, kann sein Bedeutungsniveau als gering signifikant, signifikant, kritisch oder sehr kritisch betrachtet werden.

Häufigkeit	Sehr hoch	Signifikant	Kritisch	Sehr Kritisch	Sehr Kritisch
	Hoch	Signifikant	Kritisch	Sehr Kritisch	Sehr Kritisch
	Mittel	Gering Signifikant	Signifikant	Kritisch	Kritisch
	Gering	Gering Signifikant	Gering Signifikant	Signifikant	Signifikant
		Gering	Mittel	Hoch	Sehr hoch
		Umfang			

Bild 3-16: Interpretation der Bewertung von Symptomen unzureichender Leistung

Im Detail werden die Bedeutungsniveaus wie folgt interpretiert (angepasst nach LINDEMANN 2012b):

Gering signifikante Symptome haben eine geringe wirtschaftliche Bedeutung für das Gesamtunternehmen. Dabei haben die Symptome möglicherweise einen hohen Einfluss auf die Motivation einer einzelnen Person.

Signifikante Symptome haben aufgrund ihres geringen Umfangs keine große wirtschaftliche Bedeutung. Bei einer hohen Häufigkeit können sie aber einen starken Einfluss auf die Mitarbeitermotivation haben, indem sie ein ärgerliches, ständig wiederkehrendes Detail für eine Person darstellen. Signifikante Symptome dürfen deshalb nicht vernachlässigt werden. Werden Sie abgestellt, kann das im Unternehmen als erheblicher Erfolg erscheinen.

Kritische Symptome sollten in jedem Fall durch die Eliminierung ihrer Ursachen beseitigt werden, da sie eine hohe wirtschaftliche Bedeutung für das Unternehmen haben.

Gleiches gilt für **sehr kritische** Symptome, da sie eine entscheidende wirtschaftliche Bedeutung für das Unternehmen haben.

Die Interpretation der Bedeutungs niveaus kann, neben der Verwendung als Eingangsgröße für die Priorisierung der Handlungsalternativen, für die Priorisierung der erfassten Symptome genutzt werden. Abhängig von der Menge der erfassten Punkte und des Anwendungsszenarios können anhand dieser Priorisierung ggf. Schwerpunkte für die weitere Bearbeitung gebildet werden.

E – Ergebnis aus der Erfassung, Bewertung und Interpretation der Symptome

Ergebnis der Vorgehensschritte A bis D ist eine Sammlung an tatsächlich in einem Unternehmen beobachteten Symptomen unzureichender Leistung des Entwicklungsprozesses. Diese Symptome sind hinsichtlich ihrer Bedeutung bewertet. Die Priorisierung dient zum einen mit als Grundlage für die Priorisierung von Ursachen und Maßnahmen für Verbesserungsvorhaben (Kapitel 3.3.2). Zum anderen kann die Bewertung für die unmittelbare Bildung einer Rangfolge der Symptome dienen, um in Abhängigkeit dessen das Betrachtungsfeld für die weitere Bearbeitung in bestimmten Anwendungsszenarios einzuschränken. Für die Dokumentation der Ergebnisse wird ein Formblatt verwendet, wie es in Anhang 7.9.1 oder 7.9.2 zu finden ist.

3.3.2 Ermitteln der Ursachen von Symptomen geringer Leistung

Wie in Kapitel 3.2.2 vorgestellt, unterscheidet sich das empfohlene Vorgehen bei der Ermittlung der Ursachen für Symptome unzureichender Leistung je nach Anwendungsszenario (Bild 3-13). Falls im vorhergehenden Schritt eine Vorauswahl der zu betrachtenden Symptome erfolgt ist, beschränkt sich die Ursachenerfassung auf diese Symptome. Ist das Ziel eine umfassende Analyse aller im Unternehmen auftretenden Symptome und Ursachen, empfiehlt sich eine Iteration der Analyse, wie unten dargestellt. Die Analyse kann zum Ergebnis haben, dass ein Symptom mehrere Ursachen und eine Ursache mehrere Symptome zur Folge hat (Bild 3-17, LINDEMANN 2012b). Dieser Schritt ist für die erfolgreiche Durchführung des Vorgehens entscheidend. Nur wenn die tatsächlichen Ursachen ermittelt werden, die einem Symptom zugrunde liegen, kann das Symptom nachhaltig ausgeräumt werden (LINDEMANN 2012b).

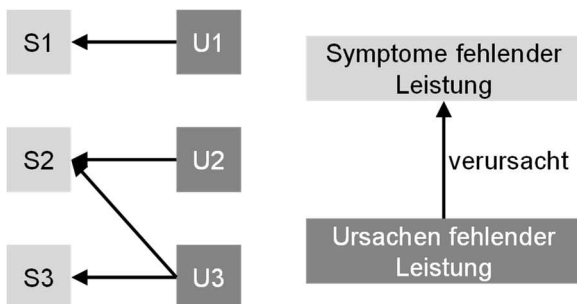


Bild 3-17: Mehrere Ursachen pro Symptom vs. mehrere Symptome pro Ursache

A – Ermittlung der Ursachen basierend auf den Symptomen

Bei der Ermittlung der Ursachen, der zuvor erfassten Symptome unzureichender Leistung, dient das **Einflussmodell** einer **induktiven Ermittlung** der Ursachen. Dafür kommt erneut die Pfadanalyse aus dem strukturellen Komplexitätsmanagement zum Einsatz. Für jedes Symptom wird in der SU-DMM ermittelt, welche Ursachen in anderen Unternehmen für dieses Symptom aufgetreten sind (Bild 3-18).

Die so ermittelten potenziellen Ursachen sollen als Denkanstoß für die Anwender dienen. Falls die Ursachen bzw. die Kategorien und / oder Unterkategorien zutreffen, ist es wichtig, dass die so hergeleitete, tatsächliche und unternehmensspezifische Ursache für die weiteren Schritte prägnant formuliert und dokumentiert wird.

In anderen Unternehmen als Ursachen für Symptom S2 beobachtet

Ursachen fehlender Leistung			Ziele		
Einflussmodell			Ungeeignete Unternehmensstrategie	Ungeeignete Produktstrategie	Ungeeignete Projektstrategie
Symptome fehlender Leistung					
Verzögerungen	S1	An bestimmten Stelle treten regelmäßig Verzögerungen auf.	■	■	■
	S2	Bei bestimmten Prozessschritten muss man auf die Ergebnisse der vorherigen warten.	■		■
	S3	Innerhalb bestimmter Organisationseinheiten treten Verzögerungen auf.			
	S4	Bei der Interaktion bestimmter organisatorischer Einheiten treten Verzögerungen auf.	■		

Z. B. in Ihrem Unternehmen aufgetretenes **Symptom S2**

Bild 3-18: Induktive Ermittlung möglicher Ursachen mit Pfadanalyse in der SU-DMM (Ausschnitt)

Sollte keine der Ursachen zutreffen, kann die Ursache deduktiv ermittelt werden. Dazu kann die Methode des Fünf-Mal-Warum-Fragens (Ohno 2008, Liker 2009) angewendet werden, die aus der Lean Production bekannt ist. Es wird zunächst die Frage gestellt, warum ein bestimmtes Symptom auftritt. Die Antwort wird erneut bezüglich ihres Ursprungs hinterfragt. Dieses Vorgehen wird so lange fortgeführt, bis die erste Ursache einer Wirkungskette ermittelt ist.

Bild 3-19 zeigt ein Beispiel. Es ist wichtig, dass die so hergeleitete Ursache für die weiteren Schritte treffend ausgedrückt z. B. im Formblatt (siehe Anhang) festgehalten wird.

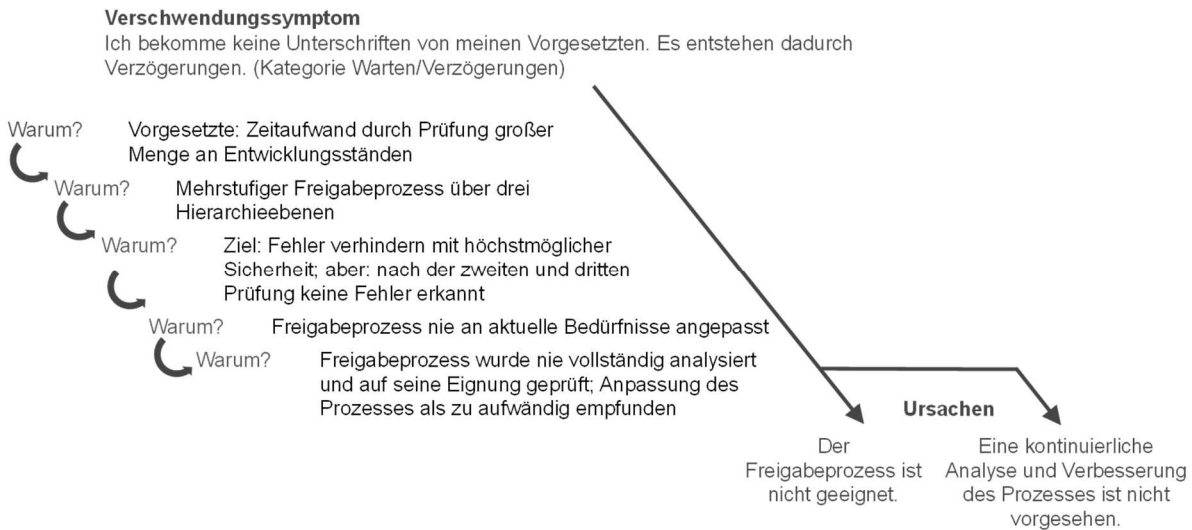


Bild 3-19: Beispiel zur deduktiven Ursachenermittlung (LINDEMANN 2012b)

B – Iteration zur Vervollständigung

Dieser Schritt bietet sich bei umfassenden Anwendungsszenarios an (Kapitel 4.2.2). Anhand einer erneuten Pfadanalyse in der U-DSM oder der SU-DMM, können induktiv weitere Ursachen ermittelt werden, die in anderen Unternehmen gemeinsam mit den bereits erfassten aufgetreten sind (Bild 3-20). An dieser Stelle gilt es die Frage zu klären ob diese Sachverhalte im eigenen Unternehmen erscheinen, und wenn ja, ob sie tatsächlich eine negative Auswirkung haben und diese Aspekte tatsächlich ein Symptom verursachen. Falls ja, gilt es sowohl die neu identifizierte Ursache als auch das aufgedeckte Symptom mit seiner Häufigkeit und seinem Umfang zu dokumentieren.

In anderen Unternehmen gemeinsam beobachtet mit der in Ihrem Unternehmen aufgetretenen Ursachen Z. B. in Ihrem Unternehmen aufgetretene **Ursache**

Ursachen fehlender Leistung		Ziele		
		Ungeeignete Unternehmensstrategie	Ungeeignete Produktstrategie	Ungeeignete Projektstrategie
Einflussmodell				
Symptome fehlender Leistung				
Verzögerungen	S1	An bestimmten Stelle treten regelmäßig Verzögerungen auf.	■	■
	S2	Bei bestimmten Prozessschritten muss man auf die Ergebnisse der vorherigen warten.	■	■
	S3	Innerhalb bestimmter Organisationseinheiten treten Verzögerungen auf.		
	S4	Bei der Interaktion bestimmter organisatorischer Einheiten treten Verzögerungen auf.	■	

Bild 3-20: Induktive Iteration bei der Ursachenermittlung – Pfadanalyse in der SU-DMM (Ausschnitt)

Eine Alternative bietet die Iteration mit einer deduktiven Abfrage. Mit der bereits in Tabelle 3-1 dargestellten Liste und den Beschreibungen (Kapitel 3.1.2) unzureichender Leistung lassen sich, wie bei der oben beschriebenen Pfadanalyse, Aspekte identifizieren, die möglicherweise im Unternehmen Symptome unzureichender Leistung verursachen. Auch hier gilt es zu prüfen, ob diese Aspekte tatsächlich Leistungsdefizite verschulden und ggf. so aufgedeckte Symptome mit deren Bedeutung und Ursachen zu dokumentieren.

C – Bewertung der Tragweite der Ursachen

Nachdem alle Symptome und Ursachen unzureichender Leistung erfasst wurden, ist nun die Tragweite der Ursachen zu bestimmen. Die Tragweite beschreibt wie viele Personen, Abteilungen bzw. welcher Anteil des Unternehmens von der Ursache betroffen ist. Die Tragweite wird ebenfalls, wie bei der Bewertung der Symptome, in einer vierstufigen, qualitativen Skala angegeben. Diese reicht von einer niedrigen Tragweite, bei der nur einzelne Personen betroffen sind, bis zu einer sehr hohen Tragweite, die z. B. dafür steht, dass das ganze Unternehmen oder die Kunden betroffen sind (Tabelle 3-4). Auch diese Skala kann bei Bedarf angepasst werden und abhängig von den unternehmensspezifischen Anforderungen mit quantitativen Stufen versehen werden.

Tabelle 3-4: Bewertung von Ursachen unzureichender Leistung nach deren Tragweite

	1	2	3	4
	Gering	Mittel	Hoch	Sehr hoch
Tragweite	Einzelne Mitarbeiter	Gesamte Abteilung	Abteilungsübergreifend	Unternehmen, Kunde
	Benutzerdefiniert:	Benutzerdefiniert:	Benutzerdefiniert:	Benutzerdefiniert:

Beispiel

Ursache – Daten und Dokumentation	Unternehmensspezifische Ausprägung: Erzeugte Lösungen werden nicht für alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zugänglich archiviert.	Tragweite – hoch Betrifft mehrere Abteilungen
--	---	---

D – Interpretation der Kritikalität von Ursachen

Im Detail wird die Kritikalität der Ursachentragweite, die neben den Bedeutungsniveaus der Symptome im nächsten Schritt für die Priorisierung der Handlungsalternativen als Eingangsgröße dient, wie folgt interpretiert (angepasst nach LINDEMANN 2012b):

Gering kritische Ursachen haben eine **geringe Tragweite** und können durch eine Maßnahme potentiell einfach eliminiert werden. Es sind wenige Personen oder nur eine Abteilung betroffen. Die Maßnahme kann für die Erzielung von Quick Wins in Betracht gezogen werden.

Moderat kritische Ursachen mit einer **mittleren Tragweite** können potentiell mit wenig komplexen Maßnahmen vermieden werden (mittlere Tragweite der Ursache). Es können bei begrenzter Komplexität erhebliche Erfolge erzielt werden.

Hoch kritische Ursachen betreffen aufgrund ihrer **hohen Tragweite** eine hohe Anzahl an Personen. Die Komplexität der Umsetzung von Gegenmaßnahmen zu diesen Ursachen kann hoch sein. Es gilt abzuwägen, ob eine kritische Ursache zu Beginn der Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen angegangen werden soll. Ein Scheitern bei der Maßnahmenumsetzung kann zu einer Beeinträchtigung der Akzeptanz bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern führen.

Für **sehr hoch kritische** Ursachen mit einer **sehr hohen Tragweite** ist die Komplexität bei der Umsetzung von Maßnahmen hoch. Es gilt abzuwägen, ob eine kritische Verschwendungsursache zu Beginn der Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen angegangen werden soll. Es wird

empfohlen, eine sehr kritische Verschwendungsursache erst in einer späteren Phase der Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen anzugehen. Für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ersichtliche Probleme bei der Maßnahmenumsetzung können zu einer Beeinträchtigung der Akzeptanz führen.

E – Priorisierung der Handlungsmöglichkeiten

Nachdem sowohl die wirtschaftliche Bedeutung der Symptome unzureichender Leistung, als auch die Kritikalität der Ursachentragweite bestimmt werden konnten, gilt es diese getrennten Bewertungen für die Priorisierung des Handlungsbedarfs zusammenzuführen. Es soll ermittelt werden, für welche Ursachen deren Eliminierung das größte Potenzial aufweist und so eine Rangfolge der Ursachen gebildet werden. Diese stellt eine priorisierte Liste des Handlungsbedarfes für die Leistungsverbesserung in der Produktentwicklung eines Unternehmens in Abhängigkeit des Variantenmanagements dar.

Zunächst wird ermittelt, wie groß das Potenzial einer einzelnen Ursache ist. Für jede Ursache wird die Anzahl der verursachten Symptome ermittelt. Dafür bietet es sich an, eine DMM der im Unternehmen beobachteten Symptome und Ursachen zu erstellen, wie in Bild 3-21 dargestellt. Anhand dieser unternehmensspezifischen SU-DMM kann für jede Ursache in ihrer Spalte die Anzahl der Einträge ermittelt werden. Je mehr Symptome eine Ursache zur Folge hat, desto höher ist der potenzielle wirtschaftliche Erfolg, der durch die Eliminierung dieser Ursache erzielt werden kann.

Anzahl der Ursachen pro Symptom

Nutzerspezifische SU-MDM			Symptome				Ursachen				
			S1	S2	S4	S5	U1	U2	U4		
Symptome	S1	Verzögerungen bei abteilungsüberg. Tätigkeiten			■	■	2	■		■	
	S2	Unterbrechungen durch Anfragen aus Vertrieb		■			1		■		
	S4	Mangelnde Wiederverwendung von Dokumenten	■		■		1	■			■
	S5	Fehler auf Zeichnungen	■			■	1				■
Ursachen	U1	Daten und Dokumentation: Dokumente nicht auffindbar						■		■	1
	U4	Prozess zur Kommunikation zw. Abteilungen nicht definiert						■			1
	U4	Informationsfluss abteilungsübergreifend nicht ausreichend						■		■	1

Anzahl der Symptome pro Ursache

Bild 3-21: Anwendungsspezifische SU-DMM

Auf der anderen Seite ist die Anzahl der Ursachen je Symptom ein Maß für den möglichen Aufwand, der für das Abstellen des Symptoms erforderlich ist. Sie wird ermittelt durch das

Summieren der Einträge in der Zeile. Je höher die Zeilensumme ist, desto mehr Ursachen müssen zur Eliminierung dieses Symptoms beachtet werden.⁶⁹

Folglich haben die Ursachen das höchste Potenzial, die viele Symptome (mit einer hohen wirtschaftlichen Bedeutung und wenigen Ursachen) auslösen. Weiterhin verspricht eine Ursache mit niedriger Tragweite einen geringeren Eliminierungsaufwand als eine mit hoher Tragweite.

Bild 3-22 zeigt beispielhaft wie die Rangfolge der Ursachen gebildet wird. Basierend auf der so ermittelten Rangfolge der Handlungsbedarfe können im nächsten Schritt Maßnahmen zur Eliminierung der Ursachen ausgewählt werden.

Der beherrschbare Umfang dieser Handlungsalternativen kann, je nach Anwendungsszenario und spezifischen Unternehmensrandbedingungen, unterschiedlich sein. Deshalb ist die Plausibilität der anhand des Vorgehens ermittelten Rangfolge vor diesem Hintergrund zu prüfen und gegebenenfalls anzupassen.

F – Ergebnis aus der Erfassung, Bewertung und Interpretation der Ursachen

Durch die Nutzung des Einflussmodells, ist das Ergebnis dieses Schrittes eine priorisierte Liste an Handlungsbedarfen zur Eliminierung der Ursachen für die Symptome unzureichender Leistung in der Produktentwicklung in Abhängigkeit des Variantenmanagements. Diese Liste ist die Voraussetzung für die Auswahl von Maßnahmen im folgenden Abschnitt.

Die Ergebnisse aus den in Kapitel 3.3.2 durchlaufenen Schritten gilt es zu dokumentieren, z. B. im gleichen Formblatt wie die erhobenen und bewerteten Symptome unzureichender Leistung (Anhang 7.9.2).

Bild 3-22 zeigt eine anwendungsspezifische SU-DMM. Diese Matrix enthält nur die Symptome und Ursachen unzureichender Leistungen sowie die Verknüpfungen innerhalb und zwischen diesen beiden Domänen. Sie lässt sich anhand der Analyseergebnisse aufbauen. Bei der Nutzung des Formblatts (Anhang 7.9.2) für die Dokumentation der Analyseergebnisse, ergibt sich die anwendungsspezifische SU-DMM automatisch. Aus dieser SU-DMM lassen sich die anwendungsspezifische S-DSM und U-DSM, wie in Kapitel 3.1.1 beschrieben, ableiten. Werden die spezifische SU-DMM sowie die S- und U-DSM zusammen geführt, ergibt sich ein anwendungsspezifisches Einflussmodell.

Dieses lässt sich im Rahmen einer langfristigen Verankerung des SUM-Ansatzes in einem Unternehmen (z. B. kontinuierliches Monitoring der Leistung im Lean Product Development) als unternehmensspezifische Datengrundlage für zukünftige Analysen und die langfristige Dokumentation verwenden. Das Modell stellt eine Momentaufnahme der Leistung in der Produktentwicklung in Abhängigkeit des Variantenmanagements zu einem bestimmten Zeitpunkt dar. Es kann mit den Ergebnissen einer späteren Analyse verglichen werden, sodass zwischen den

⁶⁹ Pessôa et al. (PESSÔA et al. 2009) entwickeln einen matrixbasierten Ansatz, der ebenfalls Zeilen- bzw. Spaltensummen für die Ermittlung einer der Eliminierungsreihenfolge nutzt. Allerdings unterscheiden sie nicht zwischen Symptomen und Ursachen von Verschwendungen (vgl. Kapitel 2.2.5).

beiden Zeitpunkten, durch Umsetzen von Verbesserungsmaßnahmen, aufgetretene Veränderungen der Leistung erkennbar sind. Das anwendungsspezifische Modell kann Einträge enthalten, die das in dieser Arbeit präsentierte Einflussmodell nicht enthält. In diesem Fall sollte das Einflussmodell um diese Einträge ergänzt werden.

Rangfolge Handlungsbedarf	Symptome fehlender Leistung	Wirtschaftl. Bedeutung Symptome	Ursachen fehlender Leistung	Kritikalität (Tragweite) Ursachen
1	S1	kritisch	U2	moderat
	S5	signifikant		
	S4	sehr kritisch		
2	S2	sehr kritisch	U1	moderat
3	S3	gering signifikant	U5	sehr hoch
	S6	gering signifikant		
4	Sn	gering signifikant	U2	sehr hoch
			U4	moderat
			U3	gering

Bild 3-22: Priorisierung – Zusammenführen der Einzelbewertungen

3.3.3 Maßnahmenvorschlag und Methodensammlung

Dieser Abschnitt basiert auf den Ergebnissen des Forschungsprojekts und Erkenntnissen aus dem Stand der Forschung. Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse stellen teilweise eine Erweiterung des Projektberichtes (LINDEMANN 2012a) dar. Betroffene Stellen sind entsprechend gekennzeichnet.

Literatur im Bereich des Lean Product Developments bietet nur eingeschränkt Hinweise darauf, welche Maßnahmen zur Vermeidung welcher Verschwendungsarten einsetzbar sind (LINDEMANN 2012a, EBEN et al. 2011). Insbesondere gibt es keine Verweise darauf, welche Maßnahmen im Bereich Variantenmanagement für die Eliminierung welcher Verschwendungssymptome heranzuziehen sind (LINDEMANN 2012a, EBEN et al. 2011). Weiterhin stehen aus der Literatur im Bereich Variantenmanagement und Prozessverbesserung Empfehlungen zur Auswahl von Maßnahmen nur für wenige spezifische Fälle unzureichender Leistung des Entwicklungsprozesses in Abhängigkeit des Variantenmanagements zur Verfügung.

Im Forschungsprojekt wurde eine Zuordnung von Maßnahmen zu Verschwendungsursachen erarbeitet auf Basis der in den sechs Partnerfirmen durchgeführten Verschwendungsanalysen sowie Maßnahmenauswahl und -detaillierung (EBEN et al. 2011). Sowohl diese Zuordnung als auch der im Projekt erarbeitete Maßnahmenkatalog mit Lean-Maßnahmen bilden eine Grundlage für die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit. Der Maßnahmenkatalog wurde mit Hilfe einer Literaturrecherche um Methoden und Vorgehensweisen aus den Bereichen Prozessverbesserung und Variantenmanagement erweitert. Weiterhin nutzte die Autorin Ergebnisse aus einer Forschungs Kooperation mit dem Engineering Design Center der University of Cambridge (siehe Anhang). Im Rahmen der Zusammenarbeit wirkte die Autorin maßgeblich an der Erarbeitung von Zusammenhängen zwischen wertsteigernden Methoden und Verschwendungsarten mit (SIYAM et al. 2012a, SIYAM et al. 2012b). Die Zuordnung der Maßnahmen zu den Ursachen unzureichender Leistung erfolgte für den Maßnahmenkatalog anhand des Einflussmodells.

A – Maßnahmenauswahl und -anpassung – Erfolgsfaktoren

Die Maßnahmenauswahl erfolgt systematisch auf der Grundlage der ermittelten Ursachen. Im Maßnahmenkatalog wird dafür eine Zuordnung von Ursachen zu den Maßnahmen vorgenommen. Die Maßnahmen sind auf einem allgemeingültigen Niveau beschrieben. Abhängig von den spezifischen Randbedingungen eines Unternehmens gilt es diese Maßnahmen anzupassen um deren vollständige Wirkung sicherzustellen.

Für die Auswahl, Anpassung und spätere Durchführung von Verbesserungsmaßnahmen ist es essentiell, dass das Vorhaben nicht nur durch die betroffenen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter getragen wird. Es ist entscheidend, dass die Unternehmensführung bzw. das obere Management das Vorhaben unterstützt und daran teilnimmt. (HELTEN 2013, LIKER 2006, OHNO 2009, S. 69 f.)

Unabhängig vom Anwendungsszenario wird für die Durchführung von Maßnahmen die Bildung eines Umsetzungsteams empfohlen, das die Auswahl, Detaillierung und Umsetzung der Maßnahmen vorantreibt. Es ist wichtig, dass das Team über die, für die erfolgreiche Durchführung des Vorhabens erforderlichen Ressourcen, Werkzeuge (z. B. Software-Werkzeuge) und Befugnisse verfügt. Dabei ist es entscheidend Zuständigkeiten für einzelne Arbeitspakete innerhalb des Vorhabens klar zu definieren. Idealerweise wird eine Person bestimmt, die die Umsetzung einer Maßnahme verantwortet. Zusätzlich müssen die von den Maßnahmen betroffenen Personen aller Hierarchieebenen in die Ausarbeitung der Maßnahmen einbezogen werden, z. B. durch die Möglichkeit, Feedback und Ideen zu den Maßnahmen zu äußern. Dies setzt eine regelmäßige Kommunikation des aktuellen Standes über den identifizierten Verbesserungsbedarf, die gewählten Maßnahmen sowie deren Ausgestaltung und Umsetzung voraus. Letzteres ist eine unumgängliche Randbedingung für die Sicherung der Akzeptanz der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für das Vorhaben. (HELTEN 2013, LINDEMANN 2012b)

Dafür können bspw. Kick-Off-Treffen für betroffene Beschäftigte über die Ziele und Phasen der Maßnahmenumsetzung Klarheit schaffen. Die Kommunikation erster Erfolge aus einer Verbesserungsinitiative kann die Akzeptanz und Verankerung des Lean Product Developments weiterhin fördern (LINDEMANN 2012a).

Die Anzahl der umzusetzenden Maßnahmen kann je nach Anwendungsszenario und den Randbedingungen eines Unternehmens ausgewählt werden. Eine zu große Anzahl an Maßnahmen

kann den Aufwand und die Komplexität bei der Umsetzung stark erhöhen (LINDEMANN 2012b). Die Beherrschbarkeit des Verbesserungsvorhabens muss gewahrt werden. Ansonsten kann es zu Misserfolgen bei der Maßnahmenumsetzung kommen, die ihrerseits die Akzeptanz und Motivation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für das Vorhaben vermindern können.

Der Maßnahmenkatalog (vollständig enthalten in Anhang 1.1) kann für die Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen herangezogen werden. Bild 3-23 zeigt einen Ausschnitt aus der Maßnahmenauswahlmatrix. Diese Matrix ist eine Zusammenfassung des Kataloges, die aufzeigt, welche Maßnahmen zur Beseitigung welcher Ursachen unzureichender Leistung eingesetzt werden können. Sie stellt allerdings keine Kombinationsmöglichkeiten einzelner Maßnahmen dar. Der Bedarf, mehrere Maßnahmen parallel oder in einer Sequenz durchzuführen, ergibt sich aus den spezifischen Ursachen eines Unternehmens.

Maßnahmenauswahlmatrix		Maßnahmen - Ziele und Strategie											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	...
		Unternehmensstrategie	Projektstrategie	Produktstrategie getrieben von Businessstrategie	Produktgestaltung	Gestaltung der Organisationsstruktur	Teamzusammenstellung - Bündelung von Kompetenzen	Räumliche Verteilung von Teams und Standorten	Definition und Vergabe von Verantwortlichkeiten über die Organisation hinweg	Gestaltung der Unternehmenskultur	Make- or Buy-Entscheidungen	Variantenmanagement	...
Kategorien - Ursachen fehlender Leistung	1	Strategie und Ziele	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	2	Projektmanagement	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	3	Prozessmanagement	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	4	Informationsfluss	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	5	Daten und Dokumentation	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	6	Führung	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	7	Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	8	Werkzeuge	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Strategie und Ziele	1	Ungeeignete Unternehmensstrategie	■				■	■	■	■	■	■	■
	2	Ungeeignete Produktstrategie			■	■						■	■
	3	Ungeeignete Projektstrategie		■		■	■	■	■	■	■	■	■
...	...												

Bild 3-23: Ausschnitt aus der Maßnahmenauswahlmatrix.

Der Katalog enthält Methoden und Vorgehensweisen auf unterschiedlich konkreten Ebenen (siehe Ausschnitt in Bild 3-24). Zum einen sind Vorgehensweisen aus den Bereichen Prozessverbesserung, Lean Product Development und Variantenmanagement auf einem abstrakten generischen Niveau aufgeführt. Zum anderen sind konkretere Maßnahmen enthalten, die sich aus den Ursachenunterkategorien für fehlende Leistung ergeben.

Zusatzinformationen
Überprüfen Sie die Leistungsfähigkeit in der Produktentwicklung!
www.effizienz-in-der-entwicklung.de

Maßnahmenkatalog – Kategorie Ziele

1. Unternehmensstrategie

Die Unternehmensstrategie definiert die Strategie und Ziele sowie die Prioritäten aus Unternehmenssicht, beispielsweise bezüglich der Zielmärkte. Die Unternehmensstrategie bildet die Grundlage für die Ableitung einer erforderlichen und vielfaltsgerechten Produktstrategie und somit für die Gestaltung, Reduktion und Beherrschung sowohl der internen als auch der externen Vielfalt. In der Unternehmensstrategie gilt es ebenfalls Themen wie die kontinuierliche Weiterentwicklung der Unternehmensstruktur und -prozesse sowie der Personal- bzw. Kompetenzentwicklung zu verankern, um die Motivation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und die optimale Durchführung und Einhaltung der Vorgaben des Vielfaltsmanagements zu sichern. So kann in der Unternehmensstrategie die Einbindung externer Ressourcen bzw. die Vergabe von Aufträgen an externe Unternehmen verankert sein. Allerdings sollte die Produktarchitekturentwicklung, als Kernkompetenz eines Unternehmens, nicht nach extern vergeben werden bzw. am Hauptentwicklungssitz durchgeführt werden [Tripathy & Eppinger 2011].

Die aus der Unternehmensstrategie abzuleitenden Ziele sind auf alle Unternehmensbereiche und -ebenen herunterzubrechen und Zielvorgaben abzuleiten; dies betrifft insbesondere das Vielfaltsmanagement.

Literatur:

- Tripathy, A.; Eppinger, S. D.: Organizing Global Product Development for Complex Engineered Systems. IEEE Transactions on Engineering Management, 58 (2011) 3, S. 510-529.

Bild 3-24: Ausschnitt aus dem Maßnahmenkatalog

Des Weiteren unterscheiden sich die Maßnahmen, ähnlich den Ursachen, in ihrer Tragweite. Je nach Anwendungsszenario können sich so die tatsächlich anwendbaren Maßnahmen unterscheiden. Beispielsweise kann der Entwicklungsleiter üblicherweise nicht alleine, ohne die Einbindung der Unternehmensführung und anderer Abteilungen, entscheiden, dass die Produktstrategie überarbeitet werden muss. Ist allerdings die unzureichende Produktstrategie die Ursache für hoch signifikante Symptome unzureichender Leistung und deren Eliminierung somit von hoher wirtschaftlicher Bedeutung, liefert die Anwendung des Vorgehens mit Maßnahmenauswahl eine Argumentationsgrundlage für den Entwicklungsleiter, den er für die Kommunikation mit der Unternehmensführung nutzen kann.

B – Vorgehen Maßnahmenauswahl

Für jede Ursache gilt es entsprechend ihrer Priorisierung (Abschnitt) mit Hilfe der Maßnahmenauswahlmatrix eine oder ggf. mehrere Maßnahmen auszuwählen, falls der Effekt das Symptom abzustellen nicht durch eine einzelne Maßnahme erreicht werden kann, und zu dokumentieren.

Abhängig vom Ergebnis der Maßnahmenauswahl kann es erforderlich sein, die Priorisierung der Ursacheneliminierung final anzupassen, abhängig von der erforderlichen Anzahl an Maßnahmen oder dem mit der Maßnahmenanpassung und -umsetzung verbundenen Aufwand und den erforderlichen Ressourcen.

C – Ergebnis aus der Maßnahmenauswahl

Ergebnis dieses Schrittes ist eine priorisierte Liste an Handlungsalternativen, entsprechend der Maßnahmen, die für die im vorangegangenen Schritt priorisierten Ursachen unzureichender

Leistung von Entwicklungsprozessen in Abhängigkeit des Variantenmanagements ausgewählt wurden. Abschließend können die ausgewählten Maßnahmen in das Formblatt (Anhang 7.9.2) bzw. als Zusatzinformation ins nutzerspezifische Einflussmodell eingetragen werden. In der Folge erhalten Sie ein Dokument, in dem alle erhobenen Informationen in einer Ansicht dokumentiert und verfügbar sind. Es kann als eine Art Wissensdatenbank für nachfolgende Analysedurchläufe genutzt werden, z. B. bei der Nutzung des SUM-Ansatzes für kontinuierliches Monitoren der Leistungsfähigkeit der Produktentwicklung.

3.4 Umsetzung des SUM-Ansatzes im Demonstrator

Der im vorherigen Abschnitt beschriebene SUM-Ansatz wurde in einem online-basierten Demonstrator umgesetzt. Dieser Demonstrator ist darauf ausgerichtet einerseits eine langwierige Einarbeitung zu vermeiden sowie ein pragmatisches und selbsterklärendes Vorgehen zu ermöglichen. Andererseits laufen im Demonstrator alle Schritte automatisiert ab, die keine unternehmensspezifische Eintragung erfordern. Somit kann der Zeitaufwand für die Anwendung des Ansatzes minimiert werden.

















<p>Offener Bereich</p>	<p>Startseite mit Teaser</p> 	<p>Einleitung – So funktioniert's</p> 	<p>Vorgehensschritte</p> 		
<p>Login-Bereich</p>	<p>Startseite mit Teaser</p> 	<p>Einleitung – So funktioniert's</p> 	<p>Vorgehensschritte</p> 	<p>Bewertung Skalen und Interpretation</p> 	<p>Priorisierung Zusammenführen Bewertung Symptome und Ursachen</p> 
<p>Analyse</p>	<p>Abfrage Symptome fehlender Leistung</p> 	<p>Abfrage Ursachen fehlender Leistung</p> 	<p>Priorisierung – Zusammenfassung der Bewertung</p> 	<p>Iteration – Prüfung auf Plausibilität und Vollständigkeit</p> 	<p>Maßnahmenauswahl</p> 
<p>Zusatzmaterial</p>	<p>Beschreibung Symptome fehlender Leistung</p> 	<p>Beschreibung Ursachen fehlender Leistung</p> 	<p>Maßnahmenkatalog</p> 		

Bild 3-25: Struktur des webbasierten SUM-Demonstrators

In der Folge wird der Demonstrator für Evaluierung des SUM-Ansatzes und des dahinterliegenden Einflussmodells genutzt, welches die Auswirkungen des Variantenmanagements auf die Leistung in der Produktentwicklung abbildet (Kapitel 4).

Der Demonstrator ist, wie in Bild 3-25 visualisiert, in vier Bereiche gegliedert. In einem öffentlich zugänglichen Bereich wird die Zielsetzung des Demonstrators kurz und prägnant in Form eines Teasers beschrieben, um das Interesse der Anwenderinnen und Anwender an der Analyse zu gewinnen. Auf zwei weiteren Seiten wird das Vorgehen vorgestellt.

Der geschlossene Bereich, der zur Wahrung des Datenschutzes, nur über, durch die Autorin zur Verfügung gestellte, Zugangsdaten erreicht werden kann, umfasst zusätzlich zu den bereits beschriebenen Inhalten, weitere Informationen zur Bewertung von Symptomen und Ursachen unzureichender Leistung und deren Interpretation.

Weiterhin werden im Demonstrator umfangreiche Zusatzmaterialien zur Verfügung gestellt. Neben einer ausführlichen Beschreibung der einzelnen Kategorien von Symptomen und Ursachen, ist der Maßnahmenkatalog verfügbar. Diese Zusatzmaterialien können bei Bedarf während den Analyseschritten herangezogen werden. Sie öffnen sich in einem neuen Fenster, um nicht den Eindruck zu erwecken, dass bereits eingegebene Daten verloren gehen könnten. So kann ohne Umschweife zwischen dem Analysefenster und den Zusatzmaterialien gewechselt werden.

Das Vorgehen des SUM-Ansatzes wurde für die teilautomatisierte Umsetzung im Demonstrator in die in Bild 3-26 dargestellte Form gebracht. Dabei ist das Vorgehen nach wie vor iterativ geprägt, um als Ergebnis ein ganzheitliches Bild der Situation im Unternehmen zu erhalten. Gleichzeitig wird deutlich, wie die einzelnen Analyseschritte aufeinander aufbauen.

1a	Welche Symptome fehlender Leistung treten im Unternehmen auf?	Liste bewerteter Symptome fehlender Leistung
1b	Was ist deren Bedeutung? Geben sie Häufigkeit und Umfang für jedes Symptom an?	
2a	Welche dieser Ursachen treffen zu? Die Ursachen wurden bei gleichen Symptomen in anderen Unternehmen beobachtet.	Liste bewerteter Symptome fehlender Leistung und deren Ursachen
2b	Welche weiteren Ursachen beobachten Sie?	
2c	Was ist die Tragweite der Ursachen?	
3a	Ist die Priorisierung für Ihr Unternehmen plausibel? Wie sind die Prioritäten anzupassen?	Liste an Handlungsalternativen priorisiert nach Handlungsbedarf
3b	Ist das Bild stimmig und vollständig? Treten weitere bisher noch nicht betrachtete Symptome und Ursachen auf?	
4a	Treten weitere Symptome und Ursachen auf?	Liste an Handlungsalternativen priorisiert nach Handlungsbedarf
	Was ist die Häufigkeit und der Umfang der Symptome? Was ist die Tragweite der Ursachen?	
4b	Ist diese Liste aus Unternehmenssicht plausibel?	
	Wie sollen die Prioritäten angepasst werden?	
5	Priorisierte Handlungsalternativen als Entscheidungsgrundlage für Verbesserungsmaßnahmen	

Bild 3-26: Umsetzung des SUM-Ansatzes im Demonstrator

Die Analyse des SUM-Ansatzes startet mit der Ermittlung der Symptome unzureichender Leistung anhand der Leitfragenliste. Bild 3-27 enthält einen Ausschnitt aus der Symptom-Abfragemaske des Demonstrators. Jedes zutreffende Symptom gilt es zu spezifizieren und den Unter-

nehmenskontext abzubilden. Zudem muss Umfang und Tragweite bestimmt werden. Nicht auftretende Symptome können einfach übergangen oder für diese die Option „Trifft nicht zu“ gewählt werden. Es ist zudem möglich in jeder Kategorie (z. B. Verzögerungen) „sonstige“ Symptome zu dokumentieren. Zusätzliche Symptome sind demnach automatisch einer Kategorie zugeordnet, wodurch Ursachenvorschläge im zweiten Schritt möglich sind. Ergebnis ist eine Liste im Unternehmenskontext spezifizierter, bewerteter Symptome unzureichender Leistung.

Verzögerungen					
Diese Kategorie steht für das Warten auf Informationen. Verzögerungen können zu dem durch fehlendes Wissen zum aktuellen Stand von Informationen und fehlender Zugänglichkeit bzw. hohem Aufwand zur Erlangung von Informationen entstehen.					
Nr.	Welches Symptom fehlender Leistung tritt auf?	An welcher Stelle treten regelmäßig Verzögerungen auf?	Umfang	Häufigkeit	Trifft nicht zu
1	An welcher Stelle treten regelmäßig Verzögerungen auf?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Bei welchen Prozessschritten muss		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bild 3-27: Demonstrator – Bewertung von Symptomen unzureichender Leistung

Bild 3-28 zeigt einen Ausschnitt aus der Auswahlmaske für die Bestimmung der unternehmensspezifischen Ursachen in Schritt 2. Für jedes spezifizierte und bewertete Symptom unzureichender Leistung werden, auf Basis der im Einflussmodell abgebildeten Verknüpfungen mögliche Ursachen vorgeschlagen. Es gilt für jede Option zu entscheiden ob diese Ursache im eigenen Fall zutrifft oder nicht. Darüber hinaus kann die Ursache detaillierter beschrieben werden, mit dem Ziel die Situation im eigenen Unternehmen festzuhalten.

Verzögerungen						
Diese Kategorie steht für das Warten auf Informationen. Verzögerungen können zu dem durch fehlendes Wissen zum aktuellen Stand von Informationen und fehlender Zugänglichkeit bzw. hohem Aufwand zur Erlangung von Informationen entstehen.						
Nr.	Symptome fehlender Leistung	Trifft eine dieser möglichen Ursachen auf Ihr Unternehmen zu?				
1	An bestimmten Stelle treten regelmäßig Verzögerungen auf. Kommentar: Test andere	Nr.	Mögliche Ursache	Ja?	Nein?	Tragweite
		1	Ungeeignete Unternehmensstrategie Ursachenkategorie: Ziele	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		2	Ungeeignete Produktstrategie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bild 3-28: Demonstrator – Auswahl und Bewertung von Ursachen unzureichender Leistung

Schließlich muss die Tragweite jeder ermittelten Ursache festgehalten werden. Es besteht die Möglichkeit eine „sonstige Ursache“ zu erfassen, falls keiner der Vorschläge zutreffend ist. Wurden alle Informationen erfasst, bietet der Demonstrator die Möglichkeit nur die Ergebnisse der Analyse anzuzeigen. Diese umfassen die Liste der Symptome unzureichender Leistung und deren bewerteten Ursachen.

Im dritten Schritt erfolgt, abweichend der in Kapitel 3.3.2 vorgestellten, eine automatische Priorisierung. Dafür werden die Ursachen unzureichender Leistung in eine Rangfolge bezüglich

ihres Potenzials gebracht. Die Ursachen und deren mögliche Eliminierung stellen Handlungsalternativen dar. Symptome unzureichender Leistung repräsentieren anhand ihrer wirtschaftlichen Bedeutung Handlungsbedarfe (Häufigkeit und Umfang der Symptome unzureichender Leistung als Maß für deren wirtschaftliche Bedeutung). Die Rangfolge wird anhand der Nutzerbewertung gebildet. So wird für jede Ursache die Bedeutung der von ihr ausgelösten Symptome summiert. Je höher diese Summe ist, desto höher ist die wirtschaftliche Bedeutung der Symptome und desto höher ist der Handlungsbedarf. Zudem verspricht die Eliminierung einer Ursache, die viele bedeutende Symptome nach sich zieht, demnach große Leistungssteigerungen. Der so erhaltene Wert wird schließlich durch die Tragweite der Ursache dividiert. So geht in die Priorisierung eine Abschätzung mit ein, wie weitreichend die Ursache im Unternehmen ist bzw. wie einfach oder komplex die Umsetzung einer Gegenmaßnahme ist. Je höher der endgültige Priorisierungswert einer Ursache ist, desto größer ist deren Potenzial durch ihre Vermeidung mit einer vergleichsweise gering komplexen Maßnahme einen großen wirtschaftlichen Erfolg zu erzielen. Ergebnis der Priorisierung ist somit eine Liste an Handlungsalternativen, welche die Bedeutung der identifizierten Handlungsbedarfe einbezieht.

Die Anwender sollen im dritten Schritt diese automatische Priorisierung auf deren Plausibilität hinterfragen und ggf. die zuvor durchgeführte Bewertung anpassen. Durch leichtes Verändern bzw. Angleichen der Werte kann zudem ein Eindruck über die Sensitivität der Bewertung gewonnen werden. Zum ersten Mal wird weiterhin zur Ergänzung bisher vernachlässigter Symptome und Ursachen unzureichender Leistung aufgerufen.

Um den vorangegangenen Auftrag zu verstärken, die bisherigen Ergebnisse zu hinterfragen, fokussiert der vierte Schritt auf eine iterative Bearbeitung der ersten drei Formulare. Zu diesem Zeitpunkt haben die Anwenderinnen und Anwender die Systematik zur Ermittlung der Ursachen unzureichender Leistung sowie die Begrifflichkeiten verinnerlicht. Die Leitfragen im ersten Schritt wie auch die Ursachenvorschläge und die übrigen angebotenen Materialien können verstärkt genutzt werden, um die Analyse zu vervollständigen. Ergebnis des vierten Schrittes ist eine angepasste Liste der priorisierten Handlungsalternativen.

Im letzten und fünften Schritt werden Maßnahmen aus dem Katalog vorgeschlagen, die für die Eliminierung dieser Ursache eingesetzt werden können. Je nach Ursachenkategorie werden unterschiedlich viele Vorschläge gemacht. Wurde eine „sonstige Ursache“ gewählt, werden z. B. eine Liste alle hinterlegten Maßnahmen ausgegeben, sodass die Anwender mit Hilfe der Beschreibungen im Maßnahmenkatalog eine Auswahl treffen können. Diese Maßnahmen sind sehr generisch beschrieben. Es gilt also jeden Vorschlag im jeweiligen Unternehmenskontext zu betrachten und auf dessen Anwendbarkeit zu prüfen. Für jede Ursache ist eine Maßnahme bzw. eine Maßnahmenkombination auszuwählen und hinsichtlich der spezifischen Unternehmensrandbedingungen zu detaillieren. Endergebnis der Analyse ist somit eine priorisierte Liste an Handlungsalternativen und möglichen Maßnahmen für deren Umsetzung.

Ein Vorteil des online-basierten Demonstrators ist die Möglichkeit der unternehmensspezifischen Nennungen im Nachgang auszuwerten. So kann das Einflussmodell ggf. angepasst werden. Stellt sich bspw. heraus, dass bisher nicht vorgeschlagene Kategorien für Symptome und Ursachen unzureichender Leistung häufig angegeben werden, liefert dies einen Hinweis auf Verbesserungsbedarf. Das gilt auch für die Verknüpfung von Symptomen und Ursachen. Es gilt regelmäßig zu überprüfen, welche der bisher vorhandenen Verknüpfungen wie häufig in den

unternehmensspezifischen Anwendungsergebnissen enthalten sind bzw. welche neuen Verknüpfungen genannt werden. Daraus lässt sich ggf. Bedarf zur Ergänzung oder Streichung von Verknüpfungen ableiten.

Diese Anpassungsmöglichkeiten sind in zweierlei Hinsicht vorteilhaft. Zum einen ermöglichen sie es den Demonstrator für den Einsatz innerhalb eines Unternehmens zu optimieren und die angebotenen Optionen entsprechend zu fokussieren. Darüber hinaus ermöglicht die Unterstützung einer unternehmenübergreifenden Ergebnisauswertung umfassende empirische Untersuchungen zur Überprüfung und Ergänzung des durch die Autorin ermittelten Einflussmodells dar.

3.5 Zusammenfassung – Einflussmodell und SUM-Ansatz

Innerhalb dieses Kapitels wurde zunächst das entwickelte Rahmenwerk zur Abbildung des Einflusses von Variantenmanagement auf die Leistung in der Produktentwicklung vorgestellt. Die Struktur dieses Einflussmodells sowie dessen Elemente und deren Verknüpfungen wurden erläutert. Der im darauffolgenden Abschnitt dargelegte SUM-Ansatz zur Identifizierung von Symptomen unzureichender Leistung und deren Ursachen für eine zielgerichtete Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen, nutzt das Einflussmodell als Datengrundlage und Leitlinie. Der Abschluss dieses Kapitels fokussiert die Umsetzung des SUM-Ansatzes in einem webbasierten Demonstrator anhand dessen, wie im folgenden Kapitel beschrieben, sowohl die im Einflussmodell abgebildeten Inhalte als auch das Vorgehen des SUM-Ansatzes evaluiert werden.

4. Evaluierung – Einflussmodell und SUM-Ansatz

Die Evaluierung erfolgte, wie in Kapitel 1.3.2 vorgestellt und in Bild 4-1 zusammengefasst, einerseits aus Sicht von Forschung und Wissenschaft sowie andererseits aus Sicht der industriellen Praxis. Zunächst erfolgt die Diskussion von Einflussmodell sowie des SUM-Ansatzes anhand der Erkenntnisse aus dem Stand der Forschung (Kapitel 2.4). Dem schließt sich die Erläuterung der praxisorientierten Anforderungen sowie der Evaluierung durch Vertreter von Industrieunternehmen an. Das Kapitel endet mit einem Fazit zu den in dieser Arbeit vorgestellten Ergebnissen.

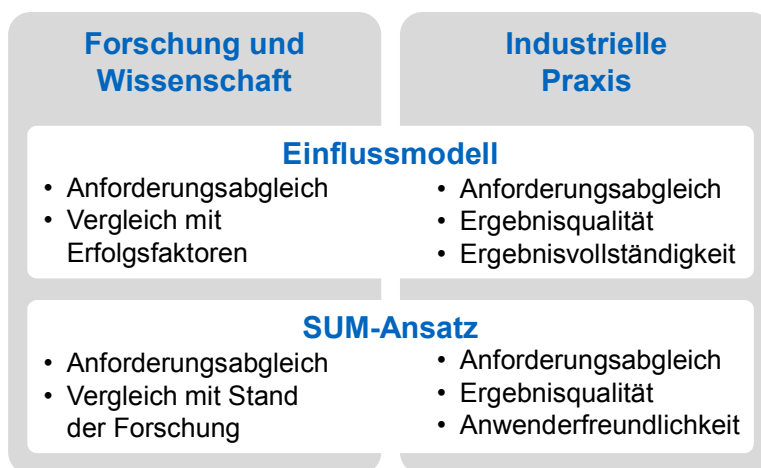


Bild 4-1: Struktur Kapitel 4 – Evaluierung

4.1 Diskussion von Einflussmodell und SUM-Ansatz im Vergleich zum Stand der Forschung

Im ersten Schritt erfolgt hier die Diskussion der Ergebnisse aus Sicht des Stands der Forschung getrennt für das Einflussmodell und den SUM-Ansatz. Es wird dafür Bezug auf die in Kapitel 1.1 formulierten Forschungsfragen und in Kapitel 2.4 zusammengefassten Anforderungen genommen.

4.1.1 Diskussion Einflussmodell – Stand der Forschung

Nach den in Kapitel 1.3.2.1.1 präsentierten Forschungsfragen, galt es in dieser Arbeit zu klären, mit welchen Kriterien sich der Zusammenhang zwischen der Produktentwicklung sowie der Leistung in der Produktentwicklung und dem Variantenmanagement in einem Unternehmen beschreiben lässt. Genauer war einerseits zu ermitteln, anhand welcher Kriterien durch Variantenmanagement induzierter Verbesserungsbedarf in der Produktentwicklung identifiziert und priorisiert werden kann. Andererseits galt es die Frage zu beantworten, mit welchen Kriterien Verbesserungsbedarf im Variantenmanagement identifiziert werden kann und wie die Produktentwicklung und das Variantenmanagement aufeinander abgestimmt werden sollten.

Dieser Forschungsbedarf wurde durch die Ergebnisse der Recherche zum Stand der Forschung (Kapitel 2.4) bekräftigt, sodass sich für diese Arbeit die folgenden Ziele ergaben: Es war ein Verständnis für die Ursachen und Wirkungen von Leistungsdefiziten in der Produktentwicklung sowie insbesondere für den Zusammenhang zwischen Variantenmanagement und der Leistung in der Produktentwicklung zu schaffen. Kenntnis sollte darüber erlangt werden welche der Ursachen von Leistungsdefiziten durch Variantenmanagement bedingt sind, also welchen Einfluss das Variantenmanagement auf das Verschwendungsaufkommen in der Produktentwicklung hat. Zudem war zu ermitteln aufgrund welcher Leistungsdefizite Verbesserungsbedarf im Variantenmanagement erforderlich ist. Die Erkenntnisse über diese Zusammenhänge galt es in einem Rahmenwerk als Einflussmodell abzubilden.

Um diese Ziele zu erreichen, waren die in Kapitel 2.4 zusammengefassten Anforderungen zu erfüllen. So war eine einheitliche und klar verständliche Definition für Verschwendung zu erarbeiten, da in der Literatur ein heterogenes Bild über die Ausprägung von Verschwendung herrscht. Im dieser Arbeit zu Grunde liegenden Forschungsprojekt wurde zur Orientierung die Definition von Bauch (BAUCH 2004) verwendet, welche eine Aggregation der Literaturlandschaft darstellt. Im Zuge der Verschwendungsanalysen in den Partnerunternehmen ergab sich Anpassungsbedarf für die Verschwendungskategorien, sodass die Autorin durch iterative Datenerhebung und Überprüfung der Kategorien eine nachvollziehbare Definition für Verschwendungssymptome erarbeiten konnte (siehe Definition Symptome unzureichender Leistung in Kapitel 3.1.2).

Weiterhin galt es die Leistungsdefizite in der Produktentwicklung und deren Ursachen im Variantenmanagement zu beschreiben und ein Verständnis für die Wirkbeziehungen zwischen Leistungsdefiziten in der Produktentwicklung und dem Variantenmanagement zu schaffen. Dies konnte durch die Abbildung der Verknüpfung der Symptome und Ursachen unzureichender Leistung im Einflussmodell erreicht werden. Die Ursachen bilden sowohl den Einfluss des Variantenmanagements ab als auch Defizite im Variantenmanagement. Die Ursachenkategorien können u. a. dafür genutzt werden, die Wert- bzw. Strategiedefinition zu hinterfragen. Damit erfüllt das Einflussmodell eine weitere der in Kapitel 2.4 enthaltenen Anforderungen. Somit zeigt es, neben dem Zusammenhang von Variantenmanagement und der Leistung in der Produktentwicklung, auch den von Variantenmanagement und Verschwendungsaufkommen auf. Das Einflussmodell als ganzheitliches Rahmenwerk betrachtet alle Handlungsbereiche des Variantenmanagements und stellt über die Ursachenkategorien und Verknüpfungen zu den Symptomen unzureichender Leistung eine Voraussetzung für die Verbindung von Leistungsmessung und Erfolgsfaktoren dar.

Tabelle 4-1 enthält eine Gegenüberstellung der Ursachenkategorien und der aus den Ergebnissen der Recherche zum Stand der Forschung abgeleiteten Erfolgsfaktoren. Insgesamt werden durch die Ursachenkategorien alle identifizierten Erfolgsfaktoren abgedeckt, allerdings ergeben sich unterschiedliche Schwerpunkte.

Tabelle 4-1: Leistungsfaktoren Stand der Forschung vs. Ursachen unzureichender Leistung

Faktor Stand der Forschung	Ursachen- kategorie	Unterkategorie
Strategie, Organisationsgestaltung, Produktarchitektur Kopplung Organisation und Produktarchitektur, Portfoliomanagement	Strategie	Ungeeignete Unternehmensstrategie
		Ungeeignete Produktstrategie
		Ungeeignete Projektstrategie
Prozessgestaltung, Organisationsgestaltung	Prozess- management	Unzureichende Prozessstandards
		Unzureichend definierte Prozesse
		Unzureichende Prozesseinhaltung
		Unzureichende Vorgehensanweisungen
		Unzureichend definierte Methoden
		Unzureichende Reflexion und Analyse
		Unzureichende Prozessweiterentwicklung
Unzureichende Entscheidungsprozesse		
Projektmanagement, Leistungsmessung	Projekt- management	Unzureichende Multiprojektbetrachtung
		Unzureichende Planung
		Unzureichende Projektnachverfolgung
		Unzureichende Leistungsmessung
		Unzureichende Ressourcennutzung
Kommunikation	Informations- fluss	Unzureichender Informationsfluss zwischen Projekten
		Unzureichender Informationsfluss innerhalb von Projekten
		Unzureichender Informationsfluss zwischen Abteilungen
		Unzureichende Abbildung der erforderlichen Informationsflüsse
		Unzureichende Einhaltung der Informationsflüsse
Infrastruktur	Daten und Doku- mentation	Unzureichende zentrale Datenablage
		Unzureichende Struktur der Ablage
		Unzureichende Standards zur Dokumentation
		Unzureichende Einhaltung der Standards
Führung, Personalentwicklung, Unternehmenskultur, Teamgestaltung	Führung	Unzureichende Vorgehensweisen zur Priorisierung
		Ungeeigneter Führungsstil
		Unzureichende Förderung / Kompetenzentwicklung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
		Unzureichende Definition und Vergabe von Verantwortlichkeiten (Aufgabenvielfalt / Spezialisierung)
		Unzureichendes Fördern des Verständnisses der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
Personalentwicklung	Mitarbeiter / -innen	Unzureichende Disziplin
		Unzureichendes Bewusstsein / Wissen
		Unzureichendes Verständnis / Senisibilität
Infrastruktur	Werkzeuge	Ungeeignete oder keine Werkzeuge zur Datenablage
		Ungeeignete oder keine Werkzeuge zur Dokumentation
		Ungeeignete oder keine Werkzeuge zum Projektmanagement
		Ungeeignete oder keine Werkzeuge zum Prozessmanagement
		Ungeeignete oder keine Arbeitsmittel (z. B. Softwaretools)

Bei einem Vergleich fällt auf, dass die Erfolgsfaktoren Strategie, Portfoliomanagement, Organisationsgestaltung, Produktarchitektur sowie die Kopplung der beiden letzten, im Einflussmodell mit der Kategorie Strategie mit ihren drei Unterkategorien betrachtet wird. Diese Themen wurden im Forschungsprojekt weniger häufig beobachtet, als bspw. Prozessgestaltung. Es besteht somit weiterer Forschungsbedarf für die Konkretisierung der Ursache-Wirkungsketten bezüglich der Auswirkungen von Produktarchitektur und Organisationsgestaltung sowie für deren Kopplung (vgl. YASSINE & WISSMANN 2007). Die Organisationsgestaltung wird bisher im Rahmen der Unternehmensstrategie sowie von Projekt- und Prozessmanagement behandelt.

Die Themen Prozessgestaltung sowie Projektmanagement und Leistungsmessung werden durch Erfolgsfaktoren und Einflussmodell gleichermaßen berücksichtigt. Die Erfolgsfaktoren Kommunikation und Infrastruktur werden im Einflussmodell über die Kategorien Daten und Dokumentation bzw. Informationsfluss und Werkzeuge ausführlich abgedeckt. Sie erfahren somit eine höhere Bedeutung als in der Gesamtheit der Erfolgsfaktoren. Dies ist auf das Lean-basierte Forschungsvorgehen zurückzuführen, das auf der Optimierung des Wertstroms in der Produktentwicklung, also der Informationsflüsse basiert (Kapitel 2.2).

Personalentwicklung ist im Einflussmodell sowohl bei den Kategorien Führung als auch bei Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ein Thema. Allerdings berücksichtigen die Erfolgsfaktoren die Motivation Einzelner und deren Disziplin nicht als eigenen Faktor. Dies findet nur im Rahmen von Erfolgsfaktoren zur Führung Beachtung. Im Einflussmodell nimmt die Kategorie einen hohen Stellenwert ein, da die Motivation und Disziplin Einzelner Voraussetzung für alle Verbesserungen und Veränderungen ist. Die Kategorie umfasst die Themen Unternehmenskultur (bspw. wie und wann Kommunikation bzw. Engagement durch Führungskräfte stattfinden sollte) sowie Personalentwicklung und Teamgestaltung.

Ein Vergleich der Arbeiten von Kato (KATO 2005) sowie Siyam et al. (SIYAM et al. 2012a, SIYAM et al. 2012b) mit dem Einflussmodell ergibt Übereinstimmungen bei den Ursache-Wirkungsketten. Allerdings unterscheidet sich die Beschreibung der Ursache-Wirkungsketten durch die Verschiedenheit der entwickelten Kategorien für Symptome und Ursachen unzureichender Leistung. Im Vergleich zu vorhandenen Arbeiten im Lean Product Development stellt das Einflussmodell Leistung in der Produktentwicklung und Variantenmanagement in Relation.

Insgesamt stellt das Einflussmodell einen ersten Schritt zur empirischen Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Variantenmanagement und der Leistung in der Produktentwicklung dar. Mit Hilfe dieses Einflussmodells können Leistungsdefizite in der Produktentwicklung beschrieben werden. Das Modell stellt mögliche Verknüpfungen von Symptomen unzureichender Leistung und Ursachenkategorien dar. Letztere spiegeln Erfolgsfaktoren der Produktentwicklung und des Variantenmanagements wider, sodass durch das Modell Verbesserungsbedarf in beiden Feldern aufgezeigt werden kann. Allerdings basiert das Modell auf den empirischen Daten aus lediglich sechs Fallstudien. Dadurch stellt es in seinem aktuellen Stand eine Hypothese dar, welche es durch weitere empirische Untersuchungen zu bestätigen, zu verfeinern bzw. zu widerlegen gilt. So ist das Einflussmodell durch Daten aus einer größeren Stichprobe und langfristigeren Untersuchung zu konkretisieren und zu kondensieren.

4.1.2 Diskussion SUM-Ansatz – Stand der Forschung

In Kapitel 1.3.2 wurde weiterhin die Forschungsfrage gestellt, wie Unternehmen befähigt werden können, den Verbesserungsbedarf in der Produktentwicklung bzw. im Variantenmanagement eigenständig zu identifizieren sowie langfristig nachzuverfolgen und zu analysieren. Außerdem galt es in dieser Arbeit zu beantworten, wie Unternehmen bei der Wahl von Verbesserungsmaßnahmen unterstützt werden können. Aus diesen Forschungsfragen ergaben sich mit den Ergebnissen aus der Recherche zum Stand der Forschung folgende Ziele für den SUM-Ansatz (Kapitel 2.4):

Es galt die Verbesserung des Zusammenspiels zwischen Variantenmanagement und Produktentwicklung zu unterstützen, um die Verankerung des Variantenmanagements im Produktentwicklungsprozess zu fördern. Dafür war die eigenständige Ermittlung von Verbesserungsbedarf in Produktentwicklungsprozess und Variantenmanagement zu unterstützen. Aus Sicht des Lean Product Development wurde gefordert, dass der Ansatz die Verschwendungseliminierung zur Steigerung des Wertes unterstützt und die Motivation zur Anwendung von Lean-Werkzeugen gehoben wird. Es galt die, in Kapitel 2 identifizierten, Erfolgsfaktoren in die Leistungsmessung zu integrieren und die Nutzung der Ergebnisse daraus zu unterstützen. Schließlich war das Vorgehen des Lösungsansatzes in einem Demonstrator umzusetzen, zur erleichterten Anwendung und Evaluierung.

Der SUM-Ansatz erfüllt sowohl die Anforderungen nach der Unterstützung von ganzheitlichen Verbesserungsinitiativen bzw. umfassendem Wandel, als auch inkrementelle und kontinuierliche Verbesserungen. Durch die Unterstützung bei der Priorisierung des Handlungsbedarfs, kann sowohl eine Umsetzungsreihenfolge für einen ganzheitlichen Wandel, als auch die für eine kontinuierliche Verbesserung definiert werden. Zudem dient der Ansatz zur Beobachtung und Nachverfolgung der Leistung in der Produktentwicklung, wie auch der Auswirkungen von Verbesserungsmaßnahmen.

Durch die Leistungsmessung in Form der Erhebung von Häufigkeit und Umfang der Symptome unzureichender Leistung, kann diese sowohl anhand qualitativer als auch quantitativer Messgrößen erfolgen. Zudem ist sie prozess- bzw. projektbegleitend sowie ggf. auch retrospektiv möglich. Schließlich kann die Leistung auch prozess- bzw. projektübergreifend erfasst werden. Der Ansatz ist in unterschiedlichen Anwendungsfällen einsetzbar. Er liefert Mehrwert in Einzel- und Gruppenanwendung sowie zur einmaligen oder kontinuierlichen Anwendung. Der SUM-Ansatz ermöglicht sowohl ein langfristiges Monitoren der Leistung in der Produktentwicklung, als auch die Analyse innerhalb von Verbesserungsinitiativen.

Das auf dem Einflussmodell basierende Vorgehen unterstützt die Ermittlung der Ursachen und Wirkungen von Leistungsdefiziten. So können Verschwendungsursachen zur Erhöhung der Wertgenerierung eliminiert werden, da das Einflussmodell durch die entsprechende Ursachenkategorie explizit auf Strategie und Ziele und somit die Wertdefinition eingeht. Der SUM-Ansatz ist ein selbsterklärendes Vorgehen das eine pragmatische sowie systematische Verschwendungsanalyse möglich macht. Die Ursachen- sowie Maßnahmenermittlung und deren Priorisierung werden systematisch unterstützt. Dadurch können Unternehmen den SUM-Ansatz eigenständig anwenden. Zudem liefert das Einflussmodell Denkanstöße für die eigenständige Analyse und für das Identifizieren von Verbesserungsbedarf.

Die Verwendung des Einflussmodells, das Symptome und Ursachen unzureichender Leistung in Beziehung setzt, im SUM-Ansatz, stellt sicher, dass die Leistungsmessung mit den Erfolgsfaktoren in Produktentwicklung und Variantenmanagement verknüpft ist. Dadurch werden Verbesserungsmaßnahmen auf Basis der Ergebnisse aus der Leistungsmessung systematisch ausgewählt. Es werden nicht nur Handlungsalternativen zur Verbesserung des Produktentwicklungsprozesses und die Abstimmung mit dem Variantenmanagement methodisch hergeleitet, auch mögliche Maßnahmen zur Steigerung des Erfolgs im Variantenmanagement werden vorgeschlagen.

Bestehende Self-Assessment-Werkzeuge bzw. qualitätsorientierte Audits geben Best Practice wieder, um eine hohe Qualität bzw. Leistung der Prozesse etc. zu erreichen. Sie bieten dabei keine Unterstützung, die unternehmensspezifischen Ursachen für fehlende Leistung zu ermitteln. Auch geben sie keine Hilfestellung, um die Erkenntnisse aus der Leistungsmessung für die Auswahl und Anwendung von Verbesserungsmaßnahmen zu nutzen. Durch die Verknüpfung von Ursachen unzureichender Leistung und dem Maßnahmenkatalog im SUM-Ansatz, liefert die Lösung der Autorin genau diese, bisher nicht vorhandene Hilfestellung.

Insgesamt kann durch die systematische Ermittlung von Verbesserungsbedarf und Handlungsalternativen und deren Priorisierung eine Entscheidungsgrundlage für bzw. gegen Verbesserungsinitiativen geschaffen werden. Durch das pragmatische und selbsterklärende Vorgehen sowie die Verknüpfung mit den Maßnahmenvorschlägen wird die Anwendung und Auswahl von Lean-Werkzeugen unterstützt und erleichtert, sodass die Motivation Lean-Werkzeuge anzuwenden gesteigert wird.

Dennoch besteht weiterer Handlungsbedarf zur Weiterentwicklung des SUM-Ansatzes. Zum einen gilt es in der Zukunft aufzuzeigen, anhand welches Prozesses der Ansatz in einem Unternehmen verankert werden kann (vgl. Anforderungen an Self-Assessment-Tools nach Knoblinger et al. (KNOBLINGER et al. 2011)). Bisher wurde der in einem web-basierten Demonstrator umgesetzte SUM-Ansatz abhängig von den Unternehmensrandbedingungen angewendet, ein einheitliches Einführungsverfahren wurde nicht entwickelt. Zudem besteht weiterhin Bedarf die situationsspezifische Adaptierbarkeit SUM-Ansatzes voranzutreiben (vgl. KNOBLINGER et al. 2011).). Bisher besteht die Möglichkeit das Einflussmodell zu erweitern sowie die Bewertungsskalen für Symptome und Ursachen anzupassen. In der Zukunft wäre es hilfreich, ausführlichere methodische Unterstützung zur Adaptierung zu entwickeln. Zudem sollten Möglichkeiten gegeben sein, den SUM-Ansatz und bereits in einem Unternehmen genutzte Leistungsmessungssysteme bzw. Audits (z. B. CMMI-dev) zu integrieren (vgl. KNOBLINGER et al. 2011). Dies gilt insbesondere für die Verbesserung der Umsetzung im Demonstrator.

4.2 Diskussion von Einflussmodell und SUM-Ansatz in der industriellen Praxis

Das Rahmenwerk für die Abbildung des Einflusses von Variantenmanagement auf die Leistung in der Produktentwicklung – kurz das Einflussmodell – und der SUM-Ansatz werden aus Sicht der industriellen Praxis anhand eines web-basierten Demonstrators (Kapitel 3.4) evaluiert. Ziel des Demonstrators ist es, die Analyseschritte zu automatisieren und so den Anwendungsaufwand für die Anwender zu minimieren.

An der Evaluierung nehmen die Partnerunternehmen aus dem Forschungsprojekt teil. Dadurch soll der SUM-Ansatz in Kombination mit dem Einflussmodell dahingehend getestet werden, ob die Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt damit reproduziert werden können. Es kann somit eine Aussage darüber getroffen werden, ob das Einflussmodell die Realität des Forschungsprojektes korrekt abbildet. Durch die Anwendung in weiteren Unternehmen wird geprüft, ob das Einflussmodell ebenfalls für die Analyse in deren spezifischer Situation Mehrwert bietet.

Die Evaluierung aus Sicht der industriellen Praxis erfolgte in drei Schritten. Zu Beginn hatten die Unternehmensvertreter Gelegenheit ihre Anforderungen an ein methodisches Vorgehen, wie den SUM-Ansatz und dessen web-basierter Umsetzung, zu äußern. Anschließend wendeten die Unternehmen den SUM-Ansatz eigenständig an. Abschließend diskutierten die Autorin und Industrievertreter gemeinsam die Erfahrungen bei der Anwendung des Demonstrators, die erzielbare Ergebnisqualität und das ggf. veränderte Anforderungsbild.

Am ersten Evaluierungsschritt nahmen 12 Führungskräfte aus zehn Unternehmen teil; neben den sechs Partnerunternehmen im Forschungsprojekt (Tabelle 1-1) waren dies vier weitere Unternehmen (Tabelle 1-3). Der Demonstrator wurde durch 12 Führungskräfte und zwei Entwickler in insgesamt neun Unternehmen (die Partnerunternehmen A bis E in Tabelle 1-1, und die vier weiteren Firmen in Tabelle 1-3) angewendet.

4.2.1 Anforderungen an Einflussmodell, SUM-Ansatz und Demonstrator

Aus Sicht der industriellen Praxis ergaben die Interviews der ersten Evaluierungsstufe, die im Folgenden erläuterten Anforderungen an den SUM-Ansatz und seinen Demonstrator. Diese Anforderungen bezüglich der Ergebnisqualität können direkt zur Bewertung des Einflussmodells herangezogen werden.

Anforderungen bezüglich der erzielbaren Ergebnisqualität

Für das Anwendungsszenario der Nutzung durch Personen in leitenden Funktionen gilt es aufzuzeigen, in welchen Bereichen eine tiefere Analyse erforderlich bzw. lohnenswert ist. Dafür muss das Ergebnis steuernd sein sowie Verbesserungshinweise und klare Anweisungen ergeben. Der Wert des Ansatzes sollte Anwendern in Führungspositionen deutlich werden und die Entscheidung für oder gegen die Investition in eine umfassende Analyse unterstützen.

Insgesamt hat das Ergebnis Aufschluss über das höchste Verbesserungspotenzial hinsichtlich des Entwicklungsprozesses bzw. Variantenmanagements zu liefern. Dies sollte in Form einer Prioritätenliste von Handlungsanweisungen und ein bis zwei möglichen Maßnahmen pro Ansatzpunkt geschehen. Die Maßnahmen sollten anhand eines konkreten Beispiels kurz erläutert und im Internet für weitere Recherchen auffindbar sein. Weiterhin soll das Ergebnis zuverlässig und glaubwürdig die Tatsachen widerspiegeln. Antworten, die der Ansatz in der Anwendung liefert, sollen belastbarer und profunder Natur sein.

Anforderungen bezüglich Struktur und Anwendungsschritte des Demonstrators

Ein zweistufiges Vorgehen aufgeteilt in Grob- und Feinanalyse sollte derart möglich sein, dass der Einstieg in die Analyse durch Personen in Leitungsfunktionen bzw. Management und, bei Bedarf, eine detaillierte Analyse durch mehrere Personen erfolgen kann. Der geforderte steuernde Charakter aus der Managementanwendung stellt eine Voraussetzung dafür dar.

Die Feinanalyse sollte ggf. in Spezialgebiete zu unterschiedlichen Themenstellungen unterteilt sein. Bei der Grobanalyse ausgeschlossene Bereiche sollten nicht erneut berücksichtigt werden.

Grundsätzlich sollte die Anwendung der Symptom- und Ursachenanalyseschritte des Ansatzes durch mehrere Personen mit unterschiedlichen Sichten durchführbar sein, sodass neben einer ganzheitlichen Analyse des Entwicklungsprozesses ein gemeinsames Verständnis für die Ergebnisse sichergestellt wird. Die Interpretation und Auswertung sollte durch ein definiertes Team erfolgen, um die Maßnahmenauswahl konzentriert durchführen zu können. Eine abteilungs- bzw. bereichsweise Anwendung sollte ermöglicht werden.

Die Analyseschritte sollten durch knappe Beispiele zum Denken anregen, z. B. anhand von „Wie“-Fragen an den „Ingenieur als Knobler“ appellieren. Die Fragen sollten klar und direkt formuliert werden und ggf. Konsistenzabfragen beinhalten.

Bezüglich der Anwenderfreundlichkeit wurden neben einer interaktiven Oberfläche mit Frage- und Antwortmöglichkeiten und einer Fortschrittsanzeige, Übersichtlichkeit sowie zügige und selbsterklärende Bedienung („muss Spaß machen“) als Anforderungen genannt. Darüber hinaus sollte die Möglichkeit bestehen, Zusammenhänge zwischen einzelnen Aspekten zu erkennen und zu vorherigen Schritten zurückzuspringen. (Automatisches) Zwischenspeichern muss für die Nutzenden offensichtlich stattfinden. Schließlich wurden als maximaler Zeitbedarf für die Anwendung von Personen in Leitungsfunktionen Zeitspannen zwischen zehn und 20 Minuten genannt. Für eine umfassende Analyse liegt der geforderte Zeitaufwand bei weniger als einer Stunde bis hin zu zwei bis drei Stunden.

Anforderungen bezüglich Detailgrad der Beschreibungen, Inhalte und Zusatzinformationen

Informationen aller Art sollten so kurz und prägnant wie möglich gehalten sein. In Bezug auf die Maßnahmenbeschreibungen hielten sich zwei teilweise gegensätzliche Anforderungen in der Anzahl der Nennung die Waage.

Einerseits wurde gefordert, dass Maßnahmenvorschläge derart formuliert werden, dass die Maßnahmen direkt anwendbar sind. Ergänzende Literatur (-hinweise) bzw. zusätzliche Recherche sind nicht erwünscht. Weiterführende Literatur sollte zwar neben einem Fallbeispiel und einer kurz und bündigen Vorgehensanleitung aufgeführt werden. Allerdings wurde der Nutzungsgrad dieser Zusatzinformation als sehr gering eingeschätzt. Andererseits wurde eine kurze Maßnahmenbeschreibung in Kombination mit Literaturhinweisen und Internetlinks bevorzugt.

Für beide Punkte sollten ähnlichen Fälle sowie deren Erfolgsfaktoren und Randbedingungen als Messlatte für das eigene Unternehmen genutzt werden können.

Durch die Fokussierung der Symptome und Ursachen unzureichender Leistung wird eine einfache Anwendbarkeit (vgl. Anforderungen bei AHN 1997, S. 138 und 168 ff.) sichergestellt, da Personen in der Industrie besser in der Lage sind, negative Aspekte, wie schlechte Praxis, zu definieren als gute Aspekte, wie Best Practices (BARCZAK & KAHN 2012, S. 304 f.).

4.2.2 Diskussion Einflussmodell und SUM-Ansatz – industrielle Praxis

Dieser Abschnitt widmet sich den Ergebnissen aus der zweiten Evaluierungsinterviewstufe (Leitfaden in Anhang 1.1). Dies umfasst die Diskussion sowohl des Einflussmodells als auch des SUM-Ansatzes und dessen Umsetzung im Demonstrator.

Diskussion des Gesamteindruckes durch die Anwender

Die Anwender wurden zu Beginn nach ihrem Gesamteindruck zur Anwendung des Demonstrators befragt. Zudem erfragte die Autorin ob sie Zusatzinformationen (Beschreibungen zum Vorgehen, zur Bewertung und Priorisierung etc.) genutzt haben.

Die Antworten gliedern sich in zwei Gruppen. Eine Hälfte der Anwender empfand das im Demonstrator umgesetzte Vorgehen als klar und deutlich. Zusatzinformationen kamen zum Einsatz und hatten laut den Anwendern unterstützenden Charakter. In dieser Gruppe waren sowohl Firmen aus dem Forschungsprojekt als auch neue Unternehmen vertreten.

Die andere Hälfte empfand die Einarbeitung als aufwändig und die Anwendung als umständlich. Zusatzinformationen wurden nicht von allen Anwendern eingesetzt. Teilweise wurden der Leseaufwand bis zum Analysestart sowie der Gesamtaufwand als sehr hoch eingeschätzt. Auch in dieser Gruppe waren neue sowie Unternehmen aus dem Forschungsprojekt.

Diskussion der Vorgehensweise

Der zweite Teil dieser Interviewstufe fokussierte auf die Vorgehensweise des SUM-Ansatzes. Die Befragten wurden um eine Aussage ihrer Sicht zur Logik und Sinnhaftigkeit des Ansatzes gebeten. Gegebenenfalls wurde diese Fragestellungen durch Detailfragen, z. B. zur Vorgehenslogik bezüglich unterschiedlicher Anwendungsszenarios oder der Iterationsschritte, ergänzt.

Alle, bis auf eine Person, empfinden das Vorgehen inhaltlich als sinnvoll und die Schritte logisch aufeinander aufbauend. Für das einfachere Verständnis des Vorgehens wurde die Visualisierung in einem Flussdiagramm als wichtige Grundlage genannt, wie es im Rahmen der Vorgehensbeschreibung im Demonstrator verfügbar ist. Allerdings wurden die Einsatzmöglichkeiten in unterschiedlichen Anwendungsszenarios nicht deutlich.

Der Iterationsschritt wird überwiegend als wichtiges Element empfunden, um eine hohe Ergebnisqualität zu erreichen. Ziel dieses Schrittes ist es, die Denkweise zu etablieren, dass bestehende Leistungsdefizite nicht symptomatisch sondern anhand ihrer Ursachen verbessert werden sollten. Durch mehrfaches Nachdenken über Symptome und Ursachen unzureichender Leistung wird diese Systematik vertieft. Bereits getätigte Einträge und dokumentierte Analyseergebnisse können als Denkanstoß dienen. Dieses Ziel ist für die Anwender überwiegend nachvollziehbar,

wenn auch die Iteration in einem Fall als Fehlerbehebungsschritt gesehen wird. Letzteres korrespondiert mit dem Ziel, die Denkweise zu verankern.

Ebenfalls wird häufig der Bedarf nach einer hohen Aufmerksamkeit beim Lesen der Ursachen- und Maßnahmenvorschläge genannt, da für unterschiedliche Problemstellungen gleiche Ursachen sowie Maßnahmen zu prüfen sind. Dies ist durch die Verwendung des Einflussmodells als Referenz begründet. Durch die z. T. sehr umfangreichen Vorschläge besteht die Gefahr den Überblick über unterschiedliche Symptome und deren Ursachen zu verlieren.

Lediglich eine Person schlug ein alternatives Vorgehen vor. Das Streichen des negativ formulierten Schrittes zur Ursachenermittlung sollte das Vorgehen insgesamt vereinfachen und den Zeitbedarf senken. Der Maßnahmenvorschlag sollte sich direkt an die Abfrage der Symptome unzureichender Leistung anschließen. Dieses Konzept zur Verbesserung des Ansatzes deckt sich nicht mit der Zielstellung dieser Arbeit. Es würde die Herausbildung eines Bewusstseins für Symptome und Ursachen unzureichender Leistung nicht ausreichend fördern.

Diskussion der Ergebnisqualität – Analyse und Maßnahmenvorschläge

Die Ergebnisqualität wurde jeweils für die Analyse der Symptome und Ursachen unzureichender Leistung sowie die Maßnahmenvorschläge diskutiert. Dabei hatten die Anwenderinnen und Anwender Gelegenheit Aussagen über den von ihnen erwarteten Mehrwert, im Gegensatz zum tatsächlich erhaltenen Mehrwert des SUM-Ansatzes zu nennen.

Die Anwender, die bereits im Forschungsprojekt beteiligt waren, gaben an, dass die Situation im Unternehmen durch die Ergebnisse widerspiegelt wird sowie die aus dem Projekt bereits bekannten Ergebnisse erzielt wurden. Die Ergebnisse wurden als mit der Realität übereinstimmend bewertet. Daraus lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass die Ergebnisse des Forschungsprojekts im **Einflussmodell** hinreichend abgebildet sind. Das Modell dient der Reproduktion der beobachteten Tatsachen und Zusammenhänge. Darüber hinaus sahen Anwender aus Unternehmen außerhalb des Forschungsprojektes die Analyseergebnisse als Bestätigung ihres „Bauchgefühls“. Die Kategorien der Symptome unzureichender Leistung wurden als sinnvolle Grundlage für die Analyse gesehen. Allerdings wurde angemerkt, dass die Themen Ressourcenmanagement und Fehler gemessen an der Anzahl der sie betreffenden Symptom- und Ursachenkategorien im Gesamtmodell eine zu untergeordnete Rolle einnehmen. Es wurden durch keine der Personen weitere Kategorien oder Verknüpfungen hinzugefügt. Es war somit möglich, anhand der im Einflussmodell enthaltenen Verknüpfungen im jeweiligen Unternehmenskontext, Analyseergebnisse zu erzielen, welche die Realität widerspiegeln. Dem steht der Kritikpunkt gegenüber, dass häufig, auf Grundlage des Einflussmodells, eine sehr hohe Anzahl an Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung stand. Dies führte neben einem erhöhten Zeitaufwand zum Eindruck, dass sich bestimmte Inhalte häufig wiederholen (siehe a. Diskussion der Anwenderfreundlichkeit).

Bezüglich der Qualität der Gesamtanwendung des **SUM-Ansatzes** sprach sich die Hälfte der Anwenderinnen und Anwender dafür aus, dass man durch seine sorgfältige Anwendung einerseits dabei unterstützt wird, ein objektives Bild der aktuellen Lage und möglicher Verbesserungsbedarfe zu erzeugen. Beispielsweise könnten anhand der Bewertung von Symptomen und Ursachen unterschiedliche Sachverhalte objektiv zu einander in Beziehung gesetzt und eine subjektive emotional geprägte Einschätzung vermieden werden. Wobei ggf. die Ergebnisse der

Bewertung mit dem intuitiven Eindruck übereinstimmen können. Dies wurde von einer Person als unzureichender Mehrwert empfunden, zeigt aber auch die Realitätsnähe des Bewertungsansatzes. Weiterhin wurden die Maßnahmenvorschläge als hilfreich eingeschätzt, wengleich der Ansatz bzw. Demonstrator die Umsetzungsunterstützung durch „einen Berater nicht ersetzen kann“. Die übrigen Nutzerinnen und Nutzer widersprachen diesen Aussagen dahingehend, dass sie sich eine geringere Anzahl an Auswahlmöglichkeiten, aber dafür detailliertere, direkt für eine Verbesserung der Situation umsetzbare Hinweise wünschten. Zudem wurde eine höhere Anzahl an Beispielen gefordert sowie eine Aussage darüber, wie das eigene Unternehmen im Vergleich zu anderen liegt, ähnlich zu einem Reifegradmodell.

Diskussion der Demonstrator-Anwenderfreundlichkeit

Im Rahmen Anwenderfreundlichkeit äußerten sich die Anwenderinnen und Anwender zu folgenden Aspekten: Empfinden der Anwendung und -sfreundlichkeit insgesamt, erforderlicher Zeitaufwand, Nachvollziehbarkeit der Vorgehensbeschreibung, Anzahl der durchlaufenen Schritte und Ansichten sowie Layout-Gestaltung.

Während das Layout des Demonstrators insgesamt als angenehm empfunden wurde, äußerten die Anwenderinnen und Anwender hinsichtlich der webbasierten Umsetzung des SUM-Ansatzes Verbesserungsbedarf.

Häufig wurde angemerkt, dass das Vorgehen nur mit Hilfe der Beschreibungstexte durchführbar war. Diese Informationen wurden allerdings als hilfreich beurteilt. Dennoch sahen einige Anwenderinnen und Anwender einen Übungsdurchlauf vor der eigentlichen Analyse als sinnvoll an. Zudem sollte intuitiv erkennbar sein, dass Nutzerinnen und Nutzer automatisch durch die Anwendung geführt werden, also keine Schritte „vergessen“ werden können, Iterationen und Springen zwischen den Schritten dennoch möglich sind. Andere Anwender empfanden das Vorgehen als selbsterklärend und sinnvoll durch gute Beschreibungen ergänzt, sodass im Bedarfsfall Hilfe in Form von Zusatzinformationen schnell auffindbar sind.

Weiterhin wurde Verbesserungsbedarf gesehen hinsichtlich der Darstellung von ähnlichen oder gleichen Inhalten, bspw. bezüglich der z. T. für unterschiedliche Problemstellungen gleichen Ursachen- oder Maßnahmenvorschläge. Diese Dopplungen wurden von den Anwenderinnen und Anwendern z. T. als verwirrend oder störend empfunden. Ähnliches gilt für die Strukturierung der Symptomanalyse: Die Aufteilung in übergeordnete Fragen (z. B. nach Störungen) und untergeordneten Beispielen als Denkanstoß (z. B. wiederkehrende Anfragen aus der Fertigung) bietet die Gefahr, dass gleiche Sachverhalte mehrfach eingetragen werden. In diesem Fall ist für die Anwender evtl. nicht klar, wie mit den Bewertungsergebnissen weiterverfahren wird; ob z. B. die Eintragungen für Unterpunkte aggregiert werden. Darüber hinaus ist die Formulierung einzelner Analysefragen durch diese Aufteilung z. T. ähnlich, was ebenfalls als ungünstig wahrgenommen wurde. Allerdings wurden die Symptomkategorien für sich als Checkliste hilfreich empfunden und keine Widersprüche innerhalb der Symptomkategorien erkannt. Daraus lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass bei der Durchführung des Ansatzes ohne Demonstrator ein Gesamtüberblick über die Kategorie erlangt wird, sodass sich die unternehmensspezifischen Ausprägungen der Symptome klar zuordnen lassen. Die beschriebenen Dopplungen nehmen bei der Anwendung ohne Demonstrator durch die direkte Nutzung des Einflussmodells in kompakter Matrixform einen geringeren Stellenwert ein.

Die Anpassbarkeit der Einheiten (z. B. Stunden, Kosten) für die Bewertungsgrößen (z. B. Umfang) wurde nicht allen Nutzerinnen und Nutzern deutlich. So entstand bei einzelnen Personen der Eindruck, dass das für eine Analysefrage erwartete Ergebnis nicht zu den Bewertungsgrößen passt (z. B. wenn sich als Ergebnis einer Leitfrage ein Wert in Euro für die Bewertungsgröße Umfang ergibt.).

Der Aufwand für das Füllen der Kommentarfelder wurde als sehr hoch bis zu hoch eingestuft. Es wurde die Einschätzung geäußert, dass insbesondere Personen in Führungspositionen entweder äußerst ausführliche Kommentare verfassen, verbunden mit einem hohen zeitlichen Einsatz, oder die Felder gar nicht berücksichtigen. Einige Nutzerinnen und Nutzer hätten eine reine Checkliste bzw. Multiple-Choice-Abfrage vorgezogen. Die Umsetzung der Kommentarfelder als Pflichtfelder (mit der Zielsetzung die unternehmensspezifische Situation festzuhalten) wurde durchwegs als unkomfortabel genannt.

Bezüglich der Funktionalitäten des Demonstrators merkten die Anwenderinnen und Anwender an, dass eine Darstellung des Gesamtergebnisses fehlt sowie eine automatische Sortierung, der einzelnen Handlungsbedarfe nach deren Priorität erwartet wird, statt diese Sortierfunktion den Nutzenden nur bereitzustellen.

Obgleich das Layout und die Navigationsmöglichkeiten im Demonstrator als angenehm eingestuft wurden, äußerten einige Personen Optimierungsbedarf. Das schmale und lange Bildschirmformat des Demonstrators wurde als unkomfortabel empfunden, ebenso wie die unterschiedlichen, teilweise verschachtelten Scroll-Funktionen. Anstelle dessen hätten die Anwenderinnen und Anwender eine Aufteilung der Inhalte in mehrere aufeinanderfolgende Ansichten und eine bessere Ausnutzung der Bildschirmbreite bevorzugt. Somit würde die Informationsmenge pro Seite sowie der Bedarf Scroll-Funktionen zu nutzen reduziert.

Die optische Gestaltung der Navigation zu Zusatzinformationen wurde von mehreren Personen als unübersichtlich empfunden. Einerseits würden dafür zu viele Navigationsmöglichkeiten angeboten und andererseits war nicht klar, dass die Zusatzinformationen in einer neuen Browser-Registrierkarte geöffnet werden.

Als weitere Kritikpunkte wurden Dateneingabe und Speicherfunktionen genannt. Einerseits war für die Anwender nicht deutlich, welche Dateneingabefelder Pflichtfelder waren. Andererseits wurde die Dateneingabefunktion als zu umständlich empfunden. Es entstand der Wunsch nach eindeutigeren Wahlmöglichkeiten für Zwischenspeichern, Speichern, Formular zurücksetzen in Kombination mit aussagekräftigen Fehlermeldungen bei der Eingabe nichtkompatibler Daten.

Es gilt somit einen Kompromiss zwischen für Ein- und Bearbeitung ausreichender Informationsmenge und einem zu hohen, möglicher Weise die Motivation schmälernenden, Umfang des Materials zu finden. Gleichzeitig gilt es die Navigation und Darstellung der Inhalte übersichtlich zu gestalten, sodass die Aufmerksamkeit der Anwenderinnen und Anwender zum richtigen Zeitpunkt auf die richtigen Inhalte gelenkt wird. Die Funktionalität der Dateneingabe, hinsichtlich Pflichtfeldern und Zwischenspeichern, gilt es zu vereinfachen.

Fazit der Anwender – Ergänzende bzw. bekräftigte Anforderungen

Abschließend hatten die Anwender Gelegenheit Anforderungen an den SUM-Ansatz sowie den Demonstrator zu äußern, die sie in Zukunft daran stellen würden. Die Antworten umfassten Aspekte zum Inhalt und der Vorgehensweise selbst, wie auch zur Detailtiefe von (Zusatz-) Informationen und der erzielbaren Ergebnisqualität oder der Anwenderfreundlichkeit. Insgesamt deckt sich das Fazit der Anwenderinnen und Anwender, in Form der zukünftigen Anforderungen, mit den Aspekten, welche sie in der ersten Interviewstufe genannt haben. Allerdings wurden die Anforderungen in der zweiten Interviewstufe wie im Folgenden erläutert, deutlich fokussierter und bezogen auf den Demonstrator formuliert.

Durchwegs wurde ein mehrstufiges Vorgehen als Hauptanforderung genannt, um die Motivation für die Anwendung des Ansatzes bzw. des Demonstrators durch schnelles Aufzeigen des erreichbaren Mehrwerts zu sichern. Dies gilt insbesondere für die Anwendung durch Personen in Führungspositionen. Allerdings ist dies für andere Anwendungsszenarios ebenso sinnvoll. An das mehrstufige Vorgehen wurden weitere Anforderungen geknüpft. Es sollte in eine Art Grob- und Feinanalyse strukturiert sein, sodass nach einem ersten Durchlauf von maximal zehn Minuten einzelne Bereiche für die Feinanalyse⁷⁰ ausgeschlossen werden können.

Dennoch sollte die Grobanalyse erste fundierte Hinweise auf möglichen Verbesserungsbedarf und Handlungsalternativen liefern. Das Ergebnis sollte so visualisiert sein, dass die Funktionsweise des Ansatzes bzw. des Demonstrators sowie die zu erwartenden Ergebnisse und erforderliche weiterführende Schritte (z. B. Feinanalyse) deutlich sind. Dabei ist es entscheidend, dass die Analyseschritte selbsterklärend ohne Einlesen durchführbar sind. Die Grobanalyse sollte somit gleichzeitig dazu dienen, das Vorgehen zu erlernen und die dahinterliegende Denkweise zu verinnerlichen.

Mehrfach wurde genannt, dass für die Durchführung einer (umfassenden) Feinanalyse die Wichtigkeit der Einbindung aller Funktionsbereiche eines Unternehmens betont wird. So wird die abteilungsübergreifende Diskussion zwischen Entwicklung, Vertrieb, Fertigung etc. gefördert, welche eine Grundvoraussetzung für eine nachhaltige Verbesserung der Leistung ist. Die Ergebnisse aus beiden Analyseschritten sollten grafisch visualisiert werden, sodass sie für die Kommunikation mit dem (Top-) Management geeignet sind.

Für die Formulierung der Analysefragen im Demonstrator wurde eine konkrete Formulierung von Einzelfragen, also die Vermeidung von übergeordneten Fragen mit darauffolgender Detaillierung, gefordert. Weiterhin wurde eine Art Referenz z. B. im Sinne von Reifegradmodellen für die Einordnung des eigenen Unternehmens gefordert.

Schließlich wurden folgende direkt die Umsetzung im Demonstrator betreffende Anforderungen genannt: Es gilt deutlicher darzustellen, dass die Analyse jederzeit unterbrochen werden kann bzw. dass die Analyse nach einer Pause oder bei erneutem Aufrufen an der gleichen Stelle fortgeführt werden kann. Die Möglichkeiten zum Springen zwischen den Analyseschritten

⁷⁰ Nennungen zum maximalen Zeitbedarf zwischen einem Tag und unter der Voraussetzung eines ausreichenden Mehrwertes ohne explizites Höchstmaß.

müssen explizit gemacht werden, wie auch Möglichkeiten zum Zwischenspeichern bzw. das Vorhandensein automatischer Speicherfunktionen. Darüber hinaus wurde gefordert die Seitenlänge zu kürzen, die Inhalte auf mehrere Ansichten aufzuteilen und die aktuelle Position im Vorgehen über einen Fortschrittsbalken zu visualisieren. Statt der Eingabe von numerischen Werten werden Drop-Down-Menüs und statt Hilfeinformationen in einer neuen Ansicht werden Mouse-Over-Lösungen bevorzugt.

4.3 Fazit und Ableitung weiteren Handlungsbedarfs

Kapitel 4 widmet sich der Evaluierung von Einflussmodell und SUM-Ansatz. In den vorhergehenden Abschnitten wurden beide sowohl anhand der aus dem Stand der Forschung abgeleiteten Anforderungen als auch gegenüber den Ergebnissen aus der Anwendung in der industriellen Praxis diskutiert. Abschließend werden die Ergebnisse hier in einem Fazit zusammengefasst, wobei zusätzlich auf den Demonstrator des SUM-Ansatzes eingegangen wird.

Die Philosophie des Lean Product Development verfolgt das Ziel die Abläufe des Wertstroms wertorientiert zu optimieren und so den erzeugten Wert zu steigern. Es gilt, nur die vom Kunden geforderten Produkte umzusetzen, um in der Produktentwicklung effektiv zu sein. Eine hohe Effizienz in der Produktentwicklung wird durch die richtige Gestaltung der Prozesse und die Nutzung der Synergien bezüglich Wissen und Ressourcen zwischen einzelnen Entwicklungsvorhaben erreicht. Die Denkweise im Lean Product Development stellt somit einen direkten Zusammenhang zwischen dem Variantenmanagement und der Leistung, also Effektivität und Effizienz, in der Produktentwicklung dar. Das in dieser Arbeit vorgestellte **Einflussmodell** ist ein Rahmenwerk zur Abbildung dieses Zusammenhangs.

Laut den Ergebnissen aus der Praxisanwendung des Modells im SUM-Ansatz spiegeln die modellierten Zusammenhänge die Realität wider. Das empirisch ermittelte Modell berücksichtigt die Aspekte, welche in der Literatur als Erfolgsfaktoren für eine leistungsstarke Produktentwicklung sowie ein nachhaltiges Variantenmanagement genannt werden. Die Aspekte Projekt- und Prozessmanagement erfahren aufgrund der Fokussierung auf Lean Product Development in den empirischen Ergebnissen dieser Arbeit eine höhere Gewichtung.

Die unterschiedlichen Schwerpunkte des empirisch ermittelten Einflussmodells und den literaturbasierten Erfolgsfaktoren ergeben weiteren Forschungsbedarf zur Überprüfung der erarbeiteten Kategorien für Ursachen unzureichender Leistung. Aus den Interviews im Rahmen der Praxisanwendung ergab sich, dass die Zusammenhänge aus dem Forschungsprojekt hinreichend abgebildet sind, sodass die Analyseergebnisse reproduzierbar sind. Zudem finden sich andere Unternehmen im Einflussmodell wieder, wenn auch deren generische Formulierung zum Teil nicht mit der unternehmensspezifischen Begriffswelt übereinstimmt.

Mit dem Einflussmodell erfolgt ein erster Schritt zur Abbildung empirisch ermittelter Zusammenhänge zwischen der Leistung in der Produktentwicklung und dem Variantenmanagement. Das qualitative Modell stellt somit den Ausgangspunkt dafür dar, die Lücke im Stand der Forschung zu schließen.

Aufgrund der geringen Anzahl an betrachteten Fallstudien, hat die im Modell abgebildete Theorie im aktuellen Stadium einen Hypothesencharakter. Durch eine umfassende empirische Untersuchung mit einer hinreichend großen Stichprobe, gilt es die Zusammenhänge durch eine

statistische Auswertung zu überprüfen und ggf. zu verdichten. Gleiches gilt für die Elemente des Modells und deren Formulierung.

Der **SUM-Ansatz** bietet ein logisches und pragmatisches Vorgehen zur Ermittlung von Symptomen und Ursachen unzureichender Leistung in der Produktentwicklung sowie der Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen. Die Bewertung der Symptome und Ursachen ist sowohl anhand qualitativer Skalen als auch quantitativer Daten möglich. Dadurch kann die Analyse auch erfolgen, falls quantitative Daten, wie für eine bestimmte Tätigkeit geleisteter Aufwand, im Unternehmen nicht verfügbar sind. Zudem wird der Aufwand zur Datenbeschaffung minimiert. Je nach Analyseziel sind unterschiedliche Anwendungsszenarios möglich. Der Ansatz bietet sich z. B. sowohl zur Einzelanwendung und Entscheidungsfindung für oder gegen sowie zur Gruppenanwendung innerhalb von Verbesserungsinitiativen an. Er lässt sich in bestehende Prozesse zur kontinuierlichen Verbesserung oder für betriebliches Vorschlagswesen eingliedern.

Im Vergleich zu Ansätzen zur Leistungsmessung in der Produktentwicklung in Form von Audits und Selbstbewertungswerkzeugen, hat der SUM-Ansatz den Vorteil, dass er die Messgrößen in Form der Symptome unzureichender Leistung mit den Ursachen in Verbindung bringt. Es wird somit deutlich, welche Faktoren welche Leistungsdefizite bedingen. Darüber hinaus bietet der SUM-Ansatz, im Gegensatz zu bestehenden Ansätzen, Hilfestellung bei der Nutzung der Analyseergebnisse bzw. Auswahl und Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen.

Aus den Interviews im Anschluss an die Praxisanwendung ergaben sich zudem Hinweise auf Verbesserungsbedarf für den SUM-Ansatz. Einerseits war der Ansatz für alle Anwenderinnen und Anwender anhand der bereitgestellten Unterlagen durchführbar, allerdings wurde der Zeitaufwand für seine Anwendung als negativ empfunden. So wurde mehrfach die Gliederung des Vorschlags in mehrere Stufen gefordert, um erste Erkenntnisse durch eine Kurzanalyse von Hauptproblemstellungen zu gewinnen, die den Mehrwert des Ansatzes aufzeigen. Die zweite Stufe soll eine ausführliche Analyse in, durch den ersten Schritt, begrenztem Umfang bilden. Für die Kurzanalyse sehen die Interviewten großes Potenzial zur Minderung des Zeitaufwands bei der Erstanwendung und Steigerung der Motivation den Ansatz anzuwenden. Dies gilt insbesondere für die Anwendung durch Führungskräfte. Für eine Gliederung des Vorgehens in zwei Stufen reicht das Einflussmodell in seiner vorliegenden Form nicht aus. Auch aus Sicht des SUM-Ansatzes gilt es das Modell durch weitere, umfassende empirische Untersuchungen zu konkretisieren und die Kausalketten zu verdichten. Es gilt Hauptproblemstellungen, also Gruppen von Symptomen und Ursachen unzureichender Leistung für die Untergliederung des Ansatzes zu erarbeiten. Darüber hinaus böte die Entwicklung eines Vorgehens zur Unterstützung der Einführung und Verankerung, z. B. Personalisierung oder Integration mit anderen bereits eingesetzten Verbesserungen des SUM-Ansatzes in einem Unternehmen Vorteile (vgl. KNOBLINGER et al. 2011).

Die Ergebnisse der Praxisanwendung zeigen Verbesserungsbedarf für den **Demonstrator** auf. Während das Layout als positiv und die Anwendung überwiegend als selbsterklärend bzw. nach Einlesen als durchführbar empfunden wurde, äußerten die Anwenderinnen und Anwender Kritik bezüglich der Anwenderfreundlichkeit. Zum Beispiel wurde die Dokumentation bzw. Anwendungsbeschreibung als zu umfangreich beschrieben. Allerdings ist die Anwenderfreundlichkeit des Demonstrators für die Evaluierung der Systematik und Ergebnisqualität des SUM-

Ansatzes von untergeordneter Bedeutung. Insgesamt äußerten die Interviewten Verbesserungsmöglichkeiten, die es für eine zukünftige Kommerzialisierung des Demonstrators umzusetzen gilt. Zusammengefasst sind die Dateneingabe zu vereinfachen und Zusatzinformationen komfortabler, z. B. über Mouse-Over-Indizes sowie Druckansichten für die Ergebnisse aus den einzelnen Schritten zur Verfügung zu stellen. Das Ergebnis aus der Anwendung ist ganzheitlich zu visualisieren sowie ggf. in Weiterentwicklungen des SUM-Ansatzes umzusetzen. Schließlich gilt es Möglichkeiten zu schaffen den Demonstrator mit anderen Werkzeugen zu verbinden, wie z. B. Werkzeuge zum betrieblichen Vorschlagswesen oder der kontinuierlichen Prozessverbesserung.

5. Zusammenfassung und Fazit

Dieser Abschnitt enthält die Zusammenfassung von Motivation sowie Zielsetzung und Ergebnisse der vorliegenden Arbeit. Auf ein Fazit hinsichtlich des Mehrwerts des geleisteten Beitrags für den Stand der Forschung sowie die industrielle Praxis, folgt ein Ausblick hinsichtlich verbleibenden Forschungsbedarfs.

5.1 Zusammenfassung

Ein nachhaltiges Variantenmanagement ist Voraussetzung für Unternehmen ihre Marktposition erfolgreich zu verteidigen und zu verbessern. Es bietet die Grundlagen dafür, auf dynamische Änderungen im Wettbewerb und die damit einhergehende ansteigende Komplexität, flexibel reagieren zu können. In der Literatur wird deshalb die Notwendigkeit betont, Variantenmanagement in der Entwicklungsorganisation zu verankern. Durch seine Abstimmung mit dem Produktentwicklungsprozess, kann eine hohe Leistungsfähigkeit, also u. a. kurze Entwicklungszeiten, und eine erfolgreiche Produktentwicklung erreicht werden.

Allerdings wurde Variantenmanagement bei der Leistungsmessung in der Produktentwicklung bisher nur in einzelnen Aspekten berücksichtigt. Es wurde nicht untersucht, welche Leistungsdefizite sich auf welchen Aspekt des Variantenmanagements, also die Planung, Gestaltung und Beherrschung der Vielfalt, zurückverfolgen lassen. Während umfassende Forschungsergebnisse zu Erfolgsfaktoren der Produktentwicklung vorliegen, sind Kennzahlen in der Leistungsmessung nicht mit diesen Erfolgsfaktoren in Verbindung gesetzt. Die Ergebnisse der Kennzahlenbewertung lassen sich dadurch nicht direkt zur Verbesserung der Situation umsetzen. Dies gilt auch für Ansätze zur Leistungsbewertung, wie Audits und Selbstbewertungswerkzeuge, die bisher keine Unterstützung zur Verwendung der Ergebnisse bieten.

Lean Product Development, als Philosophie zur Steigerung der Effizienz und Effektivität, baut auf einer ganzheitlichen Wert- bzw. Strategieorientierung auf. Dadurch verbindet es Variantenmanagement mit Ansätzen zur Verbesserung von Produktentwicklungsprozessen. Beispielsweise bildet eine nachhaltige Variantenstrategie die Basis für die effiziente Nutzung von Synergien zwischen überlappenden Entwicklungsprojekten. Dennoch wird Variantenmanagement im Lean Product Development nur als Enabler bzw. Lean-Werkzeug genannt. Teilweise werden Aspekte des Variantenmanagements als Quellen für (Zeit-) Verschwendung aufgeführt. Eine Betrachtung von Ursache-Wirkungsketten von Leistungsdefiziten haben sich bisher nur wenige Autoren gewidmet, ohne den Einfluss des Variantenmanagements auf die Leistungsdefizite zu untersuchen.

Ziel dieser Arbeit war es deshalb, ein Verständnis für den Einfluss des Variantenmanagements auf die Leistung in der Produktentwicklung zu schaffen und Ursache-Wirkungsketten von Leistungsdefiziten zu erfassen. Es galt dieses Verständnis in einem Einflussmodell abzubilden. Im nächsten Schritt war das erzielte Verständnis zu nutzen, um einen Ansatz zur eigenständigen

Ermittlung sowie Bewertung von Leistungsdefiziten⁷¹, also beobachtbaren und messbaren Symptomen unzureichender Leistung und deren Ursachen zu entwickeln. Der Ansatz sollte weiterhin die Nutzung der Bewertungsergebnisse zur Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen unterstützen.

Vorgehen und Ergebnisse

Die vorliegende Arbeit basiert auf dem, durch das Kompetenzzentrum Mittelstand KMU e. V. beauftragten, Forschungsprojekt „Einführung von Lean Product Development in KMU“. Die Autorin hat an der Erarbeitung der Projektergebnisse maßgeblich mitgewirkt.

Im Rahmen dieses Projektes wurden in sechs Partnerunternehmen ausführliche Verschwendungsanalysen durchgeführt. Dafür erfolgte nicht nur eine Analyse vorhandener Dokumentation, sondern es wurden u. a. auch Interviews, Workshops und Fragebögen eingesetzt, um alle Betroffenen auf unterschiedlichen Hierarchieebenen einzubinden. Aus den Ergebnissen wurden iterativ, anhand eines Grounded Theory-Ansatzes, sechs Kategorien für Symptome und acht Kategorien mit drei bis acht Unterkategorien für Ursachen von Leistungsdefiziten erarbeitet sowie deren Verknüpfung erfasst. In einem weiteren Iterationsschritt zur Schärfung der Kategorien und deren Verknüpfungen führte die Autorin in den sechs Partnerunternehmen Interviews zur aktuellen Situation bzgl. des Variantenmanagements im Unternehmen durch. In einem Einflussmodell wurden diese Ursachen-Wirkungsketten abgebildet, wofür Methoden des strukturellen Komplexitätsmanagements zum Einsatz kamen.

Das Einflussmodell bildet die Grundlage für das von der Autorin entwickelte Vorgehen zur Ermittlung von Symptomen für Leistungsdefizite und deren Ursachen sowie der Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen (SUM-Ansatz). Je nach Anwendungsszenario kann der Anwendungsaufwand durch Konzentration auf die wesentlichsten Analyseschritte minimiert werden. Der Ansatz kann sowohl in Einzelanwendung, z. B. zur Erstellung einer Entscheidungsgrundlage bzw. einen Schnelldurchlauf genutzt werden, als auch in Gruppenanwendung z. B. zur Erstellung eines ganzheitlichen Meinungsbildes oder zur Nachverfolgung einer Verbesserungs- bzw. Lean-Initiative bzw. im Rahmen des betrieblichen Vorschlagswesens.

Eine Leitfragenliste führt im ersten Schritt durch die Symptomkategorien des Einflussmodells. Ein Anwender kann jedes, tatsächlich im Unternehmen auftretende, Symptom spezifizieren und dessen Umfang und Häufigkeit bewerten. Daraus ergibt sich die Bedeutung eines Symptoms unzureichender Leistung. Es wird eine Skala für beide Größen vorgeschlagen, die an die Randbedingungen eines spezifischen Unternehmens anpassbar ist. Ergebnis dieses Schrittes ist eine Sammlung an Handlungsbedarfen zur Verbesserung der Leistung in der Produktentwicklung.

Im nächsten Schritt ergeben die im Einflussmodell dokumentierten Verknüpfungen mögliche Ursachen für jedes Symptom. Der Anwender kann zutreffende Ursachen wählen oder, falls keine der im Modell vorgeschlagenen zutrifft, die tatsächliche Ursache ermitteln. Für jede Ursache ist anschließend ihre Kritikalität zu ermitteln, welche sich aus ihrer Tragweite, also der

⁷¹ Leistung ist in dieser Arbeit definiert als Kombination aus Effektivität und Effizienz.

Anzahl von der Ursache betroffener Personen, ergibt. Ergebnis der Ursachenanalyse ist eine Sammlung an Handlungsalternativen: Durch die Eliminierung von unterschiedlichen Ursachen können verschiedene Symptome unzureichender Leistung vermieden und so eine bestimmte Leistungssteigerung erreicht werden.

Es wird empfohlen, die bisher beschriebenen Schritte des SUM-Ansatzes zu iterieren, um ein ganzheitliches Analyseergebnis sicherzustellen. Methoden des strukturellen Komplexitätsmanagements, wie eine Clusteranalyse, erlauben es im Einflussmodell z. B. Gruppen von Symptomen oder Ursachen, die gemeinsam beobachtet wurden, zu ermitteln, die für den Anwender als Denkanstoß dienen. Die Analyseergebnisse gilt es in einem anwenderspezifischen Einflussmodell zu dokumentieren. Dadurch lässt sich anhand des Bildens von Zeilen- und Spaltensummen erkennen, welche Symptome von einer hohen bzw. geringen Anzahl an Ursachen entstehen. Je mehr Ursachen zu eliminieren sind, desto höher ist der Aufwand, um ein Symptom nachhaltig zu vermeiden. Zudem ergibt sich die Anzahl der von einer Ursache ausgelösten Symptome. Je mehr Symptome durch Abschaffen einer einzigen Ursache eliminiert werden können, desto höher ist die erzielbare Leistungssteigerung.

Anhand dieser Resultate sowie der Bedeutung der Symptome und Kritikalität der Ursachen erfolgt die Priorisierung von Handlungsbedarfen und Handlungsalternativen. Es wird somit festgelegt, in welcher Reihenfolge Symptome und Ursachen von Leistungsdefiziten durch Verbesserungsmaßnahmen zu eliminieren sind. Anhand von Plausibilitätschecks gilt es die erarbeitete Rangfolge zu prüfen und ggf. anzupassen. In einem letzten Schritt bieten ein umfangreicher Maßnahmenkatalog und eine Matrix, die Ursachenkategorien und mögliche Maßnahmen gegenüberstellt, Hilfestellung bei der Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen.

Für die Evaluierung wurde der SUM-Ansatz in einem web-basierten Demonstrator umgesetzt und in der Industrie durch Personen in unterschiedlichen Hierarchiestufen angewendet. Zudem wurden umfangreiche papierbasierte Beschreibungen und Zusatzinformationen, wie ein Maßnahmenkatalog erstellt, welche in der Praxisanwendung zum Einsatz kamen. Die Erkenntnisse aus der Evaluierung, sowohl durch die Anwendung in der Praxis, als auch durch die Diskussion der Ergebnisse im Vergleich zum Stand der Forschung, enthält der folgende Abschnitt.

5.2 Fazit und Ausblick

Mit dem Einflussmodell wurden somit die Zusammenhänge zwischen Leistungsdefiziten in der Produktentwicklung und dem Variantenmanagement abgebildet. Weiterhin ermöglicht der SUM-Ansatz, auf Basis des Einflussmodells, die methodische Analyse der Leistung in der Produktentwicklung. Er zeichnet sich durch die Nutzung der Ergebnisse aus dieser Leistungsmessung für einen Maßnahmenvorschlag unter der Berücksichtigung des Variantenmanagements und von Werkzeugen des Lean Product Developments aus.

Aus Sicht von **Forschung und Wissenschaft** ergab sich in der Evaluierung der folgende Mehrwert, durch die in dieser Arbeit präsentierten Ergebnisse. Zum einen bildet das Einflussmodell die Wirkung des Variantenmanagements auf die Leistung in der Produktentwicklung ab. Es wird deutlich, welche seiner Faktoren einen Einfluss auf die Leistung haben und welche Leistungsdefizite einen anderen Ursprung haben. Zum Anderen ist erkennbar, welche Leistungsdefizite einen negativen Einfluss auf das Variantenmanagement nehmen können. Beispielsweise

wirkt sich unzureichendes Datenmanagement negativ auf die Wiederverwendung bestehender Lösungen und somit auf die vielfaltsgerechte Produktgestaltung aus, während gleichzeitig unnötig Entwicklungszeit und -ressourcen investiert werden.

Die erarbeiteten Ursachen für Leistungsdefizite decken sich mit den Erfolgsfaktoren für die Produktentwicklung und das Variantenmanagement, welche die Recherche zum Stand der Forschung ergab. Einzelne Kategorien, wie das Thema Datenmanagement und Informationsflüsse, treten im Einflussmodell, aufgrund des Vorgehens auf Basis des Lean Product Development, deutlich stärker zu Tage, als in der Literatur zu Erfolgsfaktoren. Es wurden Ursache-Wirkungsketten zwischen Leistungsdefiziten, also Verschwendungssymptomen und -ursachen untersucht. Die Ergebnisse ergänzen bisherige Arbeiten, allerdings wurde durch die Anwendung des iterativen Grounded-Theory-Ansatzes deutlich, dass durch die Weiterentwicklung der Verschwendungskategorien Verständnisschwierigkeiten ausgeräumt werden können.

Der SUM-Ansatz stellt ein Bewertungswerkzeug dar, das Unternehmen befähigt auch eigenständig Leistungsdefizite in der Produktentwicklung und Handlungsalternativen zu ermitteln. Im Gegensatz zu Werkzeugen in der Literatur, berücksichtigt der SUM-Ansatz den Einfluss des Variantenmanagements auf die Leistung in der Produktentwicklung.

Aus Sicht von Forschung und Wissenschaft gilt es in zukünftigen Forschungsarbeiten umfassendere empirische Untersuchungen durchzuführen, um das Einflussmodell zu konkretisieren. Es gilt einerseits die Kategorien für Symptome und Ursachen unzureichender Leistung auf ihre Vollständigkeit zu prüfen. Andererseits sind die Verknüpfungen zwischen den Kategorien zu verdichten. Das Bilden von Gruppen zu definierten Themenstellungen, enthält das Potenzial ein mehrstufiges Bewertungsvorgehen im SUM-Ansatz umsetzen zu können. Bei seiner Anwendung könnten so zunächst die Hauptproblemfelder in einer Grobanalyse identifiziert und die Detailanalyse auf diese Felder beschränkt werden. Dadurch lässt sich der Gesamtaufwand bei der Anwendung reduzieren.

Der Mehrwert aus Sicht der **industriellen Praxis** ergibt sich wie folgt. Der SUM-Ansatz und das ihm zugrundeliegende Einflussmodell erleichtern den Einstieg in die Themen Prozessverbesserung sowie Lean Product Development. Seine Anwendung liefert ein realistisches Bild für den unternehmensspezifischen Einfluss von Variantenmanagement auf Leistung in der Produktentwicklung und die Leistung in der Produktentwicklung an sich. Sein systematisches Vorgehen leitet die Anwenderinnen und Anwender durch die einzelnen Schritte und motiviert so die Anwendung von Lean-Werkzeugen über den Maßnahmenkatalog. Dabei wird die Maßnahmenauswahl auf Basis der ermittelten Ursachen unterstützt.

Der Ausblick auf zukünftige Arbeiten aus Sicht der industriellen Praxis geht in zwei unterschiedliche Richtungen. Zum einen wurde von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Evaluierung ein mehrstufiges Vorgehen gefordert, um den Anwendungsaufwand zu reduzieren. Wie oben beschrieben, bietet die Gliederung in eine Grob- und eine Detailanalyse dieses Potenzial. Darüber hinaus sollten in der Zukunft Ansätze und Vorgehensweisen zur Verfügung stehen, um den SUM-Ansatz systematisch in die Unternehmensprozesse, wie z. B. einen vorhandenen kontinuierlichen Verbesserungsprozess, einzubinden und im Unternehmen zu verankern. In diesem Rahmen gilt es ebenfalls die Integration des SUM-Ansatzes in vorhandene Leistungsmessungssysteme methodisch zu unterstützen.

Zum anderen ergab sich für eine mögliche Kommerzialisierung des web-basierten Demonstrators Anpassungsbedarf. Seine Funktionalität ist durch die Vereinfachung der Dateneingabe zu verbessern und um weitere Funktionen zu ergänzen. Beispielsweise könnte eine grafische Visualisierung der Bewertungsergebnisse deren Kommunikation im Unternehmen verbessern. Druckfunktionen für Dokumentation und Zusatzmaterial oder Zwischenergebnisse könnten die Anwendung und Archivierung der Ergebnisse erleichtern. Schließlich ist die Personalisierung des Werkzeugs zu unterstützen, dies umfasst nicht nur die Anpassung der Bewertungskriterien für Symptome und Ursachen, sondern auch die Anbindung an Datenmanagementsysteme und vorhandene Software-Werkzeuge, um vorhandene Daten ggf. nutzen zu können.

6. Literatur

ADICKES et al. 2008

Adickes, H.; Arnoscht, J.; Bong, A.; Deger, R.; Hieber, S.; Krappinger, R.; Lenders, M.; Post, P.; Rauhut, M.; Rother, M.; Schelling, J.; Schuh, G.; Schulz, J.: Lean Innovation - Auf dem Weg zur Systematik. In: AWK Aachener Werkzeugmaschinen-Kolloquium (Hrsg.): Wettbewerbsfaktor Produktionstechnik - Aachener Perspektiven. Aachen, Apprimus Verlag, 2008.

ADLER et al. 1995

Adler, P. S.; Mandelbaum, A.; Nguyen, V.; Schwerer, E.: From project to process management: An empirically-based framework for analyzing product development time. *Management Science* 41 (1995) 3, S. 458-484.

AHN 1997

Ahn, H.: Optimierung von Produktentwicklungsprozessen - Konzeption eines Entscheidungsunterstützungssystems (EUS) zur Umsetzung des Simultaneous Engineering. Wiesbaden: Gabler, 1997.

AKAO 1990

Akao, Y.: Quality function deployment - integrating customer requirements into product design. Cambridge: Productivity Press, 1990.

AL-ASHAAB et al. 2013

Al-Ashaab, A.; Petritsch, C.; Gourdin, M.; Urrutia, U. A.; Andino, A.; Varro, B.; Rigatti, C.; Golob, M.; Summers, M.; El-Nounu, A.: Lean product development performance measurement tool. 11th International Conference on Manufacturing Research ICMR2013. Cranfield, 2013.

ALBERS MOHRMAN et al. 1995

Albers Mohrman, S.; Cohen, S. G.; Mohrman, A. M. J.: Designing team-based organizations - new forms for knowledge work. San Francisco: Jossey-Bass, 1995.

ALLEN 1977

Allen, T. J.: Managing the flow of technology: technology transfer and the dissemination of technological information within the R&D organization. Cambridge, MA: MIT Press, 1977.

ALLEN 1986

Allen, T. J.: Organizational structure, information technology, and R&D productivity. *IEEE Transactions on Engineering Management* 33 (1986) 4, S. 212-217.

ALLEN 2001

Allen, T. J.: Organizing for product development. MIT Sloan Working Paper (2001) 4229-01,

ALLEN & HENN 2007

Allen, T. J.; Henn, G. W.: The organization and architecture of innovation - managing the flow of technology. Oxford: Butterworth Heinemann und Architectural Press / Elsevier, 2007.

ALLWEYER 2009

Allweyer, T.: Geschäftsprozessmanagement - Strategie, Entwurf, Implementierung, Controlling. Herdecke, Witten: W3L, 2009.

ANAND & KODALI 2008

Anand, G.; Kodali, R.: Development of a conceptual framework for lean new product development process. *International Journal of Product Development* 6 (2008) 2, S. 190-190.

ANDREASEN 2005a

Andreasen, M. M.: Concurrent Engineering - effiziente Integration der Aufgaben im Entwicklungsprozess. In: Schächli, B. et al. (Hrsg.): *Handbuch Produktentwicklung*. München Wien, Hanser, 2005a, S. 293-315.

ANDREASEN 2005b

Andreasen, M. M.: Vorgehensmodelle und Prozesse für die Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen. In: Schächli, B. et al. (Hrsg.): *Handbuch Produktentwicklung*. München Wien, Hanser, 2005b, S. 247-263.

ARNOSCHT & ARYOBSEI 2012

Arnoscht, J.; Aryobsei, A.: Lean Innovation - Wie effizient ist Ihre Entwicklungsabteilung? Kurzzusammenfassung einer branchenübergreifenden Studie. *Complexity Management Journal* 2012 (2012) 2, S. 8-12.

BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013

Baldrige Performance Excellence Program: 2013–2014 Criteria for performance excellence. Gaithersburg: U.S. Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, 2013.

BALDWIN & CLARK 2000

Baldwin, C. Y.; Clark, K. B.: *The power of modularity*. Cambridge: MIT Press, 2000. (Design rules).

BARCZAK & KAHN 2012

Barczak, G.; Kahn, K. B.: Identifying new product development best practice. *Business Horizons* 55 (2012) 3, S. 293-305.

BASKERVILLE & PRIES-HEJE 1999

Baskerville, R.; Pries-Heje, J.: Grounded action research: a method for understanding IT in practice. *Accounting Management and Information Technologies* 1999 (1999) 9, S. 1-23.

BAUCH 2004

Bauch, C.: *Lean product development: making waste transparent*. Diplomarbeit, Technische Universität München, München, (2004).

BAUER et al. 2013a

Bauer, W.; Elezi, F.; Homann, F.; Maurer, M.: The identification of limiting and enabling factors of the organization on the development of platform-based products. *The IEEE International Conference on Engineering and Engineering Management, IEEM 2013*. Bangkok, 10.-13.12.2013a.

BAUER et al. 2013b

Bauer, W.; Elezi, F.; Maurer, M.: Application of DSMs for analyzing product and organizational structures. 15th International Dependency and Structure Modeling Conference, DSM2013. Melbourne, 29.-30.08.2013b.

BAUMBERGER 2007

Baumberger, C.: Methoden zur kundenspezifischen Produktdefinition bei individualisierten Produkten. Dissertation, Technische Universität München, München, (2007).

BENBASAT et al. 1987

Benbasat, I.; Goldstein, D.; Mead, M.: The case research strategy in studies of information systems. MIS Quarterly 11 (1987) 3, S. 369-386.

BENEKE 2003

Beneke, F.: Konzeptionelle Ansätze einer prozessorientierten Produktentwicklung. Aachen: Shaker, 2003. (Berichte aus dem Maschinenbau).

BEYER 2010

Beyer, T.: Integriertes Variantenmanagement – Variantenkostenbewertung mit faktorenanalytischen Komplexitätstreibern. München: Rainer Hampp, 2010.

BIAZZO 2009

Biazzo, S.: Flexibility, structuration, and simultaneity in New Product Development. Journal of Product Innovation Management 26 (2009) 3, S. 336-353.

BIENIEK 2001

Bieniek, C.: Prozeßorientierte Produktkonfiguration zur integrierten Auftragsabwicklung bei Variantenfertigern. Aachen: Shaker, 2001.

BJARNOE 2006

Bjarnoe, O.-C.: Lean thinking in product development. EPC 2006 European Productivity Conference. Finland, 30.08.-01.09.2006.

BLEES 2011

Blees, C.: Eine Methode zur Entwicklung modularer Produktfamilien. Dissertation, Technische Universität Hamburg-Harburg, Harburg, (2011).

BLESSING & CHAKRABARTI 2009

Blessing, L. T. M.; Chakrabarti, A.: DRM, a design research methodology. London: Springer, 2009.

BLINDENBACH-DRIESEN & VAN DEN ENDE 2006

Blindenbach-Driessen, F.; van den Ende, J.: Innovation in project-based firms: the context dependency of success factors. Research Policy 35 (2006) 4, S. 545-561.

BOAS 2008

Boas, R. C.: Commonality in complex product families: implications of divergence and lifecycle offsets. Dissertation, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, (2008).

BOHNE 1998

Bohne, F.: Entwicklungsbegleitendes Komplexitätsmanagement bei BMW - Konzept und Methoden zur Gestaltung der Kosten der Vielfalt. In: Effektive Entwicklung und Auftragsabwicklung variantenreicher Produkte: allgemeiner Maschinenbau,

Anlagenbau, Fahrzeugtechnik; Tagung Würzburg, 7. und 8. Oktober 1998. Düsseldorf, VDI-Gesellschaft Entwicklung, Konstruktion, Vertrieb, 1998, S. 15-38. (VDI-Berichte 1434).

BOOHER & HEWITT 1990

Booher, H. R.; Hewitt, G. M.: MANPRINT Tools and Techniques. In: Booher, H. R. (Hrsg.): MANPRINT - An Approach to Systems Integration. New York, Van Nostrand Reinhold, 1990.

BOROWSKI 1961

Borowski, K. H.: Das Baukastensystem in der Technik. Berlin: Springer, 1961.

BOSTON CONSULTING GROUP 2008

Boston Consulting Group (Hrsg.): Innovation 2008 – is the tide turning? – A BCG senior management survey. Boston: Boston Consulting Group, 2008.

BRAUN 2005

Braun, T.: Methodische Unterstützung der strategischen Produktplanung in einem mittelständisch geprägten Umfeld. Dissertation, Technische Universität München, München, (2005).

BROWN 1997

Brown, M. G.: Kennzahlen - Harte und weiche Faktoren erkennen, messen und bewerten. München, Wien: Carl Hanser, 1997.

BROWNING 1997

Browning, T. R.: Exploring integrative mechanisms with a view toward design for integration, advances in concurrent engineering. Fourth ISPE International Conference on Concurrent Engineering: Research and Applications. Rochester, USA, 20.-22.08.1997.

BROWNING 1998

Browning, T. R.: Integrative mechanisms for multiteam integration: findings from five case studies. Systems Engineering 1 (1998) 2, S. 95-112.

BROWNING 1999

Browning, T. R.: Designing system development projects for organizational integration. Systems Engineering 2 (1999) 4, S. 217-225.

BROWNING & EPPINGER 2002

Browning, T. R.; Eppinger, S. D.: Modeling impacts of process architecture on cost and schedule risk in product development. IEEE Transactions on Engineering Management 49 (2002) 4, S. 428-442.

BRUSONI & PRENCIPE 2001

Brusoni, S.; Prencipe, A.: Unpacking the black box of modularity: technologies, products and organizations. Industrial and Corporate Change 10 (2001) 1, S. 179-205.

BULLINGER 1990

Bullinger, H.-J. (Hrsg.): IAO-Studie - F&E - heute - Industrielle Forschung und Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland. München: Gesellschaft für Management und Technologie, 1990.

BULLINGER & WARSCHAT 1997

Bullinger, H.-J.; Warschat, J. (Hrsg.): Forschungs- und Entwicklungsmanagement - Simultaneous Engineering, Projektmanagement, Produktplanung, Rapid Product Development. Stuttgart: Teuber, 1997.

BURGHARDT 2007

Burghardt, M.: Einführung in Projektmanagement - Definition, Planung, Kontrolle, Abschluss. 5. Auflage. Erlangen: Publics Corporate, 2007.

BURGHARDT 2008

Burghardt, M.: Projektmanagement - Leitfaden für die Planung, Überwachung und Steuerung von Projekten. 8. Auflage. Erlangen: Publicis Corporate, 2008.

CAESAR 1991

Caesar, C.: Kostenorientierte Gestaltungsmethodik für variantenreiche Serienprodukte - variant mode and effects analysis (VMEA). Düsseldorf: VDI Verlag, 1991.

CAMPAGNOLO & CAMUFFO 2010

Campagnolo, D.; Camuffo, A.: The concept of modularity in management studies: a literature review. *International Journal of Management Reviews* 12 (2010) 3, S. 259-283.

CEDERGREN 2011

Cedergren, S.: Performance in product development - the case of complex products. Dissertation, Mälardalen University, Västerås, (2011).

CHASE 2001

Chase, J. P.: Value creation in the product development process. Masterthesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, (2001).

CHIESA et al. 2009

Chiesa, V.; Frattini, F.; Lazzarotti, V.; Manzini, R.: Performance measurement in R&D: exploring the interplay between measurement objectives, dimensions of performance and contextual factors. *R&D Management* 39 (2009) 5, S. 487-519.

CHRISSIS et al. 2011

Chrissis, M. B.; Konrad, M.; Shrum, S.: CMMI for development - guidelines for process integration and product improvement. Boston: Pearson Education, 2011.

COLFER & BALDWIN 2010

Colfer, L.; Baldwin, C. Y.: The mirroring hypothesis : theory , evidence and exceptions. Harvard Business School: 2010. (Working Paper 10-058).

COOPER 2005

Cooper, R. C.: A stage-gate idea-to-launch framework for driving new products to market. In: Levine, H. A. (Hrsg.): *Project Portfolio Management - A Practical Guide to Selecting Projects, Managing Portfolios, and Maximizing Benefits*. San Francisco, Jossey-Bass, 2005, S. 281-317. (The Jossey-Bass Business & Management Series).

COOPER et al. 2001

Cooper, R. C.; Edgett, S. J.; Kleinschmidt, E. J.: *Portfoliomanagement for new products*. 2. Auflage. Cambridge: Perseus, 2001.

COOPER & KLEINSCHMIDT 1995

Cooper, R. G.; Kleinschmidt, E. J.: Benchmarking the firm's critical success factors in new product development. *Journal of Product Innovation Management* 12 (1995) 5, S. 374-391.

COOPER & KLEINSCHMIDT 2007

Cooper, R. G.; Kleinschmidt, E. J.: Winning business in product development: the critical success factors. *Research Technology Management* 50 (2007) 3, S. 52-66.

CORBIN & STRAUSS 1990

Corbin, J. M.; Strauss, A.: Grounded theory research: procedures, canons, and evaluative criteria. *Qualitative Sociology* 13 (1990) 1, S. 3-21.

CORMICAN & O'SULLIVAN 2004

Cormican, K.; O'Sullivan, D.: Auditing best practice for effective product innovation management. *Technovation* 24 (2004) S. 819-829.

CROSS 2013

Cross, B. L.: *Lean innovation: understanding what's in today's economy*. Boca Raton: Taylor & Francis, 2013.

CUSUMANO & NOBEOKA 1992

Cusumano, M. A.; Nobeoka, K.: Strategy, structure and performance in product development: Observations from the auto industry. *Research Policy* 21 (1992) 3, S. 265-293.

CUSUMANO & NOBEOKA 1998

Cusumano, M. A.; Nobeoka, K.: *Thinking beyond lean - how multi-project management is transforming product development at Toyota and other companies*. New York: The Free Press, 1998.

DA SILVEIRA 1998

Da Silveira, G.: A framework for the management of product variety. *International Journal of Operations & Production Management* 18 (1998) 3, S. 271-285.

DAHMUS et al. 2001

Dahmus, J. B.; Gonzalez-Zugasti, J. P.; Otto, K. N.: Modular product architecture. *Design Studies* 22 (2001) 5, S. 409-424.

DESOUZA et al. 2007

Desouza, K. C.; Awazu, Y.; Ramaprasad, A.: Modifications and innovations to technology artifacts. *Technovation* 27 (2007) 4, S. 204-220.

DIN 2009

DIN: *Projektmanagement – Projektmanagementsysteme – Teil 5: Begriffe*. Berlin: Deutsches Institut für Normung, 2009.

DIN EN ISO 2005

DIN EN ISO: *Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe*. Berlin: Beuth, 2005.

DIN EN ISO 2008

DIN EN ISO: *Qualitätsmanagementsysteme - Erfolg durch Qualität*. Berlin: Beuth, 2008.

DIN EN ISO 2009

DIN EN ISO: Leiten und Lenken für den nachhaltigen Erfolg einer Organisation - Ein Qualitätsmanagementansatz. Berlin: Beuth, 2009.

DISSELKAMP 2012

Disselkamp, M.: Innovationsmanagement - Instrumente und Methoden zur Umsetzung im Unternehmen. 20. Auflage. Wiesbaden: Springer Gabler, 2012.

DI TRAPANI & GEITHNER 1996

DiTrapani, A. R.; Geithner, J. D. (Hrsg.): Getting the most out of integrated Product teams (IPTs). Center for Naval Analyses, Alexandria, Virginia (1996).

DOD IPPD HANDBOOK 1998

DoD IPPD Handbook: DoD integrated product and process development handbook. Washington DC: 1998.

DOOLEY et al. 2005

Dooley, L.; Lupton, G.; O'Sullivan, D.: Multiple project management: a modern competitive necessity. *Journal of Manufacturing Technology Management* 16 (2005) 5, S. 466-482.

EBEN et al. 2011

Eben, K.; Helten, K.; Lindemann, U.: Product development processes in small and middle-sized enterprises - identification and elimination of inefficiency caused by product variety. 18th International Conference on Engineering Design. Copenhagen, Denmark, 15.-18.08.2011.

ECKERT & CLARKSON 2005

Eckert, C.; Clarkson, J.: The reality of design. In: Clarkson, J. et al. (Hrsg.): Design process improvement - A review of current practice. London, Springer, 2005.

ECKERT & CLARKSON 2010

Eckert, C.; Clarkson, P.: Planning development processes for complex products. *Research in Engineering Design* 21 (2010) 3, S. 153-171.

EHRENSPIEL et al. 2007

Ehrlenspiel, K.; Kiewert, A.; Lindemann, U.: Kostengünstig entwickeln und konstruieren Kostenmanagement bei der integrierten Produktentwicklung ; mit 143 Tabellen. Berlin; Heidelberg; New York, NY: Springer, 2007.

EHRENSPIEL & MEERKAMM 2013

Ehrlenspiel, K.; Meerkamm, H.: Integrierte Produktentwicklung - Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit. 5., überarb. und erw. Aufl. Auflage. München: Hanser, 2013.

EISENHARDT & GRAEBNER 2007

Eisenhardt, K. M.; Graebner, M. E.: Theory building from cases: opportunities and challenges. *Academy of Management Journal* 50 (2007) 1, S. 25-32.

ELEZI et al. 2010

Elezi, F.; Graebisch, M.; Lindemann, U.: Reducing waste in product development by use of multi-domain matrix methodology. 11th International Design Conference DESIGN 2010. Dubrovnik, Croatia, 2010.

ELEZI et al. 2011

Elezi, F.; Pechuan, A.; Mirson, A.; Kortler, S.; Biedermann, W.; Lindemann, U.: Supporting cycle management by structural analysis of the organisational domain in multi-project environment. 18th International Conference on Engineering Design. Copenhagen, Denmark, 15.-18.08.2011.

ERIXON 1998

Erixon, G.: Modular Function Deployment - A Method for Product Modularisation. Dissertation, The Royal Institute of Technology, Stockholm, (1998).

ERNST 2002

Ernst, H.: Success factors of new product development: a review of the empirical literature. International Journal of Management Reviews 4 (2002) 1, S. 1-40.

EVANS 2000

Evans, J. R.: Performance excellence: the Malcom Baldrige National Quality Award criteria. In: Swamidass, P. M. et al. (Hrsg.): Innovations in Competitive Manufacturing. Boston / Dordrecht / London, Kluwer Academic Publishers, 2000, S. 413-425.

EVERSHEIM 1996

Eversheim, W. (Hrsg.): Prozessorientierte Unternehmensorganisation - Konzepte und Methoden zur Gestaltung "schlanker" Organisationen. Berlin, Heidelberg: Springer, 1996.

EVERSHEIM & SCHUH 2005

Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Integrierte Produkt- und Prozessgestaltung. Berlin, Heidelberg: Springer, 2005.

FELGEN 2007

Felgen, L.: Systemorientierte Qualitätssicherung für mechatronische Produkte. Dissertation, Technische Universität München, München, (2007).

FIXSON 2005

Fixson, S. K.: Product architecture assessment: a tool to link product, process, and supply chain design decisions. Journal of Operations Management 23 (2005) 3/4, S. 345-369.

FIXSON & PARK 2008

Fixson, S. K.; Park, J.-K.: The power of integrality: Linkages between product architecture, innovation, and industry structure. Research Policy 37 (2008) 8, S. 1296-1316.

FLICK 2011

Flick, U.: Qualitative Sozialforschung - Eine Einführung. 4. Auflage. Reinbeck: Rowolts Taschenbuch, 2011. (rowolts enzyklopädie).

FLICK et al. 2010

Flick, U.; Kardorf, E. v.; Steinke, I.: Qualitative Sozialforschung - Ein Handbuch. 8. Auflage. Reinbeck: Rowolts Taschenbuch, 2010. (rowolts enzyklopädie).

FÖRSTER 2003

Förster, M.: Variantenmanagement nach Fusion in Unternehmen des Anlagen und Maschinenbaus. Dissertation, Technische Universität München, München, (2003).

FRANKE 1998

Franke, H.-J.: Produkt-Variantenvielfalt - Ursachen und Methoden zu ihrer Bewältigung. In: Effektive Entwicklung und Auftragsabwicklung variantenreicher Produkte: allgemeiner Maschinenbau, Anlagenbau, Fahrzeugtechnik; Tagung Würzburg, 7. und 8. Oktober 1998. Düsseldorf, VDI-Gesellschaft Entwicklung, Konstruktion, Vertrieb, 1998, S. 1-14. (VDI-Berichte 1434).

FRANKE et al. 2002

Franke, H.-J.; Hesselbach, J.; Huch, B.; Firchau, N. L. (Hrsg.): Variantenmanagement in der Einzel- und Kleinserienfertigung. 2002.

FRANKFORT-NACHMIAS & NACHMIAS 2008

Frankfort-Nachmias, C.; Nachmias, D.: Research in dthe Social Sciences. 7. Auflage. New York: Worth, 2008.

FRICKE & LOHSE 1997

Fricke, G.; Lohse, G.: Entwicklungsmanagement - mit methodischer Produktentwicklung zum Unternehmenserfolg. Berlin [u.a.]: Springer, 1997.

FUJITA 2006

Fujita, K.: Product variety optimization. In: Simpson, T. W. et al. (Hrsg.): Product Platform and Product Family Design. New York, Springer Science + Business Media, 2006, S. 186-223.

GACKSTATTER 1997

Gackstatter, S.: Entscheidungsunterstützung zur FuE-Programmplanung. Wiesbaden: Gabler, 1997. (Gabler Edition Wissenschaft Forschungs- / Entwicklungs- / Innovations-Management).

GAUSEMEIER et al. 2001

Gausemeier, J.; Ebbesmeyer, P.; Kallmeyer, F.: Produktinnovation - Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen. München Wien: Hanser, 2001.

GAUTAM et al. 2007

Gautam, N.; Chinnam, R. B.; Singh, N.: Design reuse framework: a perspective for lean development. International Journal of Product Development 4 (2007) 5, S. 485-507.

GERSHENSON et al. 2003

Gershenson, J. K.; Prasad, G. J.; Zhang, Y.: Product modularity: Definitions and benefits. Journal of Engineering Design 14 (2003) 3, S. 37-41.

GERSHENSON et al. 2004

Gershenson, J. K.; Prasad, G. J.; Zhang, Y.: Product modularity: measures and design methods. Journal of Engineering Design 15 (2004) 1, S. 33-51.

GERTZ & HARMEIER 2013

Gertz, S.; Harmeier, J.: Business Excellence mit dem EFQM-Modell. Kissing: WEKA, 2013.

GLASER & STRAUSS 1967

Glaser, B. G.; Strauss, A.: The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research. Piscataway: Aldine Transaction, 1967.

GODENER & SÖDERQUIST 2004

Godener, A.; Söderquist, K. E.: Use and impact of performance measurement results in R&D and NPD: an exploratory study. *R&D Management* 34 (2004) 2, S. 191-219.

GOKPINAR et al. 2010

Gokpinar, B.; Hopp, W. J.; Iravani, S. M. R.: The impact of misalignment of organizational structure and product architecture on quality in complex product development. *Management Science* 56 (2010) 3, S. 468-484.

GOLDSTEIN 1999

Goldstein, B.: Modellgestützte Geschäftsprozessgestaltung in der Produktentwicklung. München: Herbert Utz, 1999. (Forschungsberichte iwb).

GOLM 1996

Golm, F.: Gestaltung von Entscheidungsstrukturen zur Optimierung von Produktentwicklungsprozessen. Berlin: Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik, IPK-Berlin, 1996. (Berichte aus dem Produktionstechnischen Zentrum Berlin).

GOMES & JOGLEKAR 2008

Gomes, P. J.; Joglekar, N. R.: Linking modularity with problem solving and coordination efforts. *Managerial and Decision Economics* 29 (2008) 5, S. 443-457.

GÖPFERT 1999

Göpfert, J.: Modulare Produktentwicklung: Zur gemeinsamen Gestaltung von Technik und Organisation Norderstedt: Books on Demand, 1999.

GÖPFERT & STEINBRECHER 2000

Göpfert, J.; Steinbrecher, M.: Modulare Produktentwicklung leistet mehr. *Harvard Business manager* 22 (2000) 3, S. 20-30.

GRAEBSCH et al. 2007a

Graebisch, M.; Lindemann, U.; Weiß, S.: Lean Development in Deutschland - Eine Studie über Begriffe, Verschwendung und Wirkung. München: Dr. Hut, 2007a.

GRAEBSCH et al. 2008

Graebisch, M.; Roelofsen, J.; Lindemann, U.: Lean development in the automotive industry - the snap-shot approach. In: *World Automotive Congress 2008, Munich, 14.-19.09.* Wiesbaden: GWV Fachverlage GmbH, 2008.

GRAEBSCH et al. 2007b

Graebisch, M.; Seering, W. P.; Lindemann, U.: Assessing information waste in lean product development. *International Conference on Engineering Design ICED 2007.* Paris, 2007b.

GROTKAMP 2010

Grotkamp, S.: Bewertung von Produktstrukturkonzepten im Variantenmanagement. München: Dr. Hut, 2010.

GUO & GERSHENSON 2004

Guo, F.; Gershenson, J. K.: Comparison of modular product design methods based on improvement and iteration. *ASME Desing Engineering Technical Conferences - Design Theory & Methodology.* Salt Lake City, 2004.

HABERFELLNER et al. 2012

Haberfellner, R.; de Weck, O.; Fricke, E.; Vössner, S.: Systems Engineering - Grundlagen und Anwendung. 12. Auflage. Zürich: Orell Füssli, 2012.

HACK 1976

Hack, J.: Produktplanung am Beispiel der Investitionsgüterindustrie. Essen: Girardet, 1976.

HALES 1991

Hales, C.: Analysis of the engineering design process in an industrial context. 2. Auflage. Winnetka: Gants Hill, 1991.

HALES 1993

Hales, C.: Managing Engineering Design. Harlow: Longman, 1993.

HAQUE & JAMES-MOORE 2004

Haque, B.; James-Moore, M.: Applying lean thinking to new product introduction. Journal of Engineering Design 15 (2004) 1, S. 1-31.

HASKINS et al. 2011

Haskins, C.; Forsberg, K.; Krueger, M.; Walden, D.; Hamelin, R. D. (Hrsg.): Systems engineering handbook - a guide for system life cycle processes and activities. v3.2.2 Auflage. San Diego: International Council on Systems Engineering (INCOSE), 2011.

HASLER & ANDROSCHIN 1997

Hasler, R.; Androschin, C.: Restrukturierung von Entwicklungs- und Konstruktionsprozessen (E+K-Prozesse). In: VDI-Gesellschaft Entwicklung, K., Vertrieb (Hrsg.): Unternehmenserfolg durch Restrukturierung von Entwicklungs- und Konstruktionsprozessen: Tagung Fellbach, 5./6. Juni 1997. Düsseldorf, VDI, 1997, S. 43-62. (VDI-Berichte 1338).

HEINA 1999

Heina, J.: Variantenmanagement - Kosten-Nutzen-Bewertung zur Optimierung der Variantenvielfalt. Wiesbaden: Gabler, 1999.

HEISIG et al. 2010

Heisig, P.; Clarkson, J. P.; Vajna, S.: Modelling and management of engineering processes. London: Springer, 2010.

HELLENBRAND 2013

Hellenbrand, D.: Transdisziplinäre Planung und Synchronisation mechatronischer Produktentwicklungsprozesse. Dissertation, Technische Universität München, München, (2013).

HELO et al. 2010

Helo, P. T.; Shamsuzzoha, A. H. M.; Hilmola, O.-P.: Design structure matrix based value analysis of software product platforms. International Journal of Business Excellence 3 (2010) 3, S. 261-278.

HELTEN 2013

Helten, A. K.: Einführung von Lean Development in mittelständische Unternehmen – Beschreibung, Erklärungsansatz und Handlungsempfehlungen. Dissertation, Technische Universität München, eingereicht im Juli 2013, München, (2013).

HEPPERLE 2013

Hepperle, C.: Planung lebenszyklusgerechter Leistungsbündel. Dissertation, Technische Universität München, München, (2013).

HICHERT 1986

Hichert, R.: Probleme der Vielfalt - Teil 3: Was bestimmt die optimale Erzeugnisvielfalt? wt - Zeitung industrieller Fertigung 76 (1986) 11, S. 673-676.

HILLER 2002

Hiller, M.: Multiprojektmanagement - Kopzept zur Gestaltung, Regelung und Visualisierung einer Projektlandschaft. Kaiserslautern: Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation, Universität Kaiserslautern, 2002. (FBK Produktionstechnische Berichte).

HIRUNYAWIPADA et al. 2010

Hirunyawipada, T.; Beyerlein, M.; Blankson, C.: Cross-functional integration as a knowledge transformation mechanism: Implications for new product development. *Industrial Marketing Management* 39 (2010) 4, S. 650-660.

HOFER 2001

Hofer, A. P.: Management von Produktfamilien: Wettbewerbsvorteile durch Plattformen. Dissertation, Universität St. Gallen, St. Gallen, (2001).

HÖLTTÄ-OTTO et al. 2012

Hölttä-Otto, K.; Chiriac, N.; Lysy, D.; Suh, S. E.: Comparative analysis of coupling modularity metrics. *Journal of Engineering Design* 23 (2012) 10-11, S. 787-803.

HÖLTTÄ & OTTO 2005

Hölttä, K. M. M.; Otto, K. N.: Incorporating design effort complexity measures in product architectural design and assessment. *Design Studies* 26 (2005) 5, S. 463-485.

HOLTTA & SALONEN 2003

Holttä, K. M. M.; Salonen, M. P.: Comparing three different modularity methods. ASME 2003 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference DETC2003. Chicago, Illinois, 2003.

HOPPMANN et al. 2011

Hoppmann, J.; Rebentisch, E.; Dombrowski, U.; Thimo, Z.: A framework for organizing lean product development. *Engineering Management Journal* 23 (2011) 1, S. 3-15.

HYUNG-JIN PARK et al. 2009

Hyung-Jin Park, M.; Lim, J. W.; Birnbaum-More, P. H.: The effect of multiknowledge individuals on performance in cross-functional new product development teams*. *Journal of Product Innovation Management* 26 (2009) 1, S. 86-96.

IMAI 1992

Imai, M.: Kaizen - Der Schlüssel zum Erfolg der Japaner im Wettbewerb. 4. Auflage. München: Langen Müller Herbig, 1992.

JACOB & VARGHESE 2012

Jacob, J.; Varghese, K.: Analysing process-oriented BIM execution plan using MDM. Gain competitive advantage by managing complexity: Proceedings of the 14th International DSM Conference. Kyoto, 2012.

JESCHKE 1997

Jeschke, A.: Beitrag zur wirtschaftlichen Bewertung von Standardisierungsmaßnahmen in der Einzel- und Kleinserienfertigung durch die Konstruktion. Dissertation, Universität Braunschweig, Braunschweig, (1997).

JOHNSON & KIRCHAIN 2011

Johnson, M. D.; Kirchain, R. E.: The importance of product development cycle time and cost in the development of product families. *Journal of Engineering Design* 22 (2011) 2, S. 87-112.

JUGEND et al. 2006

Jugend, D.; de Toledo, J. C.; da Silva, S. L.; Souza Mendes, G. H.: Critical success factors in the management of product development process in medium and small technology-based companies within the process control automation sector. *Product: Management & Development* 4 (2006) 2,

JUNGE 2005

Junge, M.: Controlling modularer Produktfamilien in der Automobilindustrie. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag, 2005.

JUNGERBERG et al. 1998

Jungerberg, H.; Brandt, R.; Beitz, W.: Methodische Baureihenentwicklung am Beispiel einer neuen Waschgerätebaureihe der Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH in Berlin. In: *Effektive Entwicklung und Auftragsabwicklung variantenreicher Produkte: allgemeiner Maschinenbau, Anlagenbau, Fahrzeugtechnik; Tagung Würzburg, 7. und 8. Oktober 1998*. Düsseldorf, VDI-Gesellschaft Entwicklung, Konstruktion, Vertrieb, 1998, S. 69-82. (VDI-Berichte 1434).

KABEL 2001

Kabel, D.-S.: Entwicklung eines prozeßbasierten Effizienzmodells für Concurrent Engineering Teams. Aachen: Shaker, 2001. (Schriftenreihe Rationalisierung und Humanisierung).

KAHN et al. 2012

Kahn, K. B.; Barczak, G.; Nicholas, J.; Ledwith, A.; Perks, H.: An examination of new product development best practice. *Journal of Product Innovation Management* 29 (2012) 2, S. 180-192.

KAHN et al. 2006

Kahn, K. B.; Barczak, G.; R., M.: Establishing an NPD best practices framework. *Journal of Product Innovation Management* 23 (2006) S. 106-116.

KAPLAN & NORTON 1997

Kaplan, R. S.; Norton, D. P.: *Balanced Scorecard - Strategien erfolgreich umsetzen*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1997.

KARLSSON & ÅHLSTROM 1997

Karlsson, C.; Åhlstrom, P.: Perspective: changing product development strategy - a managerial challenge. *Journal of Product Innovation Management* 14 (1997) 6, S. 473-484.

KARLSSON & ÅHLSTRÖM 1996

Karlsson, C.; Åhlström, P.: Assessing changes towards lean production. *International Journal of Operations & Production Management* 16 (1996) 2, S. 24-41.

KATO 2005

Kato, J.: Development of a process for continuous creation of lean value in product development organizations. Masterthesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, (2005).

KATYAL 2010

Katyal, A.: Enterprise transformation and lean implementation in a globally dispersed organization. Masterthesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, US, (2010).

KERSTEN 2000

Kersten, W.: Integration von Vielfaltsmanagement in das Führungssystem des Unternehmens - Handlungsbedarf und Lösungsansätze. In: Wildemann, H. (Hrsg.): Produktion und Controlling. München, TWC Transfer-Centrum für Produktionslogistik, 2000, S. 201-222.

KERSTEN 2002

Kersten, W.: Vielfaltsmanagement: Integrative Lösungsansätze zur Optimierung und Beherrschung der Produkte und Teilevielfalt. München: TWC Transfer-Centrum GmbH, 2002.

KESPER 2012

Kesper, H.: Gestaltung von Produktvariantenspektren mittels matrixbasierter Methoden. Dissertation, Technische Universität München, München, (2012).

KILLEN & KJAER 2012

Killen, C. P.; Kjaer, C.: Understanding project interdependencies: The role of visual representation, culture and process. International Journal of Project Management 30 (2012) 5, S. 554-566.

KIRNER & LINDEMANN 2013

Kirner, K. G. M.; Lindemann, U.: Assessing the Performance of Product Development Processes in a Multi-project Environment in SME. International Conference on Research into Design ICoRD'13. Chennai, 07.-09.01.2013.

KIRNER et al. 2013

Kirner, K. G. M.; Siyam, G. I.; Lindemann, U.; Wynn, D. C.; Clarkson, P. J.: Information in lean product development – assessment of value and waste. International Conference on Research into Design ICoRD'13. Chennai, 07.-09.01.2013.

KISSEL et al. 2012

Kissel, M.; Bradford, N.; Kreimeyer, M.; Lindemann, U.: Product structure management as the backbone of engineering design: exploration of a reference model. International DESIGN Conference, DESIGN 2012. Dubrovnic, 2012.

KLEEMANN et al. 2009

Kleemann, F.; Krähnke, U.; Matuschek, I.: Interpretative Sozialforschung - Eine praxisorientierte Einführung. Wiesbaden: VS, 2009.

KLEIN 2004

Klein, B.: Abbau von Überkomplexität in Produkten. Konstruktion (2004) 4, S. 75-81.

KLEINSCHMIDT et al. 2005

Kleinschmidt, E. J.; Cooper, R. G.; Edgett, S. J.: Produkt-Portfoliomanagement - die richtigen Entwicklungsprojekte auswählen. In: Schäppi, B. et al. (Hrsg.): Handbuch Produktentwicklung. München Wien, Hanser, 2005, S. 221-244.

KNEUPER 2009

Kneuper, R.: CMMI - Verbesserung von Software- und Systementwicklungsprozessen mit Capability Maturity Model Integration (CMMI-DEV). 3., aktualisierte und überarb. Aufl Auflage. Heidelberg: dpunkt-Verl., 2009.

KNOBLINGER et al. 2011

Knoblinger, C.; Oehmen, J.; Rebentisch, E.; Seering, W. P.; Helten, K.: Requirements for product development self-assessment tools. 18th International Conference on Engineering Design. Copenhagen, Denmark, 15.-18.08.2011.

KOHLHASE 1997

Kohlhase, N.: Strukturieren und Beurteilen von Baukastensystemen - Strategien, Methoden, Instrumente. Düsseldorf: VDI, 1997. (Reihe 1: Konstruktionstechnik/Maschinenelemente, Nr. 275).

KOHLHASE 1998

Kohlhase, N.: Variantenreduzierung in der Praxis - ein Erfahrungsbericht aus der Einzel- und Kleinserienfertigung. In: Effektive Entwicklung und Auftragsabwicklung variantenreicher Produkte: allgemeiner Maschinenbau, Anlagenbau, Fahrzeugtechnik; Tagung Würzburg, 7. und 8. Oktober 1998. Düsseldorf, VDI-Gesellschaft Entwicklung, Konstruktion, Vertrieb, 1998, S. 53-68. (VDI-Berichte 1434).

KOUFTEROS et al. 2002

Koufteros, X. A.; Vonderembse, M. A.; Doll, W. J.: Integrated product development practices and competitive capabilities: the effects of uncertainty, equivocality, and platform strategy. Journal of Operations Management 20 (2002) 4, S. 331-355.

KRAUSE et al. 2007

Krause, F.-L.; Franke, H.-J.; Gausemeier, J. (Hrsg.): Innovationspotenziale in der Produktentwicklung. München, Wien: Hanser, 2007.

KREIKEBAUM 1997

Kreikebaum, H.: Strategische Unternehmensplanung. 6. Auflage. Stuttgart, Berlin, Köln: Kohlhammer, 1997.

KREIMEYER 2010

Kreimeyer, M. F.: A structural measurement system for engineering design processes. Dissertation, Technische Universität München, München, (2010).

KRINNER et al. 2011

Krinner, M.; Elezi, F.; Tommelein, I. D.; Lindemann, U.: Managing complexity in lean construction design - using the MDM methodology to create organizational modularity. Invest on visualization: Proceedings of the 13th International DSM Conference. Cambridge, MA, 2011.

KRUMM & SCHNITTY 2012

Krumm, S.; Schnitty, S. U.: Lean Innovation: Die Herausforderung. Complexity Management Journal 2012 (2012) 2, S. 4-7.

KVIST 2010

Kvist, M.: Product Family Assessment. Kgs. Lyngby: DTU Management, 2010. (Department of Management Engineering, Technical University of Denmark).

LAI 2012a

LAI: LAI Enterprise Self-Assessment-Tool - LESAT - Version 2.0 - Facilitators' Guide. Lean Advancement Initiative, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge: 2012a.

LAI 2012b

LAI: LAI Enterprise Self-Assessment-Tool LESAT - Version 2.0. Lean Advancement Initiative, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge: 2012b.

LAU 2009

Lau, A. K. W.: Managing modular product design: Critical factors and a managerial guide. In: Management of Engineering & Technology, 2009. PICMET 2009. Portland International Conference on, 02.-06.08.2009.

LEVINE 2005

Levine, H. A.: Project portfolio management - a practical guide to selecting projects, managing portfolios, and maximizing benefits. San Francisco: Jossey-Bass, 2005. (The Jossey-Bass Business & Management Series).

LEWIN 1946

Lewin, K.: Action research and minority problems. Journal of Social Issues 2 (1946) 4, S. 34-46.

LIKER 2004

Liker, J.: Toyota Way, the 14 management principles from the world's greatest manufacturer. McGraw-Hill Publishing, 2004.

LIKER 2006

Liker, J.: Der Toyota Weg - 14 Managementprinzipien des weltweit erfolgreichsten Automobilkonzerns. München: FinanzBuch, 2006.

LIKER & MEIER 2009

Liker, J. K.; Meier, D.: Praxisbuch - Der Toyota Weg - Für jedes Unternehmen. 3. Auflage. München: FinanzBuch, 2009.

LINDEMANN 2009

Lindemann, U.: Methodische Entwicklung technischer Produkte - Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. 3. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009.

LINDEMANN 2012a

Lindemann, U. (Hrsg.): Forschungsbericht - Einführung von Lean Development in KMU. München: bayme vbm, 2012a.

LINDEMANN 2012b

Lindemann, U. (Hrsg.): Leitfaden - Einführung von Lean Development in KMU. München: bayme vbm, 2012b.

LINDEMANN et al. 2009

Lindemann, U.; Maurer, M.; Braun, T.: Structural complexity management: an approach for the field of product design. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009.

LINGNAU 1994

Lingnau, V.: Variantenmanagement - Produktionsplanung im Rahmen einer Produktdifferenzierungsstrategie. Berlin: Erich Schmidt, 1994. (Betriebswirtschaftliche Studien 58).

LOCH & TERWIESCH 2000

Loch, C. H.; Terwiesch, C.: Product development and concurrent engineering. In: Swamidass, P. M. et al. (Hrsg.): Innovations in Competitive Manufacturing. Boston / Dordrecht / London, Kluwer Academic Publishers, 2000, S. 263-273.

LOVE & ROPER 2009

Love, J. H.; Roper, S.: Organizing innovation: complementarities between cross-functional teams. *Technovation* 29 (2009) 3, S. 192-203.

LUCIO et al. 2012

Lucio, C.; Alfredo De, M.; Emanuele, P.: Strategic innovation and new product development in family firms: An empirically grounded theoretical framework. *International Journal of Entrepreneurial Behaviour & Research* 18 (2012) 2, S. 198-232.

MACCORMACK et al. 2012

MacCormack, A.; Baldwin, C.; Rusnak, J.: Exploring the duality between product and organizational architectures: A test of the "mirroring" hypothesis. *Research Policy* 41 (2012) 8, S. 1309-1324.

MAIER et al. 2012

Maier, A. M.; Moultrie, J.; Clarkson, J. P.: Assessing organizational capabilities: reviewing and guiding the development of maturity grids. *IEEE Transactions on Engineering Management* 59 (2012) 1, S. 138-159.

MARTI 2007

Marti, M.: Complexity management - optimizing product architecture of industrial products. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag, 2007.

MARTIN & ISHII 2002

Martin, M. V.; Ishii, K.: Design for variety: developing standardized and modularized product platform architectures. *Research in Engineering Design* 13 (2002) S. 213-235.

MARTÍNES LÉON & FARRIS 2011

Martínes León, H. C.; Farris, J. A.: Lean product development research: current state and future directions. *Engineering Management Journal* 23 (2011) 1, S. 29-52.

MATYS 2011

Matys, E.: *Praxishandbuch Produktmanagement - Grundlagen und Instrumente*. 5. Auflage Auflage. Frankfurt a. Main: Campus, 2011.

MCDONOUGH 2000

McDonough, E. F.: Investigation of factors contributing to the success of cross-functional teams. *Journal of Product Innovation Management* 17 (2000) 3, S. 221-235.

MCGRATH 2001

McGrath, M. E.: *Product strategy for high-technology companies - accelerating your business to web speed*. 2. Auflage Auflage. New York: McGraw-Hill, 2001.

MCGRATH et al. 1992

McGrath, M. E.; Anthony, M. T.; Shapiro, A. R.: Product development: success through product and cycle-time excellence. Stoneham: Butterworth-Heinemann, 1992. (The Electronic Business Series).

MCMANUS 2005

McManus, H. L. (Hrsg.): Product development value stream mapping (PDVSM) manual. Cambridge (2005).

MEYER & LEHNERD 1997

Meyer, M. H.; Lehnerd, A. P.: The power of product platforms - building value and cost leadership. New York: Free Press, 1997.

MILLIARD 2001

Milliard, R. L.: Value stream analysis and mapping for product development. Masterthesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, (2001).

MITTERER 2014

Mitterer, B. S.: Raumbezogene Lebensstile und Konsummuster - eine Annäherung an die Dorfbewohner des 21. Jahrhunderts. Untersucht an zwei Gemeinden im Einzugsgebiet von Großstädten. Dissertation, Universität Würzburg, Würzburg, (2014).

MITTLER et al. 1990

Mittler, E.; Hewitt, G. M.; Vehlow, C. A.: Management Integration Methods. In: Booher, H. R. (Hrsg.): MANPRINT - An Approach to Systems Integration. New York, Van Nostrand Reinhold, 1990.

MORGAN 2002

Morgan, J. M.: High performance product development: A systems approach to a lean product development process. Dissertation, University of Michigan, Michigan, (2002).

MORGAN & LIKER 2006

Morgan, J. M.; Liker, J. K.: The toyota product development system - integrating people, process, and technology. New York: Productivity Press, 2006.

MORTENSEN & HARLOU 2005

Mortensen, N. H.; Harlou, U.: Multi-Produkt-Entwicklung - Praxisorientierte Werkzeuge und praktische Erfahrungen. In: Schäppi, B. et al. (Hrsg.): Handbuch Produktentwicklung. München Wien, Hanser, 2005, S. 317-339.

MOULTRIE et al. 2006

Moultrie, J.; Clarkson, P. J.; Probert, D.: A tool to evaluate design performance in SMEs. International Journal of Productivity and Performance Management 55 (2006) 3, S. 184-216.

MOULTRIE et al. 2007

Moultrie, J.; Clarkson, P. J.; Probert, D.: Development of a design audit tool for SMEs. Journal of Product Innovation Management 24 (2007) 4, S. 335-368.

MUFFATTO 1999

Muffatto, M.: Introducing a platform strategy in product development. International Journal of Production Economics 60-61 (1999) 0, S. 145-153.

MÜLLER-STEWENS & LECHNER 2011

Müller-Stewens, G.; Lechner, C.: Strategisches Management - Wie strategische Initiativen zum Wandel führen. 4. Auflage. Stuttgart: Schäffer Pöschel, 2011.

MÜLLER 2000

Müller, M.: Management der Entwicklung von Produktplattformen. Dissertation, Universität St. Gallen, St. Gallen, (2000).

MURMAN et al. 2002

Murman, E.; Allen, T.; Bozdogan, K.; Cutcher-Gershenfeld, J.; McManus, H.; Nightingale, D.; Rebentisch, E.; Shields, T.; Stahl, F.; Walton, M.; Warmkessel, J.; Weiss, S.; Widnall, S.: Lean enterprise value - insights from MIT's lean Aerospace Initiative. New York: Palgrave, 2002.

NEELY et al. 2001

Neely, A.; Adams, C.; Crowe, P.: The performance prism in practice. *Measuring Business Excellence* 5 (2001) 2, S. 6-13.

NEGELE et al. 1997

Negele, H.; Fricke, E.; Igenbergs, E.: ZOPH - a systemic approach to the modeling of product development systems. 7th International Symposium of INCOSE. 1997.

NIGHTINGALE & SRINIVASAN 2011

Nightingale, D.; Srinivasan, J.: Beyond the lean revolution - achieving successful and sustainable enterprise transformation. New York: American Management Association, 2011.

NOBEOKA & CUSUMANO 1995

Nobeoka, K.; Cusumano, M. A.: Multi-project strategy, design transfer, and project performance: A survey of automobile development projects in the U.S. and Japan. *IEEE Transactions on Engineering Management* 42 (1995) 4, S. 397-409.

NUFFORT 2001

Nuffort, M. R.: Managing subsystem commonality. Masterthesis, Massachusetts Institute of Technology, MIT, Cambridge, (2001).

O'DONNELL & DUFFY 2005

O'Donnell, F. J.; Duffy, A. H. B.: Design performance. London: Springer, 2005.

OEHMEN 2012

Oehmen, J. (Hrsg.): The guide to lean enablers for managing engineering programs. Version 1.0 Auflage. Cambridge: Joint MIT-PMI-INCOSE Community of Practice on Lean in Program management, 2012.

OEHMEN & REBENTISCH 2010

Oehmen, J.; Rebentisch, E. (Hrsg.): Waste in lean product development. LAI Paper Series "Lean Product Development for Practitioners", Cambridge (2010).

OHNO 2009

Ohno, T.: Das Toyota-Produktionssystem. Frankfurt a. M.: Campus, 2009.

OOSTERMAN 2001

Oosterman, B.: Improving product development projects by matching product architecture and organization. Dissertation, Labyrinth Publication, AR Capelle a/d IJssel, (2001).

OPPENHEIM 2004

Oppenheim, B. W.: Lean product development flow. *Systems Engineering* 7 (2004) 4, S. no-no.

OPPENHEIM et al. 2011

Oppenheim, B. W.; Murman, E. M.; Secor, D. A.: Lean enablers for systems engineering. *Systems Engineering* 14 (2011) 1, S. 29-55.

ORLIK 2005

Orlik, L.: Wissensbasierte Entscheidungshilfe für die strategische Produktplanung. Paderborn Universität Paderborn Heinz Nixdorf Institut, 2005. (HNI-Verlagsschriftenreihe).

OTTO & WOOD 2001

Otto, K.; Wood, K.: *Product design - techniques in reverse engineering and new product development*. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001.

PAHL et al. 2005

Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K.: *Konstruktionslehre - Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung Methoden und Anwendung*. 6. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer, 2005.

PASCHE et al. 2011

Pasche, M.; Persson, M.; Löfsten, H.: Effects of platforms on new product development projects. *International Journal of Operations & Production Management* 31 (2011) 11, S. 1144-1163.

PATIL et al. 2013

Patil, B. A.; Kulkarni, M. S. X.; Rao, P. V. M.: A methodology for assessing leanness in NPD process. *International Conference on Research into Design ICoRD'13*. Chennai, 07.-09.01.2013.

PATZAK 1982

Patzak, G.: *Systemtechnik - Planung komplexer innovativer Systeme*. Berlin: Springer-Verlag, 1982.

PAYNE 1995

Payne, J. H.: Management of multiple simultaneous projects: a state-of-the-art review. *International Journal of Project Management* 13 (1995) 3, S. 163-168.

PESSÔA et al. 2009

Pessôa, M. V. P.; Seering, W.; Rebentisch, E.; Bauch, C.: Understanding the waste net: a method for waste elimination prioritization in product development. In: Chou, S.-Y. et al. (Hrsg.): *Global Perspective for Competitive Enterprise, Economy and Ecology*. Springer London, 2009, S. 233-242. (Advanced Concurrent Engineering).

PFLAUM & MAGENHEIMER 2010

Pflaum, F.; Magenheimer, K. (Hrsg.): *Studie: Exzellenz in indirekten Bereichen - Die Verbreitung der lean Methodik - Zusammenfassung der Ergebnisse*. Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften, München (2010).

PILLER 2006

Piller, F.: *Mass Customization: Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter*. Deutscher Universitätsverlag, 2006.

PIMMLER & EPPINGER 1994

Pimmler, T. U.; Eppinger, S. D.: Integration analysis of product decompositions. ASME Design Theory and Methodology Conference. Minneapolis, 1994.

PINE 1993

Pine, J. B. I.: Mass customization - The new frontier in business competition. Watertown: Harvard Business School Press, 1993.

PLATJE & SEIDEL 1994

Platje, A.; Seidel, H.: Project and portfolio planning cycle. International Journal of Project Management 12 (1994) 2, S. 100-106.

PMI KNOWLEDGE AND WISDOM CENTER 2005

PMI Knowledge and Wisdom Center: Project portfolio management basics. In: Levine, H. A. (Hrsg.): Project Portfolio Management - A Practical Guide to Selecting Projects, Managing Portfolios, and Maximizing Benefits. San Francisco, Jossey-Bass, 2005, S. 492-495. (The Jossey-Bass Business & Management Series).

PONN & LINDEMANN 2008

Ponn, J.; Lindemann, U.: Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte. Berlin Heidelberg: Springer, 2008.

POPPENDIECK & POPPENDIECK 2003

Poppendieck, M.; Poppendieck, T.: Lean software development - an agile toolkit. Boston: Addison-Wesley, 2003.

PORTER 2013

Porter, M. E.: Wettbewerbsstrategie-Methoden zur Analyse von Branchen und Konkurrenten. 12. Auflage. Frankfurt / New York: Campus, 2013.

POSLUSCHNY & TREUNER 2009

Posluschny, P.; Treuner, F.: Prozesskostenmanagement - Instrumente und Anwendungen. München: Oldenburg, 2009.

PRASAD 1998

Prasad, B.: Designing products for variety and how to manage complexity. Journal of Product & Brand Management 7 (1998) 3, S. 208-222.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE 2013

Project Management Institute: A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide). 5. Auflage. Atlanta: Project Management Institute, 2013.

PULKKINEN et al. 1999

Pulkkinen, A.; Lethonen, T.; Riitahuhta, A.: Desing for configuration - methodology for product family developement. Proceedings of the International Conference on Engineering Design - ICED 99. München, 24.-26.08.1999.

PULLEN et al. 2009

Pullen, A.; de Weerd-Nederhof, P.; Groen, A.; Song, M.; Fisscher, O.: Successful patterns of internal SME characteristics leading to high overall innovation performance. Creativity and Innovation Management 18 (2009) 3, S. 209-223.

RAMANAN 2000

Ramanan, R.: Balanced Scorecards. In: Swamidass, P. M. et al. (Hrsg.): Innovations in Competitive Manufacturing. Boston, Dordrecht, London, Kluwer Academic Publishers, 2000, S. 407-412.

RAMDAS 2003

Ramdass, K.: Managing product variety: an integrative review and research directions. Production and Operations Management 12 (2003) 1, S. 79-101.

RAPP 2010

Rapp, T.: Produktstrukturierung - Komplexitätsmanagement durch modulare Produktstrukturen und -plattformen. 2. Auflage. Norderstedt: Books on Demand, 2010.

RATAMÄKI 2004

Ratamäki, K.: Product platform development from the product lines' perspective: case of switching platform. Dissertation, Lappeenranta University of Technology(2004).

RATHNOW 1993

Rathnow, P. J.: Integriertes Variantenmanagement - Bestimmung, Realisierung und Sicherung der optimalen Produktvielfalt. Göttingen: Vandenhoeck & Rupprecht, 1993.

RECHTIN 1991

Rechtin, E.: Systems architecting - creating and building complex systems. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1991.

REIK et al. 2011

Reik, A. U.; Weiß, S.; Lindemann, U.: Lean Monitoring Card - Ein Ansatz zur mehrperspektivischen Erfolgsbeurteilung von verschwendungsreduzierenden Maßnahmen im Rahmen von lean Development. CiDaD Working Paper Series 7 (2011).

RENNER 2007

Renner, I.: Methodische Unterstützung funktions- orientierter Baukastenentwicklung am Beispiel Automobil. Dissertation, Technische Universität München, München, (2007).

RICHARDSON 2010

Richardson, G. L.: Project management in theory and practice. Boca Raton: Auerbach, 2010.

ROELOFSEN 2011

Roelofsen, J. K. M.: Situationsspezifische Planung von Produktentwicklungsprozessen. Dissertation, Technische Universität München, München, (2011).

ROGOTZ et al. 2013

Rogotz, K.; Elezi, F.; Bauer, W.: Der Lebenszyklus des dynamischen Variantenmanagements. Zyklenmanagement aktuell - Innovationen Gestalten 4 (2013).

ROMBERG 2010

Romberg, A.: Schlank entwickeln , schnell am Markt - Wettbewerbsvorteile durch Lean Development. Ludwigsburg: LOG_X, 2010.

ROSSI et al. 2011

Rossi, M.; Kerga, E. T.; Taisch, M.; Terzi, S.: Proposal of a method to systematically identify wastes in New Product Development Process. In: 17th International Conference on Concurrent Enterprising (ICE), 20.-22.06.2011.

ROSSI et al. 2012

Rossi, M.; Taisch, M.; Terzi, S.: Lean product development: a five-steps methodology for continuous improvement. In: 18th International ICE Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE), 18.-20.06.2012.

ROTHER & SHOOK 2009

Rother, M.; Shook, J.: Learning to see: value stream mapping to create value and eliminate muda. Cambridge: Lean Enterprise Institute, 2009.

ROTINI et al. 2012

Rotini, F.; Borgianni, Y.; Cascini, G.: Re-engineering of products and processes - how to achieve global success in the changing marketplace. London: Springer, 2012.

ROY et al. 2011

Roy, R.; Evans, R.; Low, M. J.; Williams, D. K.: Addressing the impact of high levels of product variety on complexity in design and manufacture. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture 225 (2011) 10, S. 1939-1950.

SANCHEZ & MAHONEY 1996

Sanchez, R.; Mahoney, J. T.: Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organization design. Strategic Management Journal 17 (1996) Special Issue: Knowledge and the Firm, S. 63-76.

SANCHEZ & MAHONEY 2012

Sanchez, R.; Mahoney, J. T.: Modularity and economic organization : concepts, theory, observations, and predictions. Champaign, Ill. : College of Business, Univ. of Illinois at Urbana-Champaign, 2012. (College of Business working papers ; 12-0101).

SCHEER et al. 2006

Scheer, A.-W.; Boczanski, M.; Muth, M.; Schmitz, W.-G.; Segelbacher, U.: Prozessorientiertes Product Lifecycle Management. Berlin, Heidelberg: Springer, 2006.

SCHIPPER & SWETS 2010

Schipper, T.; Swets, M.: Innovative lean development - how to create, implement and maintain a learning culture using fast learning cycles. New York: Taylor and Francis, 2010.

SCHLEICHER 2002

Schleicher, A.: Management of development processes - an evolutionary approach. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag, 2002.

SCHMELZER & SESSELMANN 2008

Schmelzer, H. J.; Sesselmann, W.: Geschäftsprozessmanagement in der Praxis - Kunden zufrieden stellen - Produktivität steigern - Wert erhöhen. 6. Auflage. München: Carl Hanser, 2008.

SCHMIDT et al. 2009

Schmidt, R. I.; Austin, S.; Brown, D.: Designing adaptable buildings. 11th International DSM Conference DSM 2009. Greenville, 12.-13.10.2009.

SCHUH 1989

Schuh, G.: Gestaltung und Bewertung von Produktvarianten - Ein Beitrag zur systematischen Planung von Serienprodukten. Düsseldorf: VDI, 1989. (Fortschrittberichte VDI Reihe 2 177).

SCHUH 1994

Schuh, G.: Wettbewerbsvorteile durch Prozesskostensenkung. DIN-Mitteilungen 73 (1994) 2,

SCHUH 2005

Schuh, G.: Produktkomplexität managen - Strategien-Methoden-Tools. München: Carl Hanser, 2005.

SCHUH 2007

Schuh, G.: Lean Innovation - Die Handlungsanleitung 4. Lean Management Summit - Aachener Management Tage. Aachen, 2007.

SCHUH & ARNOSCHT 2007

Schuh, G.; Arnoscht, J.: Produktarchitekturen richtig gestalten. Industrie Management 23 (2007) 6, S. 29-32.

SCHUH et al. 2012a

Schuh, G.; Arnoscht, J.; Aleksic, S.: Systematische Gestaltung von Kommunalitäten in Produkten und Prozessen. ZWF 107 (2012a) 5, S. 322-326.

SCHUH et al. 2012b

Schuh, G.; Arnoscht, J.; Aryobsei, A.: Die Top Performer Studie lean Innovation 2011. Management und Qualität 2012 (2012b) S. 16-18.

SCHUH et al. 2010

Schuh, G.; Arnoscht, J.; Rudolf, S.: Integrated development of modular product platforms. In: Proceedings of PICMET '10: Technology Management for Global Economic Growth (PICMET), 18.-22.07.2010.

SCHUH et al. 2008a

Schuh, G.; Lenders, M.; Arnoscht, J.: Lean Innovation - Komplexität der Produktentwicklung sicher beherrschen. In: Brökel, K. et al. (Hrsg.): 6. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik 2008: Nachhaltige und effiziente Produktentwicklung. Aachen, Shaker, 2008a, S. 110-118.

SCHUH et al. 2009

Schuh, G.; Lenders, M.; Bender, D.: Lean Innovation - Auf dem Weg zur Systematik Industrie Management 25 (2009) 1, S. 23-26.

SCHUH et al. 2008b

Schuh, G.; Lenders, M.; Hieber, S.: Lean innovation: introducing value systems to product development. In: Portland International Conference on Management of Engineering & Technology (PICMET), 27.-31.07.2008.

SCHUH et al. 2007

Schuh, G.; Lenders, M.; Schöning, S.: Mit Lean Innovation zu mehr Erfolg - Ergebnisse der Erhebung. Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen, 2007.

SCHUH et al. 2003

Schuh, G.; Röpke, M.; Tücks, G.; Knappenberger, U.: Integration der Variantenplanung in den Entwicklungsprozess. VDI-Z 145 (2003) 4, S. 68-70.

SCHUH et al. 2013

Schuh, G.; Rudolf, S.; Arnoscht, J.; Schiffer, M.: Lean Innovation with commonality models. In: Schuh, G. (Hrsg.): Future Trends in Production, Innovation and Technology Management - 2011. Aachen, Apprimus, 2013, S. 41-56.

SCHUH & SPETH 1998

Schuh, G.; Speth, C.: Integriertes Komplexitätsmanagement. In: Effektive Entwicklung und Auftragsabwicklung variantenreicher Produkte: allgemeiner Maschinenbau, Anlagenbau, Fahrzeugtechnik; Tagung Würzburg, 7. und 8. Oktober 1998. Düsseldorf, VDI-Gesellschaft Entwicklung, Konstruktion, Vertrieb, 1998, S. 157-174. (VDI-Berichte 1434).

SCHWANINGER 2005

Schwaninger, M.: Systemorientiertes Design - ganzheitliche Perspektive in Innovationsprozessen. In: Schäppi, B. et al. (Hrsg.): Handbuch Produktentwicklung. München Wien, Hanser, 2005, S. 85-102.

SEHESTED & SONNEBERG 2011

Sehested, C.; Sonneberg, H.: Lean innovation - a fast path from knowledge to value. Berlin Heidelberg: Springer, 2011.

SHIELDS et al. 1990

Shields, J. L.; Johnson, K. M.; Riviello, R. N.: The acquisition decision process. In: Booher, H. R. (Hrsg.): MANPRINT - An Approach to Systems Integration. New York, Van Nostrand Reinhold, 1990.

SIYAM et al. 2011

Siyam, G.; Wynn, D. C.; Clarkson, P. J.: Re-conceptualising value in the engineering design process: the value cycle map. 18th International Conference on Engineering Design, ICED'11. Kopenhagen, 15.-18.08.2011.

SIYAM et al. 2012a

Siyam, G. I.; Kirner, K. G. M.; Wynn, D. C.; Lindemann, U.; Clarkson, P. J.: Relating value methods to waste types in lean product development. International Design Conference DESIGN 2012. Dubrovnik, Kroatien, 21.- 24.05.2012a.

SIYAM et al. 2012b

Siyam, G. I.; Kirner, K. G. M.; Wynn, D. C.; Lindemann, U.; Clarkson, P. J.: Value and waste dependencies and guidelines. 14th International DSM Conference - Gain competitive advantage by managing complexity. Kyoto, Japan, 13.-14.09.2012b.

SLACK 1999

Slack, R. A.: The lean value principle in military aerospace product development. In: Slack, R. A. (Hrsg.): The Application of Lean Principles to the Military Aerospace Product Development Process. Massachusetts Institute of Technology, 1999, (Master of Science in Engineering and Management Thesis, 1998).

SLAMA & POTINECKE 2012

Slama, A.; Potinecke, T.: TechAudit®: Ein Verfahren zur Erfolgssteigerung von Technologieentwicklungen. In: Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Fokus Technologiemarkt -

Technologiepoteziale identifizieren - Marktchancen realisieren. München, Carl Hanser, 2012.

SMITH & REINERTSEN 1998

Smith, P. G.; Reinertsen, D.: Developing products in half the time: new rules, new tools. New York: Van Nostrand Reinhold, 1998.

SMUNT 2000

Smunt, T. L.: Business process reengineering and manufacturing. In: Swamidass, P. M. et al. (Hrsg.): Innovations in Competitive Manufacturing. Boston, Dordrecht, London, Kluwer Academic Publishers, 2000, S. 47-57.

SOSA et al. 2010

Sosa, M.; Mihm, J.; Browning, T. R. (Hrsg.): Product architecture and quality: a study of open-source software development INSEAD Working Paper Series, INSEAD Fontainebleau (2010).

SOSA et al. 2004

Sosa, M. E.; Eppinger, S. D.; Rowles, C. M.: The misalignment of product architecture and organizational structure in complex product development. Management Science 50 (2004) 12, S. 1674-1689.

SPECHT 1997

Specht, G.: Managementkonzepte für die Restrukturierung von Produkt- und Prozessinnovation. In: VDI-Gesellschaft Entwicklung, K., Vertrieb (Hrsg.): Unternehmenserfolg durch Restrukturierung von Entwicklungs- und Konstruktionsprozessen: Tagung Fellbach, 5./6. Juni 1997. Düsseldorf, VDI, 1997, S. 19-42. (VDI-Berichte 1338).

STARK 1997

Stark, M.: Restrukturierungsmaßnahmen in Konstruktion und Entwicklung zur kosten- und qualitätsorientierten Auftragsbearbeitung aus der Sicht des Einzelfertigers. In: VDI-Gesellschaft Entwicklung, K., Vertrieb (Hrsg.): Unternehmenserfolg durch Restrukturierung von Entwicklungs- und Konstruktionsprozessen: Tagung Fellbach, 5./6. Juni 1997. Düsseldorf, VDI, 1997, S. 63-84. (VDI-Berichte 1338).

STONE et al. 2000

Stone, R. B.; Wood, K. L.; Crawford, R. H.: A heuristic method for identifying modules for product architectures. Design Studies 21 (2000) 1, S. 5-31.

STRAUSS & CORBIN 1996

Strauss, A.; Corbin, J. M.: Grounded Theory - Grundlagen Qualitativer Sozialforschung. Weinheim: Beltz, Psychologie Verlages Union, 1996.

STRÖM et al. 2013

Ström, M.; Gustafsson, G.; Fritzell, I.; Göransson, G.: A method to understand and improve your engineering processes using value stream mapping. International Conference on Research into Design ICoRD'13. Chennai, 07.-09.01.2013.

STRÜBING 2004

Strübing, J.: Grounded Theory - Zur sozialtheoretischen und epistemologischen Fundierung des Verfahrens der empirisch begründeten Theoriebildung. Wiesbaden: VS, 2004. (Qualitative Sozialforschung 15).

SUSMAN & EVERED 1978

Susman, G. I.; Evered, R. D.: An assessment of the scientific merits of action research. *Administrative Science Quarterly* 23 (1978) 4, S. 582-603.

SUZUE & KOHDATE 1990

Suzue, T.; Kohdate, A.: *Variety reduction program - a production strategy for product diversification*. Cambridge, MA, USA: Productivity Press, 1990.

SWINK 2000

Swink, M.: Concurrent engineering. In: Swamidass, P. M. et al. (Hrsg.): *Innovations in Competitive Manufacturing*. Boston, Dordrecht, London, Kluwer Academic Publishers, 2000, S. 245-261.

TABRIZI & WALLEIGH 1997

Tabrizi, B.; Walleigh, R.: Defining next-generation products: an inside look. *Harvard business review* 75 (1997) 6, S. 116-124.

TRIPATHY & EPPINGER 2011

Tripathy, A.; Eppinger, S. D.: Organizing global product development for complex engineered systems. *Engineering Management, IEEE Transactions on* 58 (2011) 3, S. 510-529.

ULRICH 1970

Ulrich, H.: *Die Unternehmung als produktives soziales System*. 2. Auflage. Bern, Stuttgart: Paul Haupt, 1970.

ULRICH 1995

Ulrich, K.: The role of product architecture in the manufacturing firm. *Research Policy* 24 (1995) 3, S. 419-440.

ULRICH & EPPINGER 2011

Ulrich, K. T.; Eppinger, S. D.: *Product design and development*. 5th ed., internat. ed. Auflage. New York, NY: McGraw-Hill, 2011.

ULRICH & TUNG 1991

Ulrich, K. T.; Tung, K.: Fundamentals of product modularity. *Proceedings of the 1991 ASME Annual Meeting Symposium*. Atlanta, 1991.

VAJNA 2005

Vajna, S.: Workflow for design. In: Clarkson, J. et al. (Hrsg.): *Design process improvement - A review of current practice*. London, Springer, 2005.

VDI 1993

VDI: *Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure, 1993.

WALDMAN 2006

Waldman, F.: Adoption of DSM technology for software engineering. *8th International Design Structure Matrix Conference*. Seattle, 24.-26.10.2006.

WANG et al. 2011

Wang, L.; Ming, X. G.; Kong, F. B.; Li, D.; Wang, P. P.: Focus on implementation: a framework for lean product development. *Journal of Manufacturing Technology Management* 23 (2011) 1, S. 4-24.

WARD 2007

Ward, A. C.: Lean product and process development. Cambridge, MA: The Lean Enterprise Institute, 2007.

WASIELEWSKI 2010

Wasielewski, E. v.: Project knowledge management - systematic learning with the project comparison technique. Berlin: Springer, 2010.

WHEELWRIGHT & CLARK 1992

Wheelwright, S.; Clark, K.: Creating product plans to focus product development. Harvard Business Review 70 (1992) 2, S. 70-82.

WILDEMANN 1997

Wildemann, H.: Fertigungsstrategien - Reorganisationskonzepte für eine schlanke Produktion und Zulieferung. 4. Auflage. München: Transfer-Centrum, 1997.

WILDEMANN 2012

Wildemann, H.: Variantenmanagement - Leitfaden zur Komplexitätsreduzierung, -beherrschung und -vermeidung in Produkt und Prozess. 18. Auflage. München: TWC, 2012.

WOMACK & JONES 1997

Womack, J. P.; Jones, D. T.: Auf dem Weg zum perfekten Unternehmen (Lean Thinking). München: Wilhelm Heyne, 1997.

WOMACK & JONES 2003

Womack, J. P.; Jones, D. T.: Lean thinking - banish waste and create wealth in your corporation. New York: Free Press, 2003.

WORREN et al. 2002

Worren, N.; Moore, K.; Cardona, P.: Modularity, strategic flexibility, and firm performance: a study of the home appliance industry. Strategic Management Journal 23 (2002) 12, S. 1123-1140.

WYATT et al. 2012

Wyatt, D.; Wynn, D.; Jarrett, J.; Clarkson, P.: Supporting product architecture design using computational design synthesis with network structure constraints. Research in Engineering Design 23 (2012) 1, S. 17-52.

WYNN & CLARKSON 2009

Wynn, D. W.; Clarkson, P. J.: Design project planning, monitoring and re-planning through process simulation. 17th International Conference on Engineering Design ICED 09. Stanford, 24.-27.08.2009.

YASSINE & BROWNING 2002

Yassine, A.; Browning, T. R. (Hrsg.): Analyzing multiple product development projects based on information and resource constraints. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA (2002). <<http://hdl.handle>.

YASSINE & WISSMANN 2007

Yassine, A. A.; Wissmann, L. A.: The implications of product architecture on the firm. 10 (2007) 2, S. 118-137.

YU et al. 2010

Yu, A. S. O.; Figueiredo, P. S.; De Souza Nascimento, P. T.: Development resource planning: complexity of product development and the capacity to launch new products. *Journal of Product Innovation Management* 27 (2010) 2, S. 253-266.

ZAEH et al. 2011

Zaeh, M.; Reinhart, G.; Lindemann, U.; Karl, F.; Biedermann, W.: DSM-based evaluation of assembly manufacturing resources. Invest on visualization: Proceedings of the 13th International DSM Conference. Cambridge, MA, 2011.

ZAGEL 2006

Zagel, M.: Übergreifendes Konzept zur Strukturierung variantenreicher Produkte und Vorgehensweise zur iterativen Produktstruktur-Optimierung. Kaiserslautern: Technische Universität Kaiserslautern, 2006. (Schriftenreihe VPE).

ZIRKLER 2010

Zirkler, S. C.: Transdisziplinäres Zielkostenmanagement komplexer mechatronischer Produkte Dissertation, Technische Universität München, München, (2010).

7. Anhang

7.1 Abkürzungsverzeichnis

AHP	Analytical Hierarchy Process	MDM	Multiple-Domain Matrix
BSC	Balanced Score Card	MG	Maturity Grids
CMM	Capability Maturity Model	PA	Produktarchitektur
CMMI	CMM Integriert	PDVSM	Product Development Value Stream Mapping
CMMI-dev	CMMI für Entwicklung	PIM	Product Innovation Management
CRM	Customer Relationship Management	PLM	Product Lifecycle Management
DMM	Domain Mapping Matrix	PCRM	Performance Criteria Reference Model
DSI	Descriptive Study I	PS	Prescriptive Study
DSII	Descriptive Study II	RC	Research Qualification
DSM	Design Structure Matrix	S1...Sn	Symptom 1 ... Symptom n
EFQM	European Quality Award	S-DSM	Symptom-DSM
ERP	Enterprise Resource Planning	SG	Spezifische Ziele
FIFO	First in First out	SU-DMM	Symptom-Ursachen-DMM
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis	SUM	Symptom-Ursache-Maßnahme
GMN	General Management Navigator	SU-MDM	Symptom-Ursachen-MDM
IPPR	Integrated Product and Process Reengineering	TPS	Toyota Produktionssystem
KMU	kleine und mittlere Unternehmen	U1...Un	Ursache 1 ... Ursache 2
LAI	Lean Advancement Initiative	U-DSM	Ursachen-DSM
LESAT	LAI Enterprise Self-Assessment-Tool	VSM	Value Stream Mapping
LFD	Lean Function Deployment	ZOPH	Ziel-, Objekt-, Prozess-, Handlungssystem
LPD	Lean Product Development		
LEM	Lean Enterprise Model		
MBNQ	Malcom Baldrige National Quality		

7.2 Abbildungsverzeichnis

Bild 1-1: Wettbewerbsstrategische Faktoren (PILLER 2006, S. 54).....	1
Bild 1-2: Gemeinsame Zielsetzungen der betrachteten Forschungsfelder.....	9
Bild 1-3: Forschungsmethodik – Rahmenwerk DRM (BLESSING & CHAKRABARTI 2009)....	14
Bild 1-4: Forschungsvorgehen in Anlehnung an DRM (BLESSING & CHAKRABARTI 2009)...	16
Bild 1-5: Theoriebildung anhand“ Grounded Theory“ Ansatz.....	19
Bild 1-6: Modellierung des Systems Produktentwicklung (nach NEGELE et al. 1997)	23
Bild 1-7: Symptome & Ursachen unzureichender Leistung im System Produktentwicklung.	23
Bild 1-8: Aufbau der Arbeit.....	28
Bild 2-1: Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren nach VDI 2221 (VDI 1993, S. 9)....	32
Bild 2-2: Leistung in der Produktentwicklung (nach O'DONNELL & DUFFY 2005,S. 79)	40
Bild 2-3: Reifegradmodell nach ISO 9004:2000 (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 337)43	
Bild 2-4: Elemente des Toyota Produktionssystems (TPS) (nach LIKER 2006, S. 65)	55
Bild 2-5: Beispiele für Unternehmensstakeholder mit unterschiedlichem Wertempfinden (nach MURMAN et al. 2002, S. 168).....	58
Bild 2-6: „4-P“-Modell der Toyota-Methode (nach LIKER 2004, S. 30)	66
Bild 2-7: Hilfsmittel zur Lean Einführung – General Management Navigator (nach MÜLLER-STEWEWS & LECHNER 2011, S. 22 ff.).....	70
Bild 2-8: Fünf-Mal-Warum-Fragen – Ursache-Wirkungsketten (vgl. LIKER 2009)	74
Bild 2-9: Variantenstruktur und -merkmale (nach LINGNAU 1994, S.28).....	89
Bild 2-10: Klassifizierung von Produktarchitektur (GÖPFERT 1999, S. 115).....	93
Bild 2-11: Teufelskreis – Variantenentstehung (u. a. nach RATHNOW 1993, S. 53 und SUZUE & KOHDATE 1990, S. 26).....	94
Bild 2-12: Kosteneffekte bei Produkt- und Variantenvielfalt (nach FRANKE et al. 2002, S. 26 ff., HICHERT 1986, RATHNOW 1993, POSLUSCHNY & TREUNER 2009).....	98
Bild 2-13: Diskrepanz zwischen verursachten und kalkulierten Variantenkosten nach Franke et al. (links, FRANKE et al. 2002, S. 4) und Schuh (rechts, SCHUH 1994).....	99
Bild 2-14: Wettbewerbsstrategien (nach PORTER 2013, S. 79).....	101
Bild 2-15: Definition der Variantenstrategie mit Hilfe des Marktsegmentierungsrasters (nach MEYER & LEHNERD 1997, S. 54).....	102
Bild 2-16: Produktportfoliomatrix nach (DISSELKAMP 2012, S. 137)	104
Bild 2-17: Arten von Modularität (nach PINE 1993, S. 201, ULRICH & TUNG 1991, OTTO & WOOD 2001, S. 364 ff.).....	108

Bild 2-18: Modulare Produktentwicklung (nach GÖPFERT 1999).....	110
Bild 2-19: Variantenausprägungskennzahl (VPK) (nach HEINA 1999, S. 166)	115
Bild 2-20: Leistungsfaktoren aus dem Stand der Forschung bezüglich Leistungsmessung in der Produktentwicklung und Lean Product Developmnet sowie Variantenmanagement.....	123
Bild 3-1: Elemente des Einflussmodells und das ZOPH-Modell (nach NEGELE et al. 1997) 128	
Bild 3-2: Beispiel MDM – Relationen innerhalb und zwischen zwei Domänen.....	129
Bild 3-3: Einflussmodell als MDM der Symptome und Ursachen unzureichender Leistung 129	
Bild 3-4: Verteilung der Symptome unzureichender Leistung über die Ursachenkategorien 141	
Bild 3-5: SU-DMM für Ursachenkategorie Ziele und Strategie	142
Bild 3-6: SU-DMM für Ursachenkategorie Projektmanagement.....	145
Bild 3-7: SU-DMM für Ursachenkategorie Prozessmanagement	150
Bild 3-8: SU-DMM für Ursachenkategorie Informationsfluss	156
Bild 3-9: SU-DMM für Ursachenkategorie Daten und Dokumentation	161
Bild 3-10: SU-DMM für Ursachenkategorie Führung.....	165
Bild 3-11: SU-DMM für Ursachenkategorie Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter	170
Bild 3-12: SU-DMM für Ursachenkategorie Werkzeuge	175
Bild 3-13: Struktur und Anwendungsszenarios des SUM-Ansatzes	181
Bild 3-14: Pfadanalyse und Clustering mit Anwendung auf SU-DMM und U-DSM.....	184
Bild 3-15: Induktive Ermittlung möglicher Symptome in der SU-DMM (Ausschnitt).....	185
Bild 3-16: Interpretation der Bewertung von Symptomen unzureichender Leistung.....	187
Bild 3-17: Mehrere Ursachen pro Symptom vs. mehrere Symptome pro Ursache	188
Bild 3-18: Induktive Ermittlung möglicher Ursachen mit Pfadanalyse in der SU-DMM (Ausschnitt).....	189
Bild 3-19: Beispiel zur deduktiven Ursachenermittlung (LINDEMANN 2012b)	190
Bild 3-20: Induktive Iteration bei der Ursachenermittlung – Pfadanalyse in der SU-DMM (Ausschnitt).....	190
Bild 3-21: Anwendungsspezifische SU-DMM.....	192
Bild 3-22: Priorisierung – Zusammenführen der Einzelbewertungen.....	194
Bild 3-23: Ausschnitt aus der Maßnahmenauswahlmatrix.	196
Bild 3-24: Ausschnitt aus dem Maßnahmenkatalog	197
Bild 3-25: Struktur des webbasierten SUM-Demonstrators	198
Bild 3-26: Umsetzung des SUM-Ansatzes im Demonstrator	199
Bild 3-27: Demonstrator – Bewertung von Symptomen unzureichender Leistung.....	200

Bild 3-28: Demonstrator – Auswahl & Bewertung von Ursachen unzureichender Leistung	200
Bild 4-1: Struktur Kapitel 4 – Evaluierung	203

7.3 Erfahrungsgrundlage der Autorin

7.3.1 Forschungsprojekte

Projekte im Bereich Variantenmanagement – Planen und Gestalten von Vielfalt

- **Kostenmanagement von Wasseraufbereitungsanlagen (Industriekooperation)**
Tätigkeiten: Untersuchen der Produktarchitektur hinsichtlich Kostentreibern und Modularisierungspotenzial, Erarbeiten von Modularisierungskonzepten
- **Überprüfen eines bestehenden Produktspektrums pneumatischer Ventile hinsichtlich Standardisierungspotenzial, Ableitung Baukastensystem (Industriekooperation)**
Tätigkeiten: Analysieren der Anforderungen und Funktionalitäten des Produktspektrums, Analysieren der Produktarchitektur, Erarbeiten von Konzepten zur Standardisierung durch Gleichteilstrategien, Entwurf eines Baukastensystems, Erstellen von Vorschlägen zur konstruktiven Umsetzung, intensive Begleitung bei der konstruktiven Umsetzung ausgewählter Ventile
- **Überprüfen eines Produktbaukastens in der Hochspannungstechnik bezüglich darstellbarer Varianz und Zuschnitt (Industriekooperation)**
Tätigkeiten: Analysieren der Anforderungen und Funktionalitäten des Produktspektrums, Analysieren der Produktarchitektur, Erarbeiten von Konzepten zur Standardisierung durch Gleichteilstrategien

Projekt im Bereich strukturelles Komplexitätsmanagement

- **Sonderforschungsbereich SFB768 – Zyklenmanagement, Teilprojekt: Analyse disziplinübergreifender Entwicklungszusammenhänge, (öffentlich gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG)**
Tätigkeiten: Entwickeln einer Abbildung von strukturellen Veränderungen über die Zeit mit Methoden des strukturellen Komplexitätsmanagements

Projekt im Bereich Lean Product Development

- **Einführung von Lean Product Development in KMU (Industriekooperation mit sechs Unternehmen, beauftragt durch Kompetenzzentrum Mittelstand e. V. KME),**
Tätigkeiten: Entwickeln eines Vorgehens zur Identifikation von Verbesserungspotenzial im Entwicklungsprozess unter Einbeziehen der Schnittstellen zu vor- und nachgelagerten Prozessen, schrittweises Umsetzen von Maßnahmen zur Umsetzung Verbesserungspotenziale

7.3.2 Forschungsk Kooperation mit der University of Cambridge

Im Rahmen der Forschungsk Kooperation zwischen dem Lehrstuhl für Produktentwicklung der Technischen Universität München und dem Engineering Design Centre der University of Cambridge sind folgende Veröffentlichungen entstanden:

- Siyam, G. I.; Kirner, K. G. M.; Wynn, D. C.; Lindemann, U.; Clarkson, P. J.: Lean product development in practice: Insights from 4 companies. The 19th International Conference on Engineering Design - ICED 13. Seoul, Südkorea, 19.-22.08.2013 2013.
- Kirner, K. G. M.; Siyam, G. I.; Lindemann, U.; Wynn, D. C.; Clarkson, P. J.: Information in Lean Product Development – Assessment of Value and Waste. International Conference on Research into Design ICoRD'13. Chennai, 07.-09.01.2013 2013.
- Siyam, G. I.; Kirner, K. G. M.; Wynn, D. C.; Lindemann, U.; Clarkson, P. J.: Value and Waste Dependencies and Guidelines. 14th International DSM Conference - Gain competitive advantage by managing complexity. Kyoto, Japan, 13.-14.09.2012 2012.
- Siyam, G. I.; Kirner, K.; Wynn, D. C.; Lindemann, U.; Clarkson, P. J.: Relating Value Methods to Waste Types in Lean Product Development. International Design Conference DESIGN 2012. Dubrovnik, Kroatien, 21.-24.05.2012 2012.

7.3.3 Betreuung von Studienarbeiten durch die Autorin

Im Kontext der vorliegenden Arbeit wurden folgende Studienarbeiten unter wissenschaftlicher Anleitung durch die Autorin angefertigt:

- Simon Flügge: Entwicklung eines Konstruktionsleitfadens für die Entwicklung von der schlanken Produktion gerechten Produkten, Bachelor Thesis, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Abgabe: 15.12.2012
- Carles Zamora Riera: Framework for the Assessment of Product Development Performance in a Multi-Product Environment, Diplomarbeit, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Abgabe: 10.12.2012
- Sebastian Klingler: Entwicklung eines Konzeptes einer modularen Produktstruktur mit Darstellung der Auswirkungen auf die Unternehmensorganisation und -prozesse für eine Werkzeugmaschine, Diplomarbeit, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Abgabe: 07.11.2012
- Yannick Stadtmeyer: Erarbeitung eines Modells zur Gegenüberstellung von Verschwendungsursachen im Produktentwicklungsprozess von Großunternehmen und KMU, Bachelor Thesis, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Abgabe: 07.03.2012
- Robert Reding: Priorisierung von Verschwendung im Lean Product Development, Master Thesis, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Abgabe: 30.10.2011
- Marc Windheim: Industrielle Evaluierung eines Vorgehens zur Einführung von Lean Product Development in KMU, Bachelor Thesis, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Abgabe: 20.10.2011

- Kathrin Kreitmaier: Entwicklung einer Methodik für die Optimierung des Umgangs mit geplanten und ungeplanten Entwicklungstätigkeiten, Bachelor Thesis, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Abgabe: 15.09.2011
- Stephan Petershofen: Lean Product Development – Konzept zur Kategorisierung nicht wertschöpfender Tätigkeiten in der Produktenwicklung, Semesterarbeit, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Abgabe: 09.09.2011
- Dennis Bassler: Entwicklung eines Selbsteinschätzungssoftwarewerkzeuges zur konzeptionellen Einführung einer Prozessoptimierungsstrategie in KMU, Semesterarbeit, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Abgabe: 04.09.2010
- Florian Einögg: Entwicklung und Implementierung eines Prozesses zur Standardisierung pneumatischer Ansteuerungsfunktionen, Diplomarbeit, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Abgabe: 13.06.2010

Des Weiteren hat die Autorin Herrn Motez Trabelsi während seinem Auslandpraktikum am Lehrstuhl für Produktentwicklung betreut. Herr Trabelsi hat Teile von Konzepten für einen Demonstrator zur Softwareunterstützung des von der Autorin entwickelten SUM-Ansatzes implementiert.

7.4 Erfolgsfaktoren aus dem Stand der Forschung

7.4.1 Erfolgsfaktoren – Produktentwicklungsprozesse

Leistungsfaktor Produktentwicklung – Strategie			
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.	
Klar definierte Strategie	Herunterbrechen der Ziele für Abteilungen bzw. Teams aus der Strategie, Vermittlung bzw. Kommunikation der Vision und Strategie	KAPLAN & NORTON 1997, S. 166, BARCZAK & KAHN 2012, JUGEND et al. 2006, S. 119 f., LUCIO et al. 2012, S. 224, ERNST 2002, HALES 1991, S. 104, GERTZ & HARMEIER 2013	
	Langfristige Strategie, nicht nur inkrementell	LUCIO et al. 2012, S. 224, COOPER & KLEINSCHMIDT 1995, COOPER & KLEINSCHMIDT 2007, MOULTRIE et al. 2006, LAI 2012b, BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013, KAHN et al. 2006	
	Variantenstrategie	EVERSHEIM 1996, S. 169 ff.	
	Richtige Bewertung und Definition neuer Technologien	BULLINGER 1990, S. 48, SLAMA & POTINECKE 2012, S. 52, JUGEND et al. 2006, S. 119 f., COOPER & KLEINSCHMIDT 1995, COOPER & KLEINSCHMIDT 2007, BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013, MCGRATH et al. 1992, S. 35ff.	
	Keine neue Technologie für neue Produkte	COOPER & KLEINSCHMIDT 1995, COOPER & KLEINSCHMIDT 2007,	
	Kundenorientierung: Einbindung potenzieller Kunden, Kundenanforderungen ermitteln	BARCZAK & KAHN 2012, FRICKE & LOHSE, S. 187 ff, SLAMA & POTINECKE 2012, S. 51, BLINDENBACH-DRIESSEN & VAN DEN ENDE 2006, S. 556 ff., ERNST 2002, HALES 1991, S. 104, MOULTRIE et al. 2006, LAI 2012b, GERTZ & HARMEIER 2013, BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013	
	Lieferantenintegration	BLINDENBACH-DRIESSEN & VAN DEN ENDE 2006, S. 556 ff.	
	Business Cases erstellen	BLINDENBACH-DRIESSEN & VAN DEN ENDE 2006, S. 556 ff.	
Strategie mit Ressourcenallokation verknüpfen	Basierend auf dem Verständnis der eigenen Fähigkeiten und Leistung	GERTZ & HARMEIER 2013	
	Marktorientierung: Entwicklungsrichtungen von Unternehmen, Identifikation von Zielmärkten, Erkennen von Produktrends, Proaktivität	BARCZAK & KAHN 2012, FRICKE & LOHSE, S. 187 ff., BULLINGER 1990, S. 48, SLAMA & POTINECKE 2012, S. 52, JUGEND et al. 2006, S. 119 f., LUCIO et al. 2012, S. 224, ERNST 2002, COOPER & KLEINSCHMIDT 1995, COOPER & KLEINSCHMIDT 2007, HALES 1991, S. 104, MOULTRIE et al. 2006, GERTZ & HARMEIER 2013, KAHN et al. 2012, MCGRATH et al. 1992, S. 35 ff.	
	Nur verfügbare Ressourcen (Personen, Finanzen) einplanen, aber auch ausreichende Ressourcen zur Verfügung stellen (letzteres auch Aspekt der Unterstützung durch oberes Management)	KAPLAN & NORTON 1997, S. 166, SHIELDS et al. 1990, S. 306, BOOHER & HEWITT 1990, S. 348, BARCZAK & KAHN 2012, BULLINGER 1990, S. 48, LUCIO et al. 2012, S. 224, ERNST 2002, COOPER & KLEINSCHMIDT 1995, COOPER & KLEINSCHMIDT 2007, HALES 1991, S. 104	
	Ressourcen für Grundlagenforschung bzw. Vorentwicklung zur Verfügung stellen	COOPER & KLEINSCHMIDT 2007	
	Informationsverfügbarkeit	HALES 1991, S. 104	
	Expertenverfügbarkeit	BLINDENBACH-DRIESSEN & VAN DEN ENDE 2006, S. 556 ff.	
	Risikomanagement	Keine neuen Produkte in neue Märkte	COOPER & KLEINSCHMIDT 1995, COOPER & KLEINSCHMIDT 2007
		Proaktives Risikomanagement	MOULTRIE et al. 2006
Potenzial bewerten, Erfolgspotenzial abschätzen		SLAMA & POTINECKE 2012, S. 51	

Fortsetzung Leistungsfaktor Produktentwicklung – Strategie		
Kontinuierliche Weiterentwicklung der Strategie	Systematisch nach neuen Möglichkeiten bzw. Produkten suchen	BARCZAK & KAHN 2012, LUCIO et al. 2012, S. 224, BLINDENBACH-DRIESSEN & VAN DEN ENDE 2006, S. 556 ff.
	Entwickeln, überprüfen und Weiterentwickeln mit dem Ziel ökonomischer, gesellschaftlicher und ökologischer Nachhaltigkeit Innovationsmanagement Ideenmanagement, z. B. Kreativitätstechniken	GERTZ & HARMEIER 2013 BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013 SLAMA & POTINECKE 2012, S. 51, LUCIO et al. 2012, S. 224
Marketing	Systematisches Marketing	SLAMA & POTINECKE 2012, S. 52

Leistungsfaktor Produktentwicklung – Portfoliomanagement		
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Multi-Projektmanagement - Klare Definition Projektstrategie	Bewusstsein für Risiko durch Konflikt zwischen Projekt- und Linienverantwortlichen	DOOLEY et al. 2005
Kontinuierliche Projektbewertung	Klare Definition des max. Umfangs für Projekte	KILLEN & KJAER 2012
	Objektive Auswahl richtiger Projekte zur Umsetzung der Unternehmensstrategie entsprechend der möglichen Ressourcenallokation; Balance finden zwischen kurz- und langfristigen Projekten bzw. niedrigen und hohen Investitionen	COOPER et al. 2001, S. 8 f, BARCZAK & KAHN 2012, ERNST 2002, MOULTRIE et al. 2006, BLINDENBACH-DRIESSEN & VAN DEN ENDE 2006, S. 556 ff., MCGRATH et al. 1992, S. 35ff.
	Prioritäten klar definieren und vertikal sowie horizontal kommunizieren	COOPER et al. 2001, S. 8 f, BARCZAK & KAHN 2012
Formeller Portfoliomanagementprozess	Projekte und Programme, ggf. abrechnen	BARCZAK & KAHN 2012, COOPER & KLEINSCHMIDT 1995, COOPER & KLEINSCHMIDT 2007
		KAHN et al. 2012, MCGRATH et al. 1992, S. 35ff.
	Investition in frühe Phasen	KILLEN & KJAER 2012
	Bedarfsorientierte Planung	KILLEN & KJAER 2012
Klarheit über Zusammenhänge zwischen Projekten schaffen	Abstimmen mit Strategie, Kontrolle und Kommunikation, Lernen und Wissensmanagement	DOOLEY et al. 2005, GERTZ & HARMEIER 2013
	Projektübergreifende Betrachtung vs. Betrachtung jedes Projektes für sich	KILLEN & KJAER 2012
Wiederverwendung von Lösungen	Modularisierung Wiederverwendung von Wissen, Innovationen, Technologien	KILLEN & KJAER 2012 LAI 2012b

Leistungsfaktor Produktentwicklung – Prozessgestaltung		
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Simultaneous bzw. Concurrent Engineering	Parallelisieren einzelner Prozessschritte zur Verkürzung der Entwicklungszeit durch Standardisierung von Prozess und Produkt, Integration für gemeinsames funktionsübergreifendes Verständnis	BULLINGER & WARSCHAT 1997, S. 15 ff., ALBERS MOHRMAN et al. 1995, S. 7 f., LAI 2012b
	Funktionsübergreifende Teams	BULLINGER & WARSCHAT 1997, S. 15 ff., ALBERS MOHRMAN et al. 1995, S. 7 f.
	Anpassen des Prozesses an spezifische Anforderungen, minimieren der Komplexität	BARCZAK & KAHN 2012, COOPER & KLEINSCHMIDT 1995, COOPER & KLEINSCHMIDT 2007, MOULTRIE et al. 2006
	Ganzheitlicher, dynamischer Prozess von Idee bis Markteinführung	FRICKE & LOHSE, S. 187 ff., MCGRATH et al. 1992, S. 35 ff.
Klar definierter, flexibler Produktentwicklungsprozess	Hoch qualitativ in Gestaltung und Ausführung	JUGEND et al. 2006, S. 119 f., LUCIO et al. 2012, S. 224, ERNST 2002, COOPER & KLEINSCHMIDT 1995, COOPER & KLEINSCHMIDT 2007, BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013, DIN EN ISO 2008, KAHN et al. 2012
	Front Loading - Investition in frühe Phasen und Vorentwicklung	COOPER & KLEINSCHMIDT 1995, COOPER & KLEINSCHMIDT 2007
Kontinuierliche Prozessverbesserung	Flexibilität gegenüber neuen Anforderungen und Produkten sichern	KAPLAN & NORTON 1997, S. 166, MOULTRIE et al. 2006, LAI 2012b
	Zielsetzungen und Leistungsmessung (geeignete Kennzahlen)	MOULTRIE et al. 2006, LAI 2012b, BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013
	Prozessbausteine, Vermeiden zu hoher Vielfalt, Grundstrukturen vorgeben, erforderliche Schritte absichern	BENEKE 2003, S. 178, LAI 2012b
Prozessstandardisierung	Vermeiden von Koordinationsaufwand durch Standardisierte Abläufe, ergänzt durch informelle Kommunikation, wiederkehrende informelle Pfade als Hinweis für mögliche Standardisierung	ALBERS MOHRMAN et al. 1995, S. 352f., ALBERS MOHRMAN et al. 1995
	Funktionsübergreifender Entwicklungsprozess	BARCZAK & KAHN 2012
	Portfoliomanagement verankern	BARCZAK & KAHN 2012
	Variantenmanagement verankern	EVERSHEIM 1996, S. 169 ff.
	Klare Regelung zur Ressourcennutzung	BENEKE 2003, S. 59
	Rationaler Entscheidungsprozess	LUCIO et al. 2012, S. 224
Anforderungsmanagement	Wissensmanagement	MOULTRIE et al. 2006, BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013
	Strategieentwicklungsprozess	BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013, GERTZ & HARMEIER 2013
	Strategieimplementierungsprozess	BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013
Lernen aus Versuchen	Versuchsdurchführung durch formalisierten Prozess verankert, Schmätern technischen Risikos	BARCZAK & KAHN 2012, BLINDENBACH-DRIESSEN & VAN DEN ENDE 2006, S. 556 ff., MOULTRIE et al. 2006
	Prototypen und Versuche, um Marktrisiko zu schmälern	MOULTRIE et al. 2006
	Auswerten von Versuchsergebnissen in formalisiertem Prozess	BARCZAK & KAHN 2012

Leistungsfaktor Produktentwicklung – Organisationsgestaltung		
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Räumliche Nähe von Entwicklungsteams	Kommunikation und Interaktion, funktionsübergreifende Zusammenarbeit fördern mit dem Ziel der Informationsbeschaffung und Koordination	ALLEN & HENN 2007, S. 10 und S. 27
Prozessorientierte Unternehmensorganisation	Eigenständigkeit für erfolgreiche Projektteams	FRICKE & LOHSE, S. 187 ff.
Projektorganisation	Reduzierung von Entwicklungszeit und Koordinationsaufwand, autonome Projektteams	ALLEN 1986, ALLEN 2001, KABEL 2001, S. 97, ERNST 2002, HALES 1991, S. 104

Leistungsfaktor Produktentwicklung – Teamgestaltung		
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Funktionsübergreifende Teams	Auch sog. Integrated Teams, Leistungssteigerung gegenüber funktionspezifischen Teams	KABEL 2001, S. 97, MURMAN et al. 2002, S. 164f., DiTRAPANI & GEITHNER 1996, DoD IPPD HANDBOOK 1998, BROWNING 1997, BROWNING 1998, McDONOUGH 2000, LOVE & ROPER 2009, S. 7 f., BLINDENBACH-DRIESSEN & VAN DEN ENDE 2006, S. 556 ff., ERNST 2002, COOPER & KLEINSCHMIDT 1995, COOPER & KLEINSCHMIDT 2007, KAHN et al. 2006
	Fördern der Kommunikation zwischen Unternehmensbereichen, Silobildung verhindern	MURMAN et al. 2002, S. 164 f.
	Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung ermöglichen	MURMAN et al. 2002, S. 164 f.
	Nutzung impliziten Wissens, ganzheitliches Verständnis fördern, Wissens- und Informationstransfer erleichtern	HIRUNYAWIPADA ET AL. 2010, LOVE & ROPER 2009
Hohe Qualität von Teams	Positiver Einfluss auf deren Leistung	COOPER & KLEINSCHMIDT 1995, COOPER & KLEINSCHMIDT 2007
	Spezialisten einsetzen Konstante Zusammensetzung	MOULTRIE et al. 2006 KABEL 2001, S. 97
Empowerment	Entscheidungen auf der richtigen Ebene treffen, Verantwortung für Leistung und Produktivität vergeben, Ressourcenverfügbarkeit, Autonomie	KAPLAN & NORTON 1997, S. 166, McDONOUGH 2000, DiTRAPANI & GEITHNER 1996, ALBERS MOHRMAN et al. 1995, S. 22 ff. und S. 275 ff., FRICKE & LOHSE, S. 187 ff., ERNST 2002, MOULTRIE et al. 2006, MITTLER et al. 1990, S.107 f.
Commitment und Ownership	Engagement und Teilnahme	McDONOUGH 2000, FRICKE & LOHSE, S. 187 ff., BULLINGER 1990, S. 48, HALES 1991, S. 104
Größe	nur so viele Teammitglieder wie nötig	DoD IPPD HANDBOOK 1998, S.3 1
Räumliche Nähe		MITTLER et al. 1990, S.107 f.
Ziel und Zweck	Klare Zieldefinition ("Mission Statement"), gemeinsames Verständnis, klare Strategie	OTTO & WOOD 2001, S. 55 f., McDONOUGH 2000, ALBERS MOHRMAN et al. 1995, S. 24 f. und S. 280 ff.
Leistungsorientierung	Streben nach Exzellenz	OTTO & WOOD 2001, S. 55f.
	Bewertung der Teamleistung, Grad der Zielerfüllung	ALBERS MOHRMAN et al. 1995, S. 322

Fortsetzung Leistungsfaktor Produktentwicklung – Teamgestaltung		
Gute Führung	Qualifizierte Führungskräfte	MCDONOUGH 2000, DoD IPPD HANDBOOK 1998, S. 31 ff., ALBERS MOHRMAN et al. 1995, S. 23 und S. 354 ff. MCDONOUGH 2000
	Unterstützung durch oberes Management	
	Teamwork; gegenseitige / -r / -s Respekt, Vertrauen und Unterstützung, Kooperation	OTTO & WOOD 2001, S. 55 f., MCDONOUGH 2000, DITRAPANI & GEITHNER 1996
	Individualität; Unterschiede der Individuen akzeptieren, Basis für Kreativität	OTTO & WOOD 2001, S. 55 f.
Personalentwicklung	Fähigkeiten und Kompetenzen der Mitarbeiter / -innen entwickeln	MCDONOUGH 2000, HIRUNYAWIPADA et al. 2010
	Lernen der Mitarbeiter / -innen durch Reflektieren fördern	ALBERS MOHRMAN et al. 1995, S. 350 f.
Diskussion	Fähigkeiten der Mitarbeiter / -innen in mehreren Feldern ausbilden, z. B. Entwicklung und Marketing	HYUNG-JIN PARK et al. 2009
	Offen für Diskussionen sein, Führungsautorität akzeptieren, Kompromisse finden, Konfliktmanagement	OTTO & WOOD 2001, S. 55 f.
Zielerreichungsgrad ermitteln	Verbesserungsbedarf identifizieren und umsetzen	KABEL 2001, S. 97
Effizienz von Besprechungen ermitteln	Verbesserungsbedarf identifizieren und umsetzen	KABEL 2001, S. 97
Aufgabenumfang	Aufgaben für Temas umfassen idealerweise komplette Prozesse, Grundansichten und für die Ausführung erforderliche Abhängigkeiten	ALBERS MOHRMAN et al. 1995, S.110 f.

Leistungsfaktor Produktentwicklung – Kopplung von Organisation und Produktarchitektur		
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Systemarchitektur und Organisationsstruktur	Systematische Bildung funktionsorientierter Teams anhand von Systemarchitektur für abgrenzbare Baugruppen, aktives Schnittstellenmanagement	BROWNING 1997, BROWNING 1998

Leistungsfaktor Produktentwicklung – Produktarchitektur		
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Vielfaltsgerechte Produktarchitektur		EVERSHEIM 1996, S. 169ff.
Plattformbasierte Produktstrategie	Formales Planen der Produktarchitektur	MOULTRIE et al. 2006

Leistungsfaktor Produktentwicklung – Führung		
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Führungsqualifikation	Führungsstil und -fähigkeiten	HALES 1991, S. 104
Ergebnisverantwortung für oberes Management		COOPER & KLEINSCHMIDT 1995, COOPER & KLEINSCHMIDT 2007
Kommunikation	Vision, Werte, Mission bzw. Strategie	MITTLER et al. 1990, S.107 f., BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013
Feedbackmechanismen		MITTLER et al. 1990, S.107 f.
Wertorientierung	Bewusstsein schaffen für den Beitrag einzelner Personen zur Strategie- / Zielerreichung	KAPLAN & NORTON 1997, S. 166, HALES 1991, S. 104, BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013
	Nachhaltigkeit, ethisches Verhalten, Verantwortung gegenüber der Gesellschaft	BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013
	Gemeinsame Werte: Commitment, Enthusiasmus	HALES 1991, S. 104
Führungskräfte als Vorbilder		GERTZ & HARMEIER 2013, BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013
Integriertes Managementsystem	Definieren, Überprüfen, Verbessern	KAPLAN & NORTON 1997, S. 166, GERTZ & HARMEIER 2013

Leistungsfaktor Produktentwicklung – Kommunikation		
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Geringere Komplexität der Kommunikation		KILLEN & KJAER 2012
Kontinuierliche Kommunikation	Team interne Kommunikation zur Steigerung der Effektivität, Projekt- / unternehmensübergreifende Kommunikation zur Steigerung der Effizienz	ALLEN 1977, S. 122 ff., LUCIO et al. 2012, S. 224, BLINDENBACH-DRIESSEN & VAN DEN ENDE 2006, S. 556 ff., LAI 2012b, GERTZ & HARMEIER 2013
	Effektives Innovationsmanagement Kommunikation durch Management	FRICKE & LOHSE, S. 187 ff. MITTLER et al. 1990, S.107 f.
Entscheidungsdokumentation		MITTLER et al. 1990, S.107 f.

Leistungsfaktor Produktentwicklung – Personalentwicklung		
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Personalpläne	Transparenz über vorhandene Ressourcen	GERTZ & HARMEIER 2013
Empowerment	Teilnahme, Verantwortlichkeit, Selbstständigkeit	GERTZ & HARMEIER 2013
Motivationspotenzial steigern		KABEL 2001, S. 97, HALES 1991, S. 104, BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013
Team Building		DI TRAPANI & GEITHNER 1996
Fähigkeiten weiterentwickeln	Fachkompetenz, Wissen fördern, kompetente und ggf. externe Partner einbinden	EVERSHEIM 1996, S. 23ff., DI TRAPANI & GEITHNER 1996, BULLINGER 1990, S. 48, SLAMA & POTINECKE 2012, S. 51, JUGEND et al. 2006, S. 119 f., HALES 1991, S. 104, GERTZ & HARMEIER 2013, BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013
Belastungsfreiheit		KABEL 2001, S. 97
Know-How und Kompetenzen sichern	Ermitteln welches Know-How und welche Fähigkeiten für die Zielerreichung erforderlich sind, Entwickeln von Knowhow und Fähigkeiten	SHIELDS et al. 1990, S. 306, BOOHER & HEWITT 1990, S. 348
Disziplin sichern		HALES 1991, S. 104
Anerkennung	Belohnung, Anerkennung, Betreuung, Karriereöglichkeiten	GERTZ & HARMEIER 2013, BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013
Leistungsfaktor Produktentwicklung – Unternehmenskultur		

Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Veränderungsklima Streben nach Exzellenz	Gewährleistet durch Führungskräfte	LUCIO et al. 2012, S. 224, LAI 2012b, GERTZ & HARMEIER 2013
	Führungskräfte und Mitarbeiter / -innen	GERTZ & HARMEIER 2013
Unterstützung durch oberes Management	Rückendeckung im Unternehmen; Teilnahme; Ressourcen zur Verfügung stellen, Entscheidungen über Abbruch / Fortführen von Projekten tragen, Teilnahme an der Unternehmens-externen Kommunikation	BARCZAK & KAHN 2012, BULLINGER 1990, S. 48, LUCIO et al. 2012, S. 224, BLINDENBACH-DRIESEN & VAN DEN ENDE 2006, S. 556 ff., ERNST 2002, COOPER & KLEINSCHMIDT 1995, COOPER & KLEINSCHMIDT 2007, GERTZ & HARMEIER 2013
Innovationsfreundliches Klima	Risikofreudig und Unternehmergeist, Fördern des Verfolgens eigener Projekte (Pet Projects), Ideenmanagement	LUCIO et al. 2012, 2012 S. 224, COOPER & KLEINSCHMIDT 1995, COOPER & KLEINSCHMIDT 2007, MOULTRIE et al. 2006
Engagement	Motivation, Kreativität und Individualität fördern, s. a. Teams	ERNST 2002, HALES 1991, S. 104
	Produktchampions	LUCIO et al. 2012, S. 224, BLINDENBACH-DRIESEN & VAN DEN ENDE 2006, S. 556 ff.
Aktive Kundenorientierung		BARCZAK & KAHN 2012, KAPLAN & NORTON 1997, S. 166

Leistungsfaktor Produktentwicklung – Infrastruktur

Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
(IT-)Systeme und Werkzeuge	Unterstützen der Entwicklungsprozesse, verfügbar für alle beteiligten Personen, Kompatibel	EVERSHEIM 1996, S. 23ff., BARCZAK & KAHN 2012, DI TRAPANI & GEITHNER 1996, BULLINGER 1990, S. 48, LAI 2012b
Projektmanagement unterstützen		BULLINGER & WARSCHAT 1997, S. 15 ff., DI TRAPANI & GEITHNER 1996
Datenmanagement	Aufwand senken durch Verknüpfung einzelner Systeme, Vermeiden von Medienbrüchen, Sicherstellen konsistenter Datenpflege	ALLWEYER 2009, S. 19, DI TRAPANI & GEITHNER 1996, FRICKE & LOHSE, S. 187 ff., HALES 1991, S. 104
Werkzeuge zur Unterstützung der Kommunikation		DI TRAPANI & GEITHNER 1996, FRICKE & LOHSE 1997, S. 187 ff.
Automatisieren von Entwicklungstätigkeiten		FRICKE & LOHSE 1997, S. 187 ff.
Arbeitsmittel	strategische Investitionsplanung	SLAMA & POTINECKE 2012, S. 51

Leistungsfaktor Produktentwicklung – Leistungsmessung

Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Standardkennzahlen / -kriterien	Entwicklungsprojekte und Entwicklungsaufwand	BARCZAK & KAHN 2012
Performance Management	Messen in den Perspektiven: Kunden, Mitarbeiter / -innen, Gesellschaft, finanzielle und nicht-finanzielle Messung operativer Leistung und Erfolg des Unternehmens	LAI 2012b, GERTZ & HARMEIER 2013, BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013, KAHN et al. 2006
	Analyse und Reflektion	BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013
	Leistungsverbesserung	BALDRIGE PERFORMANCE EXCELLENCE PROGRAM 2013
Bewertungsprozess	Durch eine definierte Gruppe an Personen Bewertung zum Konfliktmanagement, frühzeitig Probleme identifizieren und vermeiden	BARCZAK & KAHN 2012
	Bewertung anhand von klar definierten Kriterien im Rahmen der Meilensteine, ggf. Projektabbruch	DOD IPPD HANDBOOK 1998, S.30 BARCZAK & KAHN 2012

Leistungsfaktor Produktentwicklung – Projektmanagement		
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Effektives Projektmanagement		BULLINGER 1990, S. 48
	Projektbewertung nach Projektende, Lernen für die Zukunft	BARCZAK & KAHN 2012
	Standardvorgehen für Produkteinführung	BARCZAK & KAHN 2012
	Kontinuierliche Leistungsmessung	LUCIO et al. 2012, S. 224
	Interdisziplinäre Projektteams	BARCZAK & KAHN 2012
	Klar definierter Projektleiter; ggf. starker Projektleiter, Engagement und Commitment	BARCZAK & KAHN 2012, JUGEND et al. 2006, S. 119 f., LUCIO et al. 2012, S. 224, BLINDENBACH-DRIESEN & VAN DEN ENDE 2006, 2006 S. 556 ff., ERNST 2002
	Sicherstellen formaler und informeller funktionsübergreifender Kommunikation	BARCZAK & KAHN 2012
Aufgabenvielfalt begrenzen; Beschäftigung von Mitarbeiter / -innen in zu vielen Projekten vermeiden	BARCZAK & KAHN 2012	

7.4.2 Erfolgsfaktoren – Variantenmanagement

Faktor Strategie		Planen der Vielfalt
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Kenntnis der Ausgangssituation	Transparenz über vorhandene Vielfalt und deren Kosten; Kenntnis über mögliche strategische Ausrichtungen	KARLSSON & AHLSTROM 1997, MEYER & LEHNERD 1997, S. 234 ff.
	Umsetzung der Unternehmensstrategie	MEYER & LEHNERD 1997, S. 54, COOPER et al. 2001, S. 26 ff.
Definition von Markt- und Preissegmenten	Marktsicht in allen Abteilungen / Perspektiven berücksichtigen	KARLSSON & AHLSTROM 1997
	Berücksichtigen von Randbedingungen innerhalb und außerhalb des Unternehmens, Definition des Kommutalitätsgrades von Produkten	MÜLLER 2000, S. 121
Variantenstrategie im Einklang mit der Unternehmensstrategie	Herunterbrechen der Abteilungs-, Projektziele aus der Strategie	PORTER 2013, S. 25, KERSTEN 2002, S. 86 f.
	Ziele aus der Variantenstrategie mit gleicher Priorität wie übrige Ziele, hohe Priorität für Standardisierungsinitiativen	KERSTEN 2002, S. 86 f., MEYER & LEHNERD 1997, S. 134
	Keine Ein-Produktstrategie, sondern ganzheitliches Produktprogramm mit gemeinsamen Kerntechnologien (z. B. Plattformen)	MEYER & LEHNERD 1997, S. 15, TABRIZI & WALLEIGH 1997
	Dynamisches Variantenmanagement orientiert an Produktlebenszyklus und Marktdynamik	ROGOTZ ET AL. 2013
	Wettbewerbsposition sichern	COOPER et al. 2001, S. 26 ff., COOPER 2005, S. 223
	Wert des Produktprogrammes steigern, Definition geeigneter Bewertungskriterien	COOPER et al. 2001, S. 26 ff., PMI KNOWLEDGE AND WISDOM CENTER 2005, S. 494 f.
	Fokussierung auf das Wesentliche, Balance schaffen: lang- / kurzfristige Projekte, belegte Märkte, Technologien, Neu- / Anpassungsentwicklungen	KLEINSCHMIDT et al. 2005, S. 223, COOPER et al. 2001, S. 26 ff., PMI KNOWLEDGE AND WISDOM CENTER 2005, S. 493
Berücksichtigen der verfügbaren Ressourcen	YU et al. 2010, KLEINSCHMIDT et al. 2005, S. 234 ff.	

Faktor Multi-Projektplanung bzw. Portfoliomanagement		Planen und Beherrschen der Vielfalt
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Sicherstellen der Umsetzung der Unternehmensstrategie		COOPER et al. 2001, S. 26 ff., COOPER 2005, S. 223, PMI KNOWLEDGE AND WISDOM CENTER 2005, S. 494 f., KLEINSCHMIDT et al. 2005, S. 223 u. 234 ff., HILLER 2002, S. 2 f.
Kontinuierliche Projektbewertung	Analyse bestehender und neuer Projekte und deren gegenseitigen Abhängigkeiten, ggf. neue Priorisierung oder Abbruch bei neg. Erfolgsaussichten	NOBEOKA & CUSUMANO 1995, GROTKAMP 2010, S. 14, FÖRSTER 2003, S. 45 ff.
Release Engineering	Planung der Road-Map zur Einführung neuer Varianten bzw. Roll-Out-Plan	SCHUH et al. 2012a, MEYER & LEHNERD 1997, S. 234 ff.
Ressourcenplanung Grundlage für Produktarchitekturentwicklung	Entscheidungsfindung für oder gegen zusätzliche Varianten Z. B. Planen von produktlinienübergreifenden Plattformstrategien	KARLSSON & ÄHLSTROM 1997 NOBEOKA & CUSUMANO 1995
Koordination und Synchronisation der Projekte	Synergien nutzen	NOBEOKA & CUSUMANO 1995, Hiller 2002 S. 2 f.

Faktor Prozessgestaltung		Beherrschen der Vielfalt
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Vielfaltsgerechte Planung verankern	Planungshorizont neben kurz- auch langfristig, systematisches Vorgehen, Änderungen nach Produktionsstart und schlechende Variantenentstehung vermeiden	YU et al. 2010, KLEINSCHMIDT et al. 2005, S. 234 ff.
Vielfaltsgerechte Gestaltung verankern	Vorgehensweisen zur Gestaltung, geeignete Freigabeprozesse	RENNER 2007, SCHUH et al. 2012a, GROTKAMP 2010, MEYER & LEHNERD 1997, S. 234 ff
Vielfaltskostenmanagement verankern	Schaffen von Kostentransparenz	BOHNE 1998, S. 35, EHRENSPIEL et al. 2007, KERSTEN 2002, S. 86 f.
Flexible Prozesse	Anpassung auf aktuelle Situation ermöglichen, hohe Komplexität der Prozesse durch Abbildung aller Situationen vermeiden	MEYER & LEHNERD 1997, S. 230 f.
kontinuierliche Leistungsmessung von Projekten / Maßnahmen	Zielerreichung (Qualität) neben Kosten und Zeit, geeignete Kennzahlen definieren	KARLSSON & ÄHLSTROM 1997, KERSTEN 2002, S. 217 ff.
Lernende Organisation	Verankern von Prozessen für Lernende Organisation	MÜLLER 2000, S. 21
Konzentration auf frühe Phasen	Investition in Informationsbeschaffung im Sinne des Front Loadings, Auswirkungen der Produktgestaltung ermitteln,	MORTENSEN & HARLOU 2005, S. 320
	Lernen in frühen Phasen (z. B. Prototyping, Versuche), Änderungen in späten Phasen vermeiden	JUNGERBERG et al. 1998, S. 78f.

Faktor Organisationsstruktur		Beherrschen der Vielfalt
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Trennen von Produkt- und Standardentwicklung	Z. B. Trennen von Produkt- und Plattformentwicklung	MCGRATH et al. 1992
	Organisationsform für Standardentwicklung z. B. für die Strategieentwicklung Lenkungsausschuss und Kernteam unterstützt durch Experten	RATHNOW 1993, S. 197
Einbinden aller Stakeholder	Kommunikation und Verantwortlichkeitsvergabe	COOPER et al. 2001, 26 ff.

Faktor Teamgestaltung		Beherrschen der Vielfalt
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Interdisziplinarität	Unterstützung der Kommunikation aus unterschiedlichen Perspektiven	GROTKAMP 2010, S. 27, KOHLHASE 1998, S. 61 ff, MEYER & LEHNERD 1997, S. 124 ff. und S. 234 ff.
Verantwortlichkeit	"Ownership", Entscheidungsbefugnis bezüglich vielfaltsgerechter Gestaltung und deren Umsetzung	MEYER & LEHNERD 1997, S. 124 ff.
Aufgabenumfang	Trennung der Entwicklung standardisierter Umfänge und Produktentwicklung, Entbindung der Teams von Aufgaben außerhalb der Standardentwicklung (z. B. außerhalb der Plattformentwicklung)	MEYER & LEHNERD 1997, S. 124 ff.
Räumliche Nähe	Förderung der Kommunikation	MEYER & LEHNERD 1997, S. 136
Know-How	Spezialisten für die Entwicklung standardisierter Umfänge	RATAMÄKI 2004, BIAZZO 2009

Faktor Koppelung von Organisations- und Produktarchitektur		Beherrschen der Vielfalt
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Produktarchitektur basierte Definition der Organisation	Produktarchitektur bzw. -struktur in der Organisationsstruktur widerspiegelt: zu gering Qualität sinkt, zu stark: ebenfalls (Kommunikation erschwert), optimalen Grad finden zur Minimierung des Koordinationsaufwandes bzw. Optimierung der Ressourcennutzung	RATHNOW 1993, S. 197, MEYER & LEHNERD 1997, S. 126, COLFER & BALDWIN 2010, SOSA et al. 2004, GOKPINAR et al. 2010, GÖPFERT & STEINBRECHER 2000, S. 23 ff., RAPP 2010, S. 96, YASSINE & WISSMANN 2007, WORREN et al. 2002, BAUER et al. 2013b
	Aufteilen von Entwicklungsumfängen, dadurch Verkürzung von Entwicklungszeit durch Parallelisieren und -aufwand	RAPP 2010, S. 126ff., GÖPFERT 1999, S. 197
	Produktarchitektur als Voraussetzung für Qualität: tatsächliche Vielfalt visualisieren, erforderliche Iterationen identifizieren, möglichst klein halten und deren Ausführung sicherstellen, unnötige Iterationen vermeiden	SOSA et al. 2010
	Bildung von Teamstrukturen in Abhängigkeit von der Entwicklungsphase	ELEZI et al. 2011

Fortsetzung Faktor Koppelung von Organisations- und Produktarchitektur		
Flexible Organisation	Modulare Entwicklungsorganisation: flexible Organisation mit dezentraler Entscheidungskompetenz und Ergebnisverantwortung, direkte Abstimmung zwischen Unternehmensbereichen, prozessorientierte und funktionsübergreifende Gliederung nach Aufgabenbereichen	GÖPFERT & STEINBRECHER 2000, S. 23 ff.
	Vermeiden statischer Produktarchitekturen, Verändern bestehender Produktarchitekturen ermöglichen	GÖPFERT 1999, S. 197

Faktor Produktarchitektur		Gestalten der Vielfalt
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Kompromiss zwischen Perspektiven	Z. B. Produktentwicklung, Vertrieb, Produktion; gemeinsame Entwicklung von Produkt und Produktionsprozess	SCHEER et al. 2006, S. 59, BLEES 2011, S. 101, MEYER & LEHNERD 1997, S. 15, RECHTIN 1991, S. 140, YASSINE & WISSMANN 2007
Flexible Produktarchitekturen	Kontinuierliche Weiterentwicklung der Produktarchitektur und des Produktprogrammes unterstützen (siehe Entkopplung Technologieentwicklung) bei begrenzten Investitionen	GÖPFERT 1999, S. 197, YASSINE & WISSMANN 2007
Vielfaltsgerechte Gestaltung	Senkung der Entwicklungszeit und -kosten (z. B. Plattformen) durch parallelisieren von Prozessen, senken des Koordinationsaufwandes	MEYER & LEHNERD 1997, S. 35 ff., GROTKAMP 2010, S.36 ff., GOMES & JOGLEKAR 2008
	Entkopplung der Technologieentwicklung ermöglichen	GROTKAMP 2010, S.36 ff.
	Z. B. Modulare Struktur ermöglicht Ausgleich von Auslastungsschwankungen	MUFFATTO 1999, SANCHEZ & MAHONEY 1996
	Lerneffekte und somit Reduzierung der Durchlaufzeiten	MUFFATTO 1999, SCHUH et al. 2010
Produktstrukturmanagement	Lieferantenkooperation vereinfachen	GROTKAMP 2010, S.36 ff.
	Referenzmodell der Produktstruktur zur Unterstützung konsistenter Variantenplanung und Konzentration auf frühe Phasen, unterstützen Portfolio- und Multi-Projektmanagement	KISSEL et al. 2012, RAPP 2010, S. 126 ff.

Faktor Führung		Beherrschen der Vielfalt
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Bewusster Managemententscheid	Für Standardisierungsinitiativen (z. B. Plattformentwicklung)	MÜLLER 2000, S. 30
Variantenmanagement in Managementsystem einbinden		Kersten 2000 S.217 ff., Schuh & Speth 1998 S. 161
Teilnahme durch Management	Unterstützung und Beteiligung, Sponsoring, Vergabe von Priorität (z. B. Ressourcen)	MEYER & LEHNERD 1997, S. 15 und S. 131, KERSTEN 2002, S. 85
Koordinationsaufwand senken	Vermeiden unnötiger Koordinationsaufgaben durch Führungskräfte	LAU 2009

Faktor Kommunikation		Beherrschen der Vielfalt
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Top-Down durch Top-Management	Verankerung des Variantenmanagements	KERSTEN 2002, S. 86 f., SCHUH & SPETH 1998, S. 161
Prioritäten kommunizieren	Horizontal und vertikal	KLEINSCHMIDT et al. 2005, S. 223
Regelmäßige Kommunikation von Strategie und Zielen	Durch oberste Führungsebenen	KERSTEN 2002, S. 85
Geeigneter Grad an Kommunikation	Vermeiden von Effizienzeinbußen aufgrund ausufernder Kommunikation, durch Aufteilen von Entwicklungsumfängen auf Teams	Rechtin 1991, S. 280, GOKPINAR et al. 2010, RAPP 2010, S. 126 ff.
Wissensaustausch sichern	Bestehende Vielfalt, Fehlerlösungsvorgänge	KRAUSE et al. 2007, S. 10
Dateninkonsistenzen vermeiden		SCHUH 1989, S. 33
Funktionsübergreifende Kommunikation sichern	Unternehmensübergreifendes Verständnis für Variantenstrategie Identifikation von Verbesserungsbedarf fördern	HOFER 2001, S. 118 f. und S. 165 GÖPFERT 1999, S. 144 f.

Faktor Personalentwicklung		Beherrschen der Vielfalt
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Bewusstsein für Auswirkungen der Vielfalt	Z. B. Bewusstsein bezüglich Kostenwirkung einer Variante	RATHNOW 1993, S. 202, KERSTEN 2002, S. 86 f., SCHUH 1989, S. 31
Schulung, Weiterbildung	Führungskräfte und Mitarbeiter / -innen, Prozess, Methoden (z. B. Modularisierung), IT-Systeme Bewusstsein für Prozesse und Zusammenhänge Organisation schaffen	RATHNOW 1993, S. 142ff., KERSTEN 2002, S. 86 f. KRAUSE et al. 2007, S. 13 f.

Faktor Unternehmenskultur		Beherrschen der Vielfalt
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Lernende Organisation	Lernen aus Projekten, Fehlerlösungsvorgängen	MÜLLER 2000, S. 21

Faktor Infrastruktur		Beherrschen der Vielfalt
Aspekt	Wirkung	Quellen, z. B.
Angepasst an Variantenstrategie und Produktarchitektur		RATHNOW 1993, S. 162
Entwicklungsrichtlinien	Schleichende Variantenentstehung vermeiden, vielfaltsgerechte Gestaltung sicherstellen	SOSA et al. 2010
Konfigurator	Auftragsabwicklungszeit verkürzen, schleichende Variantengenerierung vermeiden	GROTKAMP 2010, S. 27, PILLER 2006, S. 248 ff., ZAGEL 2006, PULKKINEN et al. 1999, BIENIEK 2001
Datenmanagementsysteme	Informationsverfügbarkeit, Unterstützung Wiederverwendung von Lösungen Verknüpfung untereinander und zu bestehenden Software-Werkzeugen wie CAD-Systemen	GROTKAMP 2010, S. 27, KERSTEN 2002, S. 86 f. und S. 217 ff., KRAUSE et al. 2007, S. 23
PPS-Systeme	Informationsverfügbarkeit	PILLER 2006, S. 313 ff., KOHLMASE 1998, S. 63, KERSTEN 2002, S. 86 f.

7.5 Interviewleitfäden für die Evaluierung

7.5.1 Theoriebildung – Interviewleitfaden zum Variantenmanagement

Entscheidung für ein neues Produkt / eine neue Produktvariante

1. Wann spricht man in Ihrem Unternehmen von einer Variante?
2. Wie wird in Ihrem Unternehmen für die Entwicklung einer neuen Produktvariante oder eines neuen Produktes entschieden? Wer trifft die Entscheidung? Nach welchen Kriterien erfolgt die Entscheidung?
3. Welche Gründe für die Entwicklung neuer Produkte und Varianten treten in Ihrem Unternehmen auf? (Kundengetrieben, intern getriebene Verbesserungsmaßnahmen etc.)
4. Wie werden neue Entwicklungsprojekte zeitlich eingesteuert? Erfolgt eine Multiprojektbetrachtung? Wird die Ressourcenverfügbarkeit geprüft?

Gestaltung von Produkten und Produktvarianten

1. Werden neben Informationen, die Umsetzung gleicher Funktionalitäten, Bauteile, Module etc. in neuen Varianten wiederverwendet?
2. Wer definiert die Produktstruktur? Wer definiert das Zusammenwirken der erforderlichen Funktionalitäten / Baugruppen?
3. Wie ist die Produktstruktur gestaltet? (Baukasten, Modular, Plattform, Gleich- / Wiederholteilstrategien, individualisierte Produkte)
4. Wie hoch ist der Grad der Individualisierung von Produkten?
5. Nach welchen Kriterien wird die Produktstruktur definiert?
6. Welche Ansätze und Vorgehensweisen werden für die Definition der Produktarchitektur (PA) eingesetzt?
7. Werden für ein Produkt mehrere PAs angedacht?
8. Wie ist die PA gestaltet? Gibt es spezifische PAs in Abhängigkeit von der Produktart?
9. Existieren Hindernisse für die Neudefinition von PAs (z. B. organisatorische oder fertigungstechnische Hindernisse)?
10. Wie werden Modulschnittstellen / konstruktive Schnittstellen generiert und überwacht?
11. Wie werden Modulgrenzen festgelegt? Wird dabei auf unterschiedliche PAs Rücksicht genommen? Werden Wechselwirkungen berücksichtigt?
12. Werden Systemoptimierungen durchgeführt? Wenn ja, wie ist deren Ablauf?
13. Besteht ein Trend zur Übermodularisierung oder Integralbauweise?
14. Wird die PA im Falle einer Änderung an einem Bauteil dahingehend hinterfragt, ob sie sich im Zuge der Änderung günstiger oder einfacher darstellen ließe?
15. Werden erkannte Fehler sofort kommuniziert?

Lieferanteneinbindung

1. Werden Lieferanten in die Entwicklung eingebunden? Inwieweit gibt es Kooperationen mit Lieferanten? (Wie hoch ist die Entwicklungs- und Fertigungstiefe?)
2. Gehen Sie Kooperationen, wie z.B. Plattformallianzen in der Automobilindustrie, ein?
3. Verfolgen Sie Outsourcing oder Off-Shoring Strategien?

Produktentwicklungsprozess

1. Ist die Aufgabe Systemintegration definiert? Wie ist diese Aufgabe in den Entwicklungsprozess integriert? In welchen Phasen wird die Rolle aktiv ausgeübt? Welche Tätigkeiten werden ausgeübt?
2. Erfolgt die Klärung von Fragen zur Systemintegration z. B. im Rahmen von turnusmäßigen Sitzungen oder Meilensteinen?
3. Existieren Entwicklungsrichtlinien? Wird nach dem PEP entwickelt?
4. Werden die Entwicklungsprozesse an neue PAs angepasst?
Wurde die Ausgestaltung / Struktur einer PA schon einmal gewechselt?
5. Wie beeinflusst eine Änderung von Modulschnittstellen den PEP?
6. Inwiefern findet eine Planung der parallel zu entwickelnden Produkte hinsichtlich der Module, statt um mögliche Synergieeffekte zu nutzen?

Informationsaustausch zwischen Entwicklungsprojekten

1. Wie erfolgt die Zusammensetzung der Entwicklungsteams? Nach welchen Gesichtspunkten werden Mitarbeiter ausgewählt?
2. Unterscheiden sich die Abläufe in der Entwicklung je nach Produktart bzw. Produktvariante?
3. Erfolgt zwischen unterschiedlichen Projekten ein regelmäßiger Informationsaustausch (formal nach definierten Prozessen bzw. informeller Austausch)?
4. Wie werden die innerhalb eines Projektes erarbeiteten Informationen dokumentiert (dezentral für jedes Projekt, zentral für jede Produktgruppe, zentral für alle Produkte)?
5. Können Informationen, die in einem vergangenen oder parallelen Projekt erarbeitet wurden, direkt genutzt werden? Sind die Informationen einfach zugänglich abgelegt? Ist die Existenz der Informationen bekannt?

7.5.2 Evaluierung – Interviewleitfaden zur Anforderungsermittlung

Der nachfolgende Interviewleitfaden wurde durch die Autorin für die Erhebung der Anforderungen an den Demonstrator für den SUM-Ansatz genutzt. Die jeweiligen Unterpunkte wurden, falls erforderlich, als Denkanstoß zur Detaillierung der Frage eingesetzt. Vor Beginn der Abfrage wurde der SUM-Ansatz den Interviewteilnehmern vorgestellt. Sie hatten dabei Gelegenheit Rückfragen zum Verständnis zu stellen.

1. Was erwarten Sie vom Demonstrator des SUM-Ansatzes?
2. Welche Anforderungen stellen Sie an die erzielbaren Ergebnisse?
3. Welche Anforderungen stellen Sie an den Demonstrator und dessen Anwendung?
 - a. Layout (z. B. Anzeige Bearbeitungsfortschritt)

- b. SW-Systemvoraussetzungen
 - c. Zeitaufwand
 - d. Anderes
4. Welche Anforderungen stellen Sie an die Demonstrator-Struktur?
- a. Selbsterklärende Struktur
 - b. Kein Einlesen erforderlich
 - c. Art und Weise der Abfolge aller Anwendungsschritte
 - d. Anderes
5. Welche Anforderungen stellen Sie an das Vorgehen des Ansatzes?
- a. Als Denkanstoß, eigene Antworten möglich
 - b. Führung anhand von vorgegebenen Kategorien
 - c. Anderes
6. Welche Anforderungen stellen Sie an die Darstellung der Inhalte des Ansatzes?
- a. Detailtiefe
 - b. Hinweise auf Zusatzinformation (Hintergründe, weiterführende Informationen)
 - c. Zusatzinformation enthalten
 - d. Anderes
7. Welche Anforderungen stellen Sie an die erzielbaren Ergebnisse?
- a. Verhältnis Zeitaufwand und Mehrwert
 - b. Art der Ergebnisse
 - c. Anderes

7.5.3 Evaluierung – Interviewleitfaden zur Demonstrator-Anwendung

Gesamteindruck	Wie ist Ihr Gesamteindruck nach der Anwendung des Demonstrators? Können Sie diesen Eindruck in einem Satz zusammenfassen?
	Haben Sie die Zusatzinformationen (Beschreibungen zum Vorgehen, zur Bewertung und Priorisierung etc.) genutzt?
Anwenderfreundlichkeit	Wie haben Sie die Anwendung empfunden?
	Wie würden Sie die Anwenderfreundlichkeit beschreiben?
	Wie viel Zeit haben Sie für die Anwendung investiert?
	Ist dieser Zeitaufwand aus Ihrer Sicht gerechtfertigt?
	Wenn nicht, warum?
	War das Vorgehen insgesamt nachvollziehbar beschrieben?
	Waren die einzelnen Schritte nachvollziehbar beschrieben?
	Was war für Sie nicht nachvollziehbar?
	Welchen Verbesserungsbedarf würden Sie bei der Beschreibung des Vorgehens sehen?
	Wie haben Sie die Anzahl der zu durchlaufenden Ansichten empfunden? (Eine Ansicht je Schritt)
	Wäre es aus Ihrer Sicht hilfreich mehrere Ansichten pro Schritt zur Verfügung zu haben? (z. B. eine Ansicht / neue Seite pro Symptom fehlender Leistung)
	Wie haben Sie das Layout und die Farbgebung insgesamt empfunden?
	Wie würden Sie das Layout und die Farbgebung anpassen?
Inhalt	Erscheint Ihnen das Vorgehen inhaltlich sinnvoll?
	Was war für Sie am Vorgehen nicht sinnvoll?
	Wird aus der Beschreibung folgendes deutlich?
	Es werden unterschiedliche Anwendungsszenarios vorgeschlagen
	Welche Anwendungsszenarios sind Ihnen im Gedächtnis geblieben?
	Iterationen werden als notwendiger Bestandteil des Vorgehens betont, um ein vollständiges Bild zu erlangen.
	Maßnahmenvorschläge können nur einen Hinweis auf eine mögliche Richtung geben, da die Umsetzbarkeit und der Erfolgsumfang je nach Unternehmensrandbedingungen unterschiedlich sind.
Ergebnisqualität	Wie schätzen Sie die Ergebnisqualität hinsichtlich der identifizierten Symptome und Ursachen fehlender Leistung ein?
	In welcher Form, welchem Umfang bzw. in welcher Detailtiefe hätten Sie die Ergebnisse (Symptome und Ursachen) erwartet?
	Welchen Mehrwert haben Sie durch die Ergebnisse (Symptome und Ursachen) erwartet?
	Welchen Mehrwert haben Sie durch die Ergebnisse (Symptome und Ursachen) erhalten?
	Wie schätzen Sie die Ergebnisqualität bezüglich der Maßnahmenvorschläge ein?
	In welcher Form, welchem Umfang bzw. in welcher Detailtiefe hätten Sie die Ergebnisse (Maßnahmenvorschläge) erwartet?
	Welchen Mehrwert haben Sie durch die Ergebnisse (Maßnahmenvorschläge) erwartet?
	Welchen Mehrwert haben Sie durch die Ergebnisse (Maßnahmenvorschläge) erhalten?
Maßnahmenvorschläge	Das Tool will mit den Leitfragen, Ursachen sowie Maßnahmenvorschlägen zum Nachdenken anregen. Wird das aus Ihrer Sicht erreicht?
	Ist der Detailgrad der Vorgaben ausreichend, um den Gedankenstoß zu ermöglichen?
	Sollte der Detailgrad der Vorgaben höher sein, um den Gedankenstoß zu ermöglichen?
	Sollte der Detailgrad der Vorgaben höher sein und Beispiele zur Verfügung gestellt werden, um den Gedankenstoß zu ermöglichen?

Welche Anforderungen würden Sie zukünftig Sie an ein solches Tool stellen?	Welche Erwartungen haben Sie an die bereitgestellten Informationen zum Tool, Vorgehen, zu dessen Inhalten? (z. B. Informationen zu den Symptomen fehlender Leistung oder der Bewertung und Priorisierung)
	Welche Detailtiefe erwarten Sie für diese Informationen (Vorgehen / Kategorien / Maßnahmen etc.)?
	Welche Erwartungen und Anforderungen haben Sie an die erzielbaren Ergebnisse?
	Welche Erwartungen haben Sie an die Anwenderfreundlichkeit eines solchen Tools?
	Welche Anforderungen stellen Sie an die Struktur des Tools?
	Welche Anforderungen stellen Sie an die Vorgehensschritte bei der Toolanwendung?
	Welche Anforderungen stellen Sie an die Dateneingabe?
	Welche Anforderungen stellen Sie an das Layout?
	Wie stehen Sie zu folgenden Punkten?
	Möglichkeit individueller Eingaben neben vorgeschlagenen Einträgen
	Zeitaufwand

7.6 Unterschiedliche Verschwendungsdefinitionen in der Literatur

ANAND & KODALI 2008	Warten oder Verzögerungen ("waiting or delays")	Überproduktion oder zu frühe Produktion ("overproduction or early production")	Unzureichende Bearbeitung oder unzureichende Prozessgestaltung ("inappropriate processing or poor process design")	Transport oder Bewegung ("transportation or movement")
	Unnötige Bewegung oder ineffiziente Entwicklung "unnecessary motion or inefficient performance of design")	Unnötiger Bestand ("unnecessary inventory")		Fehler ("defects")
BAUCH 2004	Warten ("waiting")	Überproduktion bzw. unsynchronisierte Prozesse ("overproduction")	Überbearbeitung bzw. Wiedererfinden ("over-processing, re-invention")	Transport bzw. Übergabe von Aktivitäten ("transport, hand-off")
	Bewegung ("movement")	Bestand ("inventory")	Fehler ("defects")	
GRAEBSCHE et al. 2007b	Warten auf Informationen ("waiting for information")	Fehlende Disziplin ("lack of System Discipline")	Hohe Variabilität des Systems ("high system variability")	Ineffektive Kommunikation ("ineffective communication")
	unzureichende Verbreitung von Information ("information hunting, over-dissemination of information")	Fehlende Klarheit von Zielen und Verantwortlichkeiten ("unclear goals and objectives, unclear responsibilities")	Begrenzte Ressourcen ("limited resources")	Überbearbeitung bzw. unnötiger Detailgrad ("overprocessing, unnecessary detail and accuracy")
	Unzureichende inhaltliche Synchronisierung von Tätigkeiten ("poor synchronization as regards content")	Fehlerhafte Informationen ("deficient information quality, erroneous data")	Korrekturen ("rework")	
KATO 2005	Warten von Personen	Überproduktion von Information ("overproduction of information")	Überbearbeitung bzw. Wiedererfinden ("overprocessing, re-invention")	Transport bzw. Übergabe von Aktivitäten ("transport, handoff")
	Bewegung von Personen ("motion of people")	Bestand an Informationen ("inventory of information")	Fehlerhafte Information ("defective information")	Korrekturen ("rework")
KRUMM & SCHNITTY 2012	Unzureichende Kundenorientierung, unklare Produktpositionierung, unpräzise Projektziele, unnötige Produkteigenschaften	Zu teure Produkte durch ungesteuerte Entstehung von Produktkomplexität und ungenutzte Skaleneffekte	Unzureichende Ausnutzung von Entwicklungsressourcen und -kompetenzen	Unnötig lange Time to market durch unterbrochene Wertströme
	Rückfragen und Iterationen aufgrund ungenügender Standards		Vermeidbare Defekte und Nacharbeit in der Prototypenphase	

LIKER & MEIER 2009	Wartezeit / Leerlauf	Überproduktion	Unnötige Bewegungen	Lagerüberhänge
	Fehler	unnötige bzw. lange Transportwege	mangelhafte Organisation des Arbeitsprozesses (zu viele Schritte)	ungenutzte Kreativitätspotenziale
McMANUS 2005	Warten ("waiting")	Überproduktion von Informationen ("overproduction")	Überbearbeitung bzw. unnötiger Detailgrad und Iterationen ("overprocessing")	Transport bzw. unnötiges Umformatieren von Informationen ("tansportation")
	Unnötige Bewegung von Personen (unnecessary human movement / motion")	Bestand bzw. ungenutzte Informationen ("inventory")	Fehlerhaftes Produkt bzw. fehlerhafte Ergebnisse ("defective product")	
MILLIARD 2001	Zeitverschwendung ("waste of time")	Warten ("waiting")	Informationsverschwendung ("information waste")	Überproduktion bzw. unnötiger Detailgrad ("overproduction")
	Bearbeitung bzw. unnötige Tätigkeiten ("processing")	Transport bzw. nicht kompatible Informationen ("transportation")	Unnötige Bewegung ("unnecessary movement")	Bestand bzw. unnötige Informationsmenge ("inventory")
	Unnötiger Transfer von Informationen ("transfer")	Unnötige Streuung von Informationen ("scatter")	Qualitätsverschwendung ("waste of Quality")	Fehlerhaftes Produkt bzw. fehlerhafte Ergebnisse ("defective product")
	Ressourcenverschwendung ("waste of Resources")	Verschwendung von Potenzialen des Personals bzw. von Werkzeugen und Technologie ("waste of opportunity")		
MORGAN & LIKER 2006	Warten ("waiting")	Überproduktion ("overproduction")	Bearbeitung ("processing")	Übermittlung („conveyance“)
	Bewegung ("motion")	Bestand ("inventory")	Korrekturen ("correction")	
MORGAN 2002	Warten bzw. unsynchronisierte Tätigkeiten ("waiting")	Wiedererfinden (re-invention waste")	Übergabe von Tätigkeiten ("hand off")	Unzureichende Disziplin ("lack of system / scheduling discipline")
	Hohe Variation im Prozess ("high process and arrival variation")	Transaktionen bzw. unnötige Tätigkeiten ("transaction waste")	Redundante Aktivitäten ("redundant tasks")	Unterbrechungen ("stop and go tasks")
MURMAN et al. 2002	Warten	Transport	Bestand ("inventory")	Überproduktion ("overproduction")
	Bearbeitung ("processing")	Bewegung	Korrekturen ("rework")	
OEHMEN & REBENTISCH 2010	Warten von Personen	Überproduktion von Information	Überbearbeitung von Information	Unzureichende Kommunikation von Informationen
	Unnötige Bewegung von Personen	Übermäßige Informationsmenge	Erzeugen fehlerhafter Informationen	Korrigieren von Informationen

OHNO 2009	Warten	Überproduktion	Bearbeitung	Transport
	Bewegung	Bestand	Fehlerhafte Produkte	
PATIL et al. 2013	Warten	Over Engineering ("overdesign")	Korrekturen ("rework")	Ungenutztes Potenzial der Mitarbeiter / -innen ("untapped human potential")
PESSÔA et al. 2009	Warten ("waiting")	Überproduktion ("overproduction")	Überbearbeitung ("overprocessing")	Transport ("transportation")
	Bewegung ("motion")	Bestand ("inventory")	Fehler ("defects")	Korrekturen ("corrections")
POPPENDIECK & POPPENDIECK 2003	Warten ("waiting")	Überproduktion bzw. unnötige Funktionalität ("overproduction - extra features")	Bestand bzw. unvollendete Tätigkeiten ("inventory - partially done work")	Unnötige Bearbeitung bzw. Tätigkeiten ("extra processing - extra processes")
	Bewegung ("motion")	Transport bzw. Wechseln zwischen Tätigkeiten ("transportation = task switching")		Fehler ("defects")
SCHIPPER & SWETS 2010	klassische Verschwendungsarten neu definiert für Entwicklung	Warten	Übermäßige Bestände bzw. unzureichende Wiederverwendung ("excess inventory")	Überproduktion bzw. unnötige Ergebnisse ("overproduction")
	Überbearbeitung bzw. unnötig detaillierte Ergebnisse ("overprocessing")	erneutes Erarbeiten vorhandener Ergebnisse ("non-value-added processing")	Fehler ("defects")	unnötige Bewegung bzw. Suche nach Informationen aufgrund unzureichender Kommunikation ("excess motion")
SCHUH 2007	Unzureichende Kundenorientierung	Unterbrochener Wertstrom	Ungenutzte Ressourcen	Ungenügende Standards
	Ungenutzte Skaleneffekte	Defekte und Nacharbeiten		
SEHESTED & SONNEBERG 2011	Produktverschwendung bzw. Over-Engineering		Prozessverschwendung bzw. Ausführen unnötiger Arbeitsschritte	
WANG et al. 2011	Warten	Transport und unnötiges Umformieren bzw. Übergabe von Aktivitäten ("transportation / hand-off")	unnötige Bewegung und Suche nach Informationen ("motion")	Überproduktion bzw. unnötige Ergebnisse
	Fehler und Korrekturen ("defects")	Wiedererfinden ("re-invention")	Überbearbeitung bzw. Umsetzen unnötiger Anforderungen ("over-processing")	Übermäßige Informationsmengen ("inventory")

WARD 2007	Waiting	Unterbrechungen des Informationsflusses ("scatter")	Kommunikationsbarrieren, unzureichende Werkzeuge ("communication barriers, poor tools")	Übergabe von Tätigkeiten ("hand-off")
	Unnütze Informationen ("useless information")	Infundierte Entscheidungen ("wishful thinking - making decisions without data")	Versuche zur Erfüllung der Spezifikationen ("testing to specifications")	Ungenutztes Wissen ("discarded knowledge")
WOMACK & JONES 2003	Warten von Personen ("waiting of people")	Überproduktion ("overproduction")	Überbearbeitung ("overprocessing")	Transport von Waren ("transport of goods")
	Bewegung von Mitarbeiter / -innen ("movement of employees")	Bestand ("inventory")	Nicht die Kundenbedürfnisse erfüllenden Waren und Dienstleistungen ("goods and services not meeting the needs of the customer")	Korrekturen ("mistakes to rectify")

7.7 Einflussmodell

7.7.1 Metamodell des Einflussmodells (SU-MDM)

SU-MDM		Symptome			Ursachen		
		S1	S...	Sn	U1	U...	Un
Symptome	S1						
	S...	S-DSM			SU-DMM		
	Sn						
Ursachen	U1						
	U...				U-DSM		
	Un						

7.7.2 Symptom und Ursachen DMM (SU-DMM)

Ursachen fehlender Leistung			Ziele			Projektmanagement				
Einflussmodell			Ungeeignete Unternehmensstrategie	Ungeeignete Produktstrategie	Ungeeignete Projektstrategie	Unzureichende Multiprojektbetrachtung	Unzureichende Planung	Unzureichende Projektnachverfolgung	Unzureichende Leistungsmessung	Unzureichende Ressourcennutzung
			Symptome fehlender Leistung							
Verzögerungen	S1	An bestimmten Stelle treten regelmäßig Verzögerungen auf.	■	■	■	■	■	■	■	■
	S2	Bei bestimmten Prozessschritten muss man auf die Ergebnisse der vorherigen warten.	■		■		■			■
	S3	Innerhalb bestimmter Organisationseinheiten treten Verzögerungen auf.								■
	S4	Bei der Interaktion bestimmter organisatorischer Einheiten treten Verzögerungen auf.	■				■	■	■	■
	S5	Der zeitliche Aufwand für die Entwicklerinnen und Entwickler, sich ein Bild vom aktuellen Status eines Projekts zu machen, ist hoch.								
	S6	Der zeitliche Aufwand für Personen in Leitungsfunktionen, sich ein Bild vom aktuellen Status eines Projekts zu machen, ist hoch.								■
	S7	Es entstehen Verzögerungen durch das Warten auf nicht verfügbare Informationen.					■			
	S8	Es entstehen Verzögerungen durch fehlende Kenntnis über die Aktualität oder Gültigkeit von Informationen.								
Unterbrechungen	S9	Geplante Tätigkeiten werden gestört.		■	■	■				
	S10	Geplante Arbeitsabläufe werden in einem bestimmten Umfang und mit einer bestimmten Häufigkeit gestört.								
	S11	a) Es treten Störungen durch Anfragen aus der Fertigung auf.								
	S12	b) Es treten Störungen durch Anfragen aus dem Vertrieb auf.								■
	S13	c) Es treten Störungen durch andere Störungen und durch ungeplante Tätigkeiten auf. (z. B. Unterbrechungen durch ineffiziente Besprechungen)						■	■	■
	S14	Eine bestimmte Anzahl an Tätigkeiten muss ungeplant parallel erledigt werden.		■		■		■		
S15	Bestimmte (Zwischen-) Ergebnisse müssen ungeplant zur gleichen Zeit erarbeitet werden.						■			
Überbearbeitung	S16	Bestimmte (Zwischen-) Ergebnisse werden bis zu einem unnötig hohem Detailgrad erarbeitet.							■	
	S17	Der Detailgrad von bestimmten (Zwischen-) Ergebnissen ist nicht in jedem Fall erforderlich (aus Prozesssicht und Kundensicht).								
	S18	Vorgaben oder Richtlinien für den zu erzeugenden Detailgrad aus Prozesssicht und Kundensicht werden nicht auf geeignete Weise definiert.	■	■	■					
	S19	Kundenanforderungen werden übererfüllt (Over-Engineering).	■	■	■					

Ursachen fehlender Leistung		Ziele			Projektmanagement				
Einflussmodell		Ungeeignete Unternehmensstrategie	Ungeeignete Produktstrategie	Ungeeignete Projektstrategie	Unzureichende Multiprojektbeurteilung	Unzureichende Planung	Unzureichende Projektnachverfolgung	Unzureichende Leistungsmessung	Unzureichende Ressourcennutzung
Symptome fehlender Leistung									
Überproduktion	S20	Bestimmte, während des Entwicklungsprozesses erstellte, Dokumente werden nicht weiter genutzt.							
	S21	Es werden während des Entwicklungsprozesses Tätigkeiten durchgeführt, deren Ergebnisse nicht weiter genutzt werden.		■					
	S22	a) Bestimmte Versuchsberichte werden nicht genutzt.							
	S23	b) Bestimmte Zeichnungen werden nicht genutzt.							
	S24	c) Bestimmte Dokumente werden nicht genutzt.		■		■		■	
	S25	Es werden Tätigkeiten durchgeführt, die nicht erforderlich wären.		■	■				
	S26	a) Es werden unnötig weite Wege zurückgelegt.							
	S27	b) Dokumente werden unnötig umformatiert.							
	S28	c) Es werden bestimmte andere unnötige Tätigkeiten durchgeführt, (z. B. Es werden auf bestimmte Art und Weise unnötig viele Dateien bzw. ein unnötig großes Datenvolumen erzeugt.).							
S29	Anforderungen werden zu einem späten Zeitpunkt innerhalb der Projektlaufzeit geändert, so dass bereits erarbeitete Ergebnisse nicht mehr genutzt werden können.	■		■	■				
Mangelnde Wiederverwendung	S30	Welche im Unternehmen vorhandenen (Zwischen-) Ergebnisse werden erneut erarbeitet?							
	S31	Es werden bestimmte im Unternehmen vorhandene (Zwischen-) Ergebnisse nicht wiederverwendet.	■		■				
	S32	a) Bestimmte Zeichnungen werden nicht wiederverwendet.							
	S33	b) Erkenntnisse aus Kundenreklamationen werden nicht wiederverwendet.							
	S34	c) Besprechungsergebnisse werden nicht wiederverwendet.							
S35	d) Bestimmte andere (Zwischen-) Ergebnisse werden nicht wiederverwendet.	■				■		■	
Fehler	S36	Es treten bestimmte Fehler auf.							
	S37	a) Es treten Fehler auf Zeichnungen auf.							
	S38	b) Es treten Fehler bei der Erstellung von Prüfspezifikationen auf.							
	S39	c) Es treten bestimmte andere Fehler auf.					■	■	

Ursachen fehlender Leistung		Prozess							
Einflussmodell		Unzureichende Prozessstandards	Unzureichend definierte Prozesse	Unzureichende Prozesseinhaltung	Unzureichende Vorgehensanweisungen	Unzureichend definierte Methoden	Unzureichende Reflexion und Analyse	Unzureichende Prozessweiterentwicklung	Unzureichende Entscheidungsprozesse
Symptome fehlender Leistung									
Überproduktion	S20	Bestimmte, während des Entwicklungsprozesses erstellte, Dokumente werden nicht weiter genutzt.							
	S21	Es werden während des Entwicklungsprozesses Tätigkeiten durchgeführt, deren Ergebnisse nicht weiter genutzt werden.							
	S22	a) Bestimmte Versuchsberichte werden nicht genutzt.							
	S23	b) Bestimmte Zeichnungen werden nicht genutzt.							
	S24	c) Bestimmte Dokumente werden nicht genutzt.		■	■	■			
	S25	Es werden Tätigkeiten durchgeführt, die nicht erforderlich wären.							
	S26	a) Es werden unnötig weite Wege zurückgelegt.							
	S27	b) Dokumente werden unnötig umformatiert.		■					
	S28	c) Es werden bestimmte andere unnötige Tätigkeiten durchgeführt, (z. B. Es werden auf bestimmte Art und Weise unnötig viele Dateien bzw. ein unnötig großes Datenvolumen erzeugt.).							
S29	Anforderungen werden zu einem späten Zeitpunkt innerhalb der Projektlaufzeit geändert, so dass bereits erarbeitete Ergebnisse nicht mehr genutzt werden können.							■	
Mangelnde Wiederverwendung	S30	Welche im Unternehmen vorhandenen (Zwischen-) Ergebnisse werden erneut erarbeitet?	■	■	■				
	S31	Es werden bestimmte im Unternehmen vorhandene (Zwischen-) Ergebnisse nicht wiederverwendet.							
	S32	a) Bestimmte Zeichnungen werden nicht wiederverwendet.							
	S33	b) Erkenntnisse aus Kundenreklamationen werden nicht wiederverwendet.							
	S34	c) Besprechungsergebnisse werden nicht wiederverwendet.							
S35	d) Bestimmte andere (Zwischen-) Ergebnisse werden nicht wiederverwendet.	■					■		
Fehler	S36	Es treten bestimmte Fehler auf.							
	S37	a) Es treten Fehler auf Zeichnungen auf.							
	S38	b) Es treten Fehler bei der Erstellung von Prüfspezifikationen auf.							
	S39	c) Es treten bestimmte andere Fehler auf.		■	■			■	■

Ursachen fehlender Leistung		Informationsfluss					
Einflussmodell		Unzureichender Informationsfluss zwischen Projekten	Unzureichender Informationsfluss innerhalb von Projekten	Unzureichender Informationsfluss zwischen Abteilungen	Unzureichende Abbildung der erforderlichen Informationsflüsse	Unzureichende Einhaltung der Informationsflüsse	
Symptome fehlender Leistung							
Verzögerungen	S1	An bestimmten Stelle treten regelmäßig Verzögerungen auf.		■	■	■	■
	S2	Bei bestimmten Prozessschritten muss man auf die Ergebnisse der vorherigen warten.	■		■		
	S3	Innerhalb bestimmter Organisationseinheiten treten Verzögerungen auf.		■	■		
	S4	Bei der Interaktion bestimmter organisatorischer Einheiten treten Verzögerungen auf.		■	■	■	■
	S5	Der zeitliche Aufwand für die Entwicklerinnen und Entwickler, sich ein Bild vom aktuellen Status eines Projekts zu machen, ist hoch.					
	S6	Der zeitliche Aufwand für Personen in Leitungsfunktionen, sich ein Bild vom aktuellen Status eines Projekts zu machen, ist hoch.		■			
	S7	Es entstehen Verzögerungen durch das Warten auf nicht verfügbare Informationen.				■	
	S8	Es entstehen Verzögerungen durch fehlende Kenntnis über die Aktualität oder Gültigkeit von Informationen.					
Unterbrechungen	S9	Geplante Tätigkeiten werden gestört.					
	S10	Geplante Arbeitsabläufe werden in einem bestimmten Umfang und mit einer bestimmten Häufigkeit gestört.					
	S11	a) Es treten Störungen durch Anfragen aus der Fertigung auf.			■		■
	S12	b) Es treten Störungen durch Anfragen aus dem Vertrieb auf.					
	S13	c) Es treten Störungen durch andere Störungen und durch ungeplante Tätigkeiten auf. (z. B. Unterbrechungen durch ineffiziente Besprechungen)	■	■	■	■	
	S14	Eine bestimmte Anzahl an Tätigkeiten muss ungeplant parallel erledigt werden.					
S15	Bestimmte (Zwischen-) Ergebnisse müssen ungeplant zur gleichen Zeit erarbeitet werden.						
Überbearbeitung	S16	Bestimmte (Zwischen-) Ergebnisse werden bis zu einem unnötig hohem Detailgrad erarbeitet.					
	S17	Der Detailgrad von bestimmten (Zwischen-) Ergebnissen ist nicht in jedem Fall erforderlich (aus Prozesssicht und Kundensicht).					
	S18	Vorgaben oder Richtlinien für den zu erzeugenden Detailgrad aus Prozesssicht und Kundensicht werden nicht auf geeignete Weise definiert.					
	S19	Kundenanforderungen werden übererfüllt (Over-Engineering).					

Ursachen fehlender Leistung		Informationsfluss					
Einflussmodell		Unzureichender Informationsfluss zwischen Projekten	Unzureichender Informationsfluss innerhalb von Projekten	Unzureichender Informationsfluss zwischen Abteilungen	Unzureichende Abbildung der erforderlichen Informationsflüsse	Unzureichende Einhaltung der Informationsflüsse	
Symptome fehlender Leistung							
Überproduktion	S20	Bestimmte, während des Entwicklungsprozesses erstellte, Dokumente werden nicht weiter genutzt.					
	S21	Es werden während des Entwicklungsprozesses Tätigkeiten durchgeführt, deren Ergebnisse nicht weiter genutzt werden.		■			
	S22	a) Bestimmte Versuchsberichte werden nicht genutzt.					
	S23	b) Bestimmte Zeichnungen werden nicht genutzt.					
	S24	c) Bestimmte Dokumente werden nicht genutzt.			■		
	S25	Es werden Tätigkeiten durchgeführt, die nicht erforderlich wären.					
	S26	a) Es werden unnötig weite Wege zurückgelegt.					
	S27	b) Dokumente werden unnötig umformatiert.			■		
	S28	c) Es werden bestimmte andere unnötige Tätigkeiten durchgeführt, (z. B. Es werden auf bestimmte Art und Weise unnötig viele Dateien bzw. ein unnötig großes Datenvolumen erzeugt.).					
S29	Anforderungen werden zu einem späten Zeitpunkt innerhalb der Projektlaufzeit geändert, so dass bereits erarbeitete Ergebnisse nicht mehr genutzt werden können.			■			
Mangelnde Wiederverwendung	S30	Welche im Unternehmen vorhandenen (Zwischen-) Ergebnisse werden erneut erarbeitet?	■				
	S31	Es werden bestimmte im Unternehmen vorhandene (Zwischen-) Ergebnisse nicht wiederverwendet.	■				
	S32	a) Bestimmte Zeichnungen werden nicht wiederverwendet.					
	S33	b) Erkenntnisse aus Kundenreklamationen werden nicht wiederverwendet.	■				
	S34	c) Besprechungsergebnisse werden nicht wiederverwendet.					
S35	d) Bestimmte andere (Zwischen-) Ergebnisse werden nicht wiederverwendet.			■			
Fehler	S36	Es treten bestimmte Fehler auf.					
	S37	a) Es treten Fehler auf Zeichnungen auf.					
	S38	b) Es treten Fehler bei der Erstellung von Prüfspezifikationen auf.					
	S39	c) Es treten bestimmte andere Fehler auf.			■		

Ursachen fehlender Leistung		Daten und Dokumentation				Führung				
Einflussmodell		Unzureichende zentrale Datenablage	Unzureichende Struktur der Ablage	Unzureichende Standards zur Dokumentation	Unzureichende Einhaltung der Standards	Unzureichende Vorgehensweisen zur Priorisierung	Ungeeigneter Führungsstil	Unzureichende Förderung / Kompetenzentwicklung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter	Unzureichende Definition und Vergabe von Verantwortlichkeiten (Aufgabenvielfalt / Spezialisierung)	Unzureichendes Fördern des Verständnisses der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
		Symptome fehlender Leistung								
Verzögerungen	S1	An bestimmten Stelle treten regelmäßig Verzögerungen auf.	■	■	■			■	■	■
	S2	Bei bestimmten Prozessschritten muss man auf die Ergebnisse der vorherigen warten.				■				■
	S3	Innerhalb bestimmter Organisationseinheiten treten Verzögerungen auf.								
	S4	Bei der Interaktion bestimmter organisatorischer Einheiten treten Verzögerungen auf.						■		
	S5	Der zeitliche Aufwand für die Entwicklerinnen und Entwickler, sich ein Bild vom aktuellen Status eines Projekts zu machen, ist hoch.			■					
	S6	Der zeitliche Aufwand für Personen in Leitungsfunktionen, sich ein Bild vom aktuellen Status eines Projekts zu machen, ist hoch.	■						■	
	S7	Es entstehen Verzögerungen durch das Warten auf nicht verfügbare Informationen.		■	■	■			■	■
	S8	Es entstehen Verzögerungen durch fehlende Kenntnis über die Aktualität oder Gültigkeit von Informationen.	■						■	
Unterbrechungen	S9	Geplante Tätigkeiten werden gestört.				■			■	
	S10	Geplante Arbeitsabläufe werden in einem bestimmten Umfang und mit einer bestimmten Häufigkeit gestört.								
	S11	a) Es treten Störungen durch Anfragen aus der Fertigung auf.								
	S12	b) Es treten Störungen durch Anfragen aus dem Vertrieb auf.	■						■	
	S13	c) Es treten Störungen durch andere Störungen und durch ungeplante Tätigkeiten auf. (z. B. Unterbrechungen durch ineffiziente Besprechungen)	■		■	■		■	■	■
	S14	Eine bestimmte Anzahl an Tätigkeiten muss ungeplant parrallel erledigt werden.					■		■	■
S15	Bestimmte (Zwischen-) Ergebnisse müssen ungeplant zur gleichen Zeit erarbeitet werden.					■				
Überbearbeitung	S16	Bestimmte (Zwischen-) Ergebnisse werden bis zu einem unnötig hohem Detailgrad erarbeitet.								
	S17	Der Detailgrad von bestimmten (Zwischen-) Ergebnissen ist nicht in jedem Fall erforderlich (aus Prozesssicht und Kundensicht).								
	S18	Vorgaben oder Richtlinien für den zu erzeugenden Detailgrad aus Prozesssicht und Kundensicht werden nicht auf geeignete Weise definiert.								
	S19	Kundenanforderungen werden übererfüllt (Over-Engineering).						■		

Ursachen fehlender Leistung		Mitarbeiter			Werkzeuge					
Einflussmodell		Unzureichende Disziplin	Unzureichendes Bewusstsein / Wissen	Unzureichendes Verständnis / Sensibilität	Ungeeignete / keine Werkzeuge zur Datenablage	Ungeeignete / keine Werkzeuge zur Dokumentation	Ungeeignete / keine Werkzeuge zum Projektmanagement	Ungeeignete / keine Werkzeuge zum Prozessmanagement	Ungeeignete / keine Arbeitsmittel (HW / SW)	
		Symptome fehlender Leistung								
Verzögerungen	S1	An bestimmten Stelle treten regelmäßig Verzögerungen auf.	■	■	■	■		■	■	■
	S2	Bei bestimmten Prozessschritten muss man auf die Ergebnisse der vorherigen warten.	■	■						■
	S3	Innerhalb bestimmter Organisationseinheiten treten Verzögerungen auf.						■		■
	S4	Bei der Interaktion bestimmter organisatorischer Einheiten treten Verzögerungen auf.	■	■						
	S5	Der zeitliche Aufwand für die Entwicklerinnen und Entwickler, sich ein Bild vom aktuellen Status eines Projekts zu machen, ist hoch.		■						
	S6	Der zeitliche Aufwand für Personen in Leitungsfunktionen, sich ein Bild vom aktuellen Status eines Projekts zu machen, ist hoch.						■	■	
	S7	Es entstehen Verzögerungen durch das Warten auf nicht verfügbare Informationen.								■
	S8	Es entstehen Verzögerungen durch fehlende Kenntnis über die Aktualität oder Gültigkeit von Informationen.		■			■			
Unterbrechungen	S9	Geplante Tätigkeiten werden gestört.	■	■	■					
	S10	Geplante Arbeitsabläufe werden in einem bestimmten Umfang und mit einer bestimmten Häufigkeit gestört.								
	S11	a) Es treten Störungen durch Anfragen aus der Fertigung auf.	■			■				
	S12	b) Es treten Störungen durch Anfragen aus dem Vertrieb auf.				■				
	S13	c) Es treten Störungen durch andere Störungen und durch ungeplante Tätigkeiten auf. (z. B. Unterbrechungen durch ineffiziente Besprechungen)	■	■	■			■		■
	S14	Eine bestimmte Anzahl an Tätigkeiten muss ungeplant parrallel erledigt werden.						■	■	■
S15	Bestimmte (Zwischen-) Ergebnisse müssen ungeplant zur gleichen Zeit erarbeitet werden.			■						
Überbearbeitung	S16	Bestimmte (Zwischen-) Ergebnisse werden bis zu einem unnötig hohem Detailgrad erarbeitet.								
	S17	Der Detailgrad von bestimmten (Zwischen-) Ergebnissen ist nicht in jedem Fall erforderlich (aus Prozesssicht und Kundensicht).								
	S18	Vorgaben oder Richtlinien für den zu erzeugenden Detailgrad aus Prozesssicht und Kundensicht werden nicht auf geeignete Weise definiert.								
	S19	Kundenanforderungen werden übererfüllt (Over-Engineering).		■						

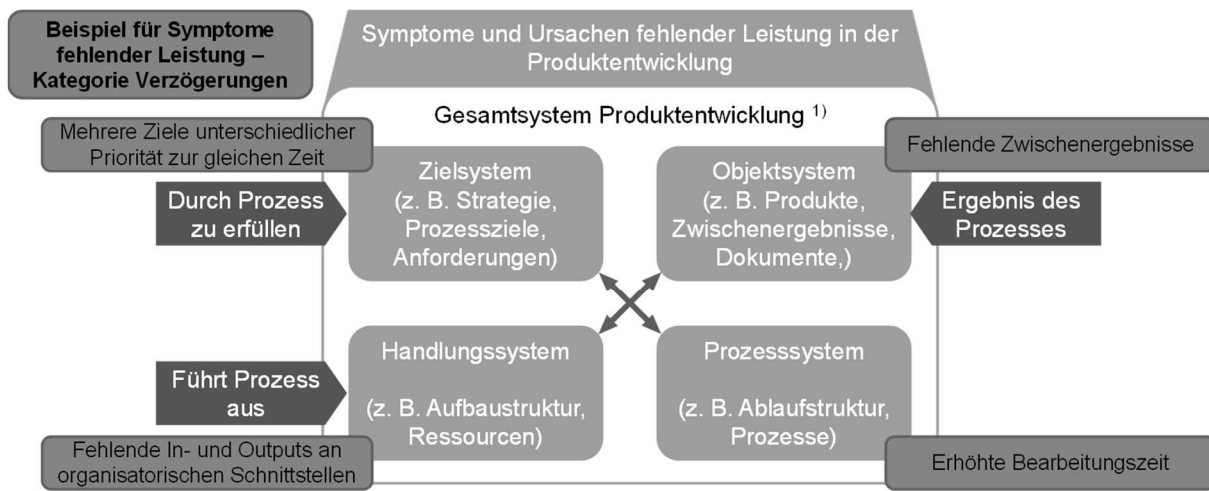
Ursachen fehlender Leistung		Mitarbeiter			Werkzeuge				
Einflussmodell		Unzureichende Disziplin	Unzureichendes Bewusstsein / Wissen	Unzureichendes Verständnis / Sensibilität	Ungeeignete / keine Werkzeuge zur Datenablage	Ungeeignete / keine Werkzeuge zur Dokumentation	Ungeeignete / keine Werkzeuge zum Projektmanagement	Ungeeignete / keine Werkzeuge zum Prozessmanagement	Ungeeignete / keine Arbeitsmittel (HW / SW)
		Symptome fehlender Leistung							
Überproduktion	S20	Bestimmte, während des Entwicklungsprozesses erstellte, Dokumente werden nicht weiter genutzt.		■	■				
	S21	Es werden während des Entwicklungsprozesses Tätigkeiten durchgeführt, deren Ergebnisse nicht weiter genutzt werden.			■				
	S22	a) Bestimmte Versuchsberichte werden nicht genutzt.							
	S23	b) Bestimmte Zeichnungen werden nicht genutzt.							
	S24	c) Bestimmte Dokumente werden nicht genutzt.		■					
	S25	Es werden Tätigkeiten durchgeführt, die nicht erforderlich wären.							
	S26	a) Es werden unnötig weite Wege zurückgelegt.							
	S27	b) Dokumente werden unnötig umformatiert.							
	S28	c) Es werden bestimmte andere unnötige Tätigkeiten durchgeführt, (z. B. Es werden auf bestimmte Art und Weise unnötig viele Dateien bzw. ein unnötig großes Datenvolumen erzeugt.).							■
S29	Anforderungen werden zu einem späten Zeitpunkt innerhalb der Projektlaufzeit geändert, so dass bereits erarbeitete Ergebnisse nicht mehr genutzt werden können.								
Mangelnde Wiederverwendung	S30	Welche im Unternehmen vorhandenen (Zwischen-) Ergebnisse werden erneut erarbeitet?				■	■	■	■
	S31	Es werden bestimmte im Unternehmen vorhandene (Zwischen-) Ergebnisse nicht wiederverwendet.			■				
	S32	a) Bestimmte Zeichnungen werden nicht wiederverwendet.							
	S33	b) Erkenntnisse aus Kundenreklamationen werden nicht wiederverwendet.							
	S34	c) Besprechungsergebnisse werden nicht wiederverwendet.				■	■		
S35	d) Bestimmte andere (Zwischen-) Ergebnisse werden nicht wiederverwendet.		■					■	
Fehler	S36	Es treten bestimmte Fehler auf.							
	S37	a) Es treten Fehler auf Zeichnungen auf.							
	S38	b) Es treten Fehler bei der Erstellung von Prüfspezifikationen auf.							
	S39	c) Es treten bestimmte andere Fehler auf.	■	■				■	■

7.9 SUM-Ansatz – papierbasierter Leitfaden

Schritt	Fragen an Sie	Dokumentation	Ergebnis
1a	Welche Symptome fehlender Leistung treten im Unternehmen auf?	Formular F1	Liste bewerteter Symptome fehlender Leistung
1b	Was ist deren Bedeutung? Geben sie Häufigkeit und Umfang für jedes Symptom an?		
Sie können die Bewertungsskala für die Ursachentragweite an die Randbedingungen Ihres Unternehmens anpassen!			
2a	Welche dieser Ursachen treffen zu? Die Ursachen wurden bei gleichen Symptomen in anderen Unternehmen beobachtet.	Formular F2	Liste bewerteter Symptome fehlender Leistung und deren Ursachen
2b	Welche weiteren Ursachen beobachten Sie?		
2c	Was ist die Tragweite der Ursachen?		
Sie können die Bewertungsskala für die Ursachentragweite an die Randbedingungen Ihres Unternehmens anpassen!			
3a	Ist die Priorisierung für Ihr Unternehmen plausibel? Wie sind die Prioritäten anzupassen?	Formular F2	Liste an Handlungsalternativen priorisiert nach Handlungsbedarf
3b	Ist das Bild stimmig und vollständig? Treten weitere bisher noch nicht betrachtete Symptome und Ursachen auf?		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> Ja → Schritt 4 Nein → Schritt 5 </div>			
4a	Treten weitere Symptome und Ursachen auf? Was ist die Häufigkeit und der Umfang der Symptome? Was ist die Tragweite der Ursachen?	Formular F1 und 2	Liste an Handlungsalternativen priorisiert nach Handlungsbedarf
4b	Ist diese Liste aus Unternehmenssicht plausibel? Wie sollen die Prioritäten angepasst werden?		
5a	Welche Maßnahmen können für die Eliminierung der Ursachen fehlender Leistung im Unternehmen ausgewählt werden?	Formular F2	Priorisierte Handlungsalternativen als Entscheidungsgrundlage für Verbesserungsmaßnahmen
5b	Wie müssen die Maßnahmen angepasst werden? Müssen die Prioritäten angepasst werden?		

Fehlende Leistung im Entwicklungsprozess beobachten

- Fehlende Leistung in Produktentwicklungsprozess kann durch Symptome fehlender Effizienz und Effektivität beobachtet werden. Eine Verzögerung im Prozess ist ein solches Symptom unzureichender Leistung.
- Dieses Symptom ist allerdings nicht nur im Prozess, bzw. der Ablaufstruktur, selbst zu erkennen. Es spiegelt sich auch in den zugrunde gelegten Zielen, im Handlungssystem sowie in den erzeugten Objekten, in Form von Zwischenergebnissen oder den Produkten selbst wider.



1) Siehe auch: Negele, H., Fricke, E., Igenbergs, E.; ZOPH – A Systemic Approach to the Modelling of Product Development Systems. In Proceedings of the 7th International Symposium of INCOSE, 1997.

Ziel 1 – Handlungsbedarf ermitteln

- Ein erstes Ziel dieser Analyse ist es, Symptome unzureichender Leistung im Entwicklungsprozess Ihres Unternehmens und deren wirtschaftliche Bedeutung (Umfang und Häufigkeit) zu dokumentieren.
- Daraus ergibt sich möglicher Handlungsbedarf zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit.

Ziel 2 – Handlungsalternativen ableiten

- Das zweite Ziel ist es, Handlungsalternativen für die Verbesserung der Leistungsfähigkeit abzuleiten.
- Dafür gilt es die Ursachen aller dokumentierten Symptome zu identifizieren.

Abhängig von diesen Ursachen unzureichender Leistung werden Handlungsalternativen vorgeschlagen; priorisiert nach dem zuvor aufgedeckten Handlungsbedarf.

Schritt 1 – Symptome unzureichender Leistung

- Bitte nehmen Sie Formular F1 (Anhang 7.9.1) zur Hand.

Dieses Formular dient der Ermittlung der Symptome unzureichender Leistung im ersten Schritt. Alternativ können Sie direkt in Formular F2 (Anhang 7.9.2) arbeiten, das für alle weiteren Schritte genutzt wird und deutlich umfangreicher ist. Demnach bietet Formular F1 den Vorteil, dass die Inhalte des ersten Schrittes kompakt dargestellt sind.

Schritt 1a – Welche Symptome unzureichender Leistung treten in Ihrem Unternehmen auf?

In Formular F1 finden Sie Fragen zu möglichen Symptomen unzureichender Leistung in unterschiedlichen Kategorien. (Sie können auch direkt in Formular F2 arbeiten.)

- Bitte halten Sie fest, welche Symptome in Ihrem Unternehmen auftreten und wie sie in Ihrem Unternehmen spezifisch ausgeprägt sind.

Schritt 1b – Was ist die Bedeutung der Symptome unzureichender Leistung?

- Bitte Geben Sie Häufigkeit und Umfang für jedes Symptom an und nutzen Sie dabei die untenstehende Bewertungsskala (gering - mittel – hoch – sehr hoch bzw. 1 bis 4).
- Bitte tragen Sie die Werte in Formular F1 ein.

Die untenstehende Tabelle enthält einen Vorschlag für qualitative Ausprägungen der Skalenergebnisse. Diese Ausprägungen können Sie bei Bedarf durch unternehmensspezifische Größen ersetzen. Sie können z. B. numerische Werte vorsehen.

Bewertungsskala – Symptome unzureichender Leistung

	1	2	3	4
	Gering	Mittel	Hoch	Sehr hoch
Häufigkeit	Einmal pro Monat und seltener	Zu definierten Meilensteinen, einmal pro Woche	Täglich	Mehrmals täglich
	Benutzerdefiniert:	Benutzerdefiniert:	Benutzerdefiniert:	Benutzerdefiniert:
	1	2	3	4
	Gering	Mittel	Hoch	Sehr hoch
Umfang	Minuten	Stunden, ein Tag	Tage	Wochen
	Benutzerdefiniert:	Benutzerdefiniert:	Benutzerdefiniert:	Benutzerdefiniert:

Beispiel

Symptom der Kategorie	Unternehmensspezifische Ausprägung:	Häufigkeit	Umfang
Verzögerungen	Verzögerungen durch fehlende Unterschriften des Vorgesetzten	Mittel, immer bei Design Reviews	Hoch, kostet mich zwei Tage

Haben Sie eine hohe Anzahl an Symptomen identifiziert?

Um die Symptome für das weitere Vorgehen zu priorisieren und die weitere Betrachtung ggf. auf die bedeutendsten Symptome einzuschränken, können Sie die Hinweise zur Interpretation der Symptombewertung in Schritt 3 nutzen.

Schritt 2 – Ursachen der Symptome unzureichender Leistung

- Bitte nehmen Sie Formular F2 (Anhang 7.9.2) zur Hand. Sie können die Ergebnisse aus Formular F1 (Anhang 7.9.1) ggf. komplett übertragen oder die Indizes der Symptome S1 bis S47 für Verweise nutzen.

Schritt 2a – Welche dieser Ursachen treffen zu?

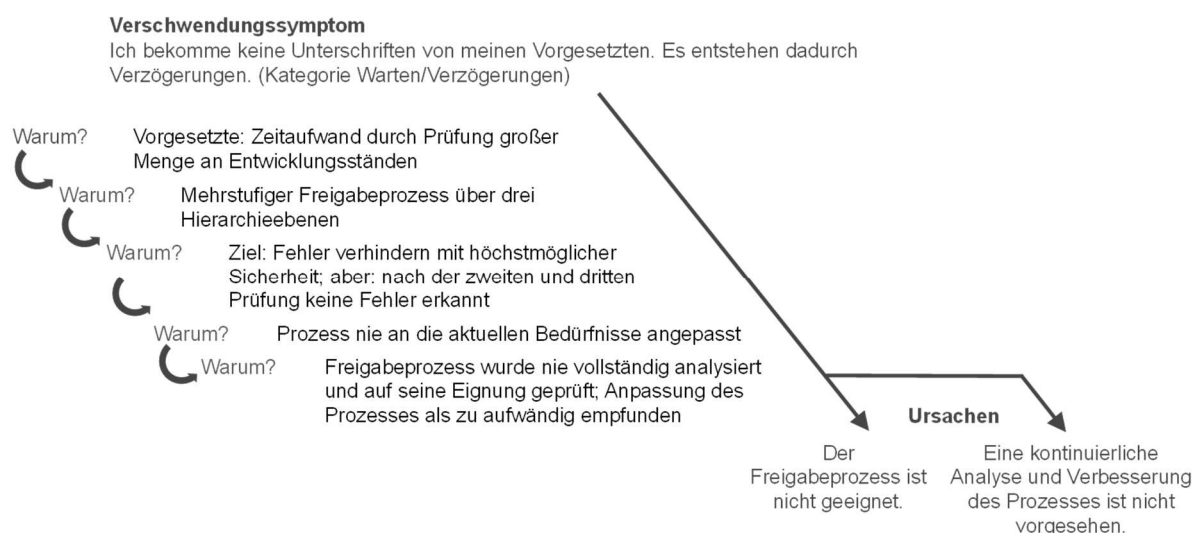
- Bitte nehmen Sie das Einflussmodell zur Hand (siehe Ausschnitt im Bild). Im Einflussmodell ist dokumentiert, welche Ursachen bei gleichen Symptomen in anderen Unternehmen beobachtet wurden.
- Prüfen Sie im Einflussmodell für jedes in Formular F1 dokumentierte Symptom, welche der in anderen Unternehmen für das Symptom beobachteten Ursachen in Ihrem konkreten Fall ebenfalls zutreffen.
- Bitte tragen Sie die Ursachenkategorien in der Kopfzeile von Formular F2 ein.
- Bitte erläutern Sie die unternehmensspezifische Ausprägung der Ursache jedes Symptoms in dessen Zeile.

Ursachen fehlender Leistung			Ziele		
Einflussmodell			Ungeeignete Unternehmensstrategie	Ungeeignete Produktstrategie	Ungeeignete Projektstrategie
Symptome fehlender Leistung					
Verzögerungen	S1	An bestimmten Stelle treten regelmäßig Verzögerungen auf.	■	■	■
	S2	Bei bestimmten Prozessschritten muss man auf die Ergebnisse der vorherigen warten.	■		■
	S3	Innerhalb bestimmter Organisationseinheiten treten Verzögerungen auf.			
	S4	Bei der Interaktion bestimmter organisatorischer Einheiten treten Verzögerungen auf.	■		

Schritt 2b – Welche weiteren Ursachen beobachten Sie?

Treffen keine der bisher beobachteten Ursachen für Ihren Fall zu?

Sie können die Ursache anhand der Methode des Fünf-Mal-Warum-Fragens (OHNO 2009) ermitteln, die aus der Lean Production bekannt ist. Es wird zunächst die Frage gestellt, warum ein bestimmtes Symptom auftritt. Die Antwort wird erneut bezüglich ihres Ursprungs hinterfragt. Dieses Frage-Antwort-Spiel wird so lange fortgeführt bis die zugrundeliegende Ursache ermittelt ist. Im Bild unten ist ein Beispiel dargestellt (LINDEMANN 2012b). Es ist wiederum wichtig, dass die so hergeleitete Ursache für die weiteren Schritte treffend ausgedrückt festgehalten wird.



- Bitte tragen Sie die ermittelten Ursachen in die Kopfzeile von Formular F2 ein.
- Bitte erläutern Sie die unternehmensspezifische Ausprägung der Ursache jedes Symptoms in dessen Zeile.

Schritt 2c – Welche Tragweite haben die Ursachen

- Bitte geben Sie die Tragweite für jede unternehmensspezifische Ursache an und nutzen Sie dabei die untenstehende Bewertungsskala (gering - mittel – hoch – sehr hoch bzw. 1 bis 4). Bitte tragen Sie die Werte in Formular F2 ein.

Die untenstehende Tabelle enthält einen Vorschlag für qualitative Ausprägungen der Skalenergebnisse. Diese Ausprägungen können Sie bei Bedarf durch unternehmensspezifische Größen ersetzen. Sie können z. B. numerische Werte vorsehen.

Bewertungsskala – Ursachen unzureichender Leistung

	1	2	3	4
	Gering	Mittel	Hoch	Sehr hoch
Tragweite	Einzelne Mitarbeiter	Gesamte Abteilung	Abteilungsübergreifend	Unternehmen, Kunde
	Benutzerdefiniert:	Benutzerdefiniert:	Benutzerdefiniert:	Benutzerdefiniert:

Beispiel

Ursache – Daten und Dokumentation	Unternehmensspezifische Ausprägung: Erzeugte Lösungen werden nicht für alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zugänglich archiviert.	Tragweite hoch betrifft mehrere Abteilungen
--	---	--

Schritt 3 – Interpretation der Bewertung und Priorisierung von Symptomen unzureichender Leistung sowie deren Ursachen

Das Bild und die nachfolgende Tabelle zeigen wie die Bewertung der Symptome unzureichender Leistung mit deren Umfang und Häufigkeit erfolgen. Die wirtschaftliche **Bedeutung** der Symptome unzureichender Leistung lässt sich so abschätzen und der Handlungsbedarf zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit der Entwicklungsprozesse herleiten.

Häufigkeit	Sehr hoch	Signifikant	Kritisch	Sehr Kritisch	Sehr Kritisch
	Hoch	Signifikant	Kritisch	Sehr Kritisch	Sehr Kritisch
	Mittel	Gering Signifikant	Signifikant	Kritisch	Kritisch
	Gering	Gering Signifikant	Gering Signifikant	Signifikant	Signifikant
		Gering	Mittel	Hoch	Sehr hoch
		Umfang			

Symptom gering signifikant	Symptom signifikant	Symptom kritisch	Symptom sehr kritisch
Geringe wirtschaftliche Bedeutung, evtl. hoher Einfluss auf Motivation einzelner Personen	Moderate wirtschaftliche Bedeutung, evtl. bei hoher Häufigkeit hoher Einfluss auf Motivation einzelner Personen	Maßgebliche wirtschaftliche Bedeutung	Entscheidende wirtschaftliche Bedeutung

Die **Kritikalität** der Ursachen unzureichender Leistung, also deren potenzieller Eliminierungsaufwand, lässt sich, wie in der folgenden Tabelle dargestellt ist, abschätzen.

Geringe Tragweite	Mittlere Tragweite	Hohe Tragweite	Sehr hohe Tragweite
Ursache nicht kritisch	Ursache gering kritisch	Ursache kritisch	Ursache sehr kritisch
Potenziell geringer Aufwand bei der Eliminierung, Quick Wins	Potenziell begrenzter Eliminierungsaufwand, wenig komplexe Maßnahmen	Maßgeblicher Eliminierungsaufwand, hohe Anzahl betroffener Personen	Sehr hoher Eliminierungsaufwand, sehr hohe Anzahl betroffener Personen

Schritt 3a – Ist die Priorisierung für Ihr Unternehmen plausibel? Wie sind die Prioritäten anzupassen?

Zunächst sind die Einzelbewertungen von Symptomen und Ursachen zu einer Priorisierung von Handlungsalternativen zusammenzuführen.

- Bitte ermitteln Sie das **Potenzial einer einzelnen Ursache**: Berechnen Sie die Anzahl der verursachten Symptome pro Ursache und tragen Sie diese im unteren Teil von Formular F2 ein.

Je mehr Symptome eine Ursache zur Folge hat, desto höher ist der potenzielle wirtschaftliche Erfolg, der durch die Eliminierung eben dieser Ursache erzielt werden kann.

- Bitte ermitteln Sie den erforderlichen **Aufwand, um einzelne Symptome auszuräumen**: Berechnen Sie die Anzahl der Ursachen pro Symptom und tragen Sie diese im unteren Teil von Formular F2 ein.

Je höher die Anzahl der zugrunde liegenden Ursachen ist, desto mehr Ursachen müssen zum Ausräumen dieses Symptoms eliminiert werden.

Bitte bestimmen Sie die Ursachen mit dem höchsten Potenzial:

- Bilden Sie für jede Ursache den Mittelwert der angegebenen Tragweiten (Tragweite einer Ursache kann sich für verschiedene Symptome unterscheiden) und tragen Sie ihn in den unteren Teil von Formular F2 ein.

- Bitte summieren Sie für jedes Symptom unzureichender Leistung die Werte (zwischen 1 und 4) von Umfang und Häufigkeit zu einer Gesamtbewertung und tragen Sie diese ganz rechts in Formular F2 ein.
- Summieren Sie für jede Ursache die Gesamtbewertung aller bewirkten Symptome und tragen Sie die Summe in den unteren Teil von Formular F2 ein.
- Dividieren Sie die Summe der Symptombewertungen durch den Mittelwert der Tragweite dieser Ursache.

Je höher der resultierende Wert ist, desto höher ist die Priorität diese Ursache zu eliminieren: Nicht bzw. gering kritische Ursachen mit einer geringen Tragweite, die eine hohe Anzahl an kritischen oder Symptomen mit hoher wirtschaftlicher Bedeutung verursacht haben, verfügen über das höchste Potenzial. Eliminiert man eine solche Ursache ist es mit möglicherweise begrenztem Aufwand möglich, eine hohe Anzahl an bedeutenden Symptomen unzureichender Leistung auszuräumen. Ziehen Sie für die Priorisierung auch den zuvor ermittelten Aufwand einzelne Symptome auszuräumen mit ein.

Basierend auf der so ermittelten Rangfolge der Handlungsbedarfe, können im nächsten Schritt Maßnahmen zur Eliminierung der Ursachen ausgewählt werden.

Falls Sie eine hohe Anzahl an Ursachen identifiziert haben, können Sie die Ergebnisse der Priorisierung auch nutzen, um die weitere Bearbeitung auf die bedeutendsten Ursachen zu fokussieren.

Schritt 3b – Ist das Bild stimmig und vollständig?

Treten weitere, bisher noch nicht betrachtete, Symptome und Ursachen auf?

- Falls ja, gehen Sie bitte weiter zu Schritt 4.
- Falls nein, können Sie direkt in Schritt 5 mit der Maßnahmenauswahl fortfahren.

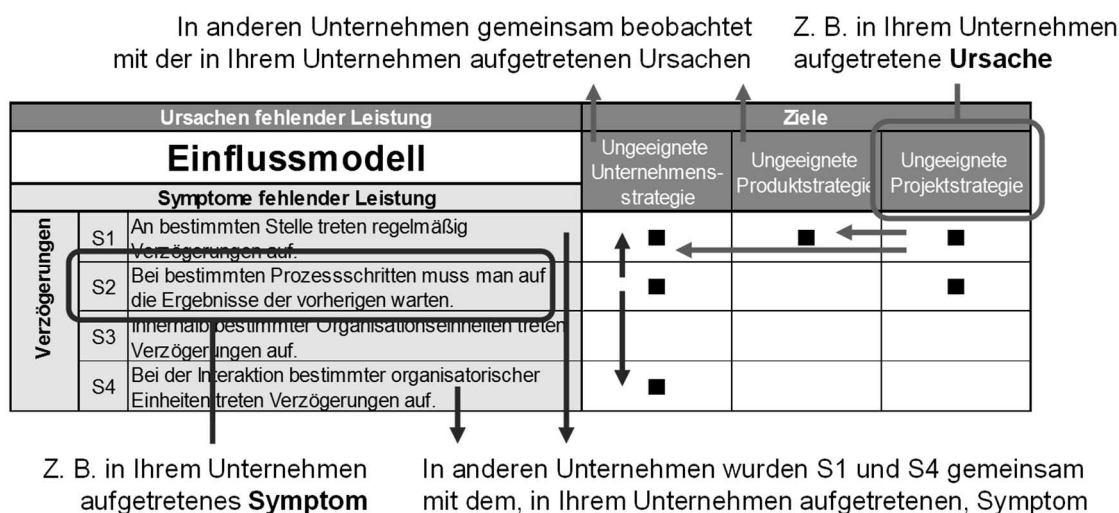
Schritt 4 – Iteration

Dieser Schritt soll sicherstellen, dass bei der Analyse der Leistungsfähigkeit ein ganzheitliches und vollständiges Ergebnis erzielt wird.

Schritt 4a – Treten weitere Symptome und Ursachen auf?

Bitte nutzen Sie das Einflussmodell als Anhaltspunkt zur Erkennung von möglichen Symptomen und Ursachen unzureichender Leistung, die bisher in der Analyse nicht erfasst wurden. Im Einflussmodell können Sie nachvollziehen:

- Welche weiteren Ursachen bei gleichen Symptomen in anderen Unternehmen beobachtet,
- Welche weiteren Symptome durch eine Ursache bewirkt worden sind.



- Bitte tragen Sie alle neuen Symptome bzw. Ursachen in Formular F2 ein und bewerten Sie diese nach deren Häufigkeit und Umfang bzw. Tragweite.

Schritt 4b – Sind die bisherigen Ergebnisse und die erarbeitete Rangfolge aus Unternehmenssicht plausibel? Wie sollen die Prioritäten angepasst werden?

- Bitte führen Sie die Priorisierung nach Schritt 3 für die neu hinzugefügten Symptome und Ursachen unzureichender Leistung durch.
- Bitte betrachten Sie die bisherigen Ergebnisse: Erscheint Ihnen die gebildete Rangfolge der Priorisierung plausibel? Falls nein, bitte ändern Sie die Rangfolge entsprechend Ihrer Erfahrung im Unternehmen.

Schritt 5 – Maßnahmenauswahl

Schritt 5a – Welche Maßnahmen können für die Eliminierung der Ursachen unzureichender Leistung im Unternehmen ausgewählt werden?

- Bitte nutzen Sie die Maßnahmenmatrix und den Maßnahmenkatalog (Anhang 1.1), um für jede Ursache mögliche Verbesserungs- bzw. Gegenmaßnahmen auszuwählen.
- Bitte tragen Sie die ausgewählten Maßnahmen in den unteren Teil von Formular F2 (Anhang 7.9.2) ein.

Es kann unterschieden werden zwischen:

- Punktuellen Maßnahmen, die isoliert innerhalb nur einer Abteilung umgesetzt werden können; z. B. Einführung einer Dokumentenvorlage für die abteilungsinterne Nutzung)
- Umfassenden Maßnahmen, die nur abteilungsübergreifend bzw. im gesamten Unternehmen umzusetzen sind; z. B. Neudefinition des Prozesses für konstruktive Änderungen

Schritt 5b – Wie müssen die Maßnahmen angepasst werden? Muss die erarbeitete Priorisierung angepasst werden?

Lassen sich die Maßnahmen direkt in Ihrem Unternehmen einsetzen? Bestehen bestimmte Randbedingungen in Ihrem Unternehmen, die eine Anpassung der Maßnahme erfordern?

Wer muss für die Umsetzung der Maßnahme mit herangezogen werden? Wie werden im Unternehmen Verbesserungsmaßnahmen organisiert? Gibt es dafür einen definierten Verbesserungsprozess?

- Sie haben die Möglichkeit einige Stichpunkte dazu unten in Formular F2 einzutragen.

Sie haben sich nun Gedanken dazu gemacht, welche Maßnahmen für die Eliminierung der erkannten Ursachen unzureichender Leistung eingesetzt werden können.

- Bitte betrachten Sie nun noch einmal die Priorisierung der Ursachen unzureichender Leistung.

Spiegelt die Rangfolge eine mögliche Reihenfolge für die Maßnahmenumsetzung wider? Bedingen die ausgewählten Maßnahmen eine andere Reihenfolge?

- Bitte passen Sie die Rangfolge der Priorisierung ggf. an.

Abschluss

Mit dem Ausfüllen von Formular F2 haben Sie eine Momentaufnahme über die Verbesserungspotenziale im Entwicklungsprozess Ihres Unternehmens (Symptome unzureichender Leistung) und deren Ursachen erstellt. Durch die Priorisierung und Auswahl von Maßnahmen zur Eliminierung aller Ursachen, haben Sie eine Liste an Handlungsmöglichkeiten mit Hinweisen zur zeitlichen Umsetzungsreihenfolge erarbeitet.

7.9.1 SUM-Ansatz – Formblatt F1

F1	Ermitteln Sie Verbesserungspotenziale im Entwicklungsprozess - Symptome fehlender Leistung			
Verzögerungen - Diese Kategorie steht für das Warten auf Informationen. Verzögerungen können zu dem durch fehlendes Wissen zum aktuellen Stand von Informationen und fehlender Zugänglichkeit bzw. hohem Aufwand zur Erlangung von Informationen entstehen.		Ja tritt auf / Beschreibung	Umfang	Häufigkeit
S1	An welcher Stelle treten regelmäßig Verzögerungen auf?			
S2	Bei welchen Prozessschritten muss man auf die Ergebnisse der vorherigen warten?			
S3	Innerhalb welcher Organisationseinheiten treten Verzögerungen auf?			
S4	Bei der Interaktion welcher organisatorischen Einheiten treten Verzögerungen auf?			
S5	Wie hoch ist der zeitliche Aufwand für die Entwicklerinnen und Entwickler, sich ein Bild vom aktuellen Status eines Projekts zu machen?			
S6	Wie hoch ist der zeitliche Aufwand für Personen in Leitungsfunktionen, sich ein Bild vom aktuellen Status eines Projekts zu machen?			
S7	Welche Verzögerungen entstehen durch das Warten auf nicht verfügbare Informationen?			
S8	Welche Verzögerungen entstehen durch fehlende Kenntnis über die Aktualität oder Gültigkeit von Informationen?			
S9	Treten sonstige Verzögerungen auf?			
Unterbrechungen - Ungewollte Unterbrechungen von geplanten Tätigkeiten und der dadurch immer wieder entstehende Aufwand, um neu ins Thema zu finden, stellen eine weitere Kategorie von Symptomen fehlender Leistung dar.		Ja tritt auf / Beschreibung	Umfang	Häufigkeit
S10	Können geplante Tätigkeiten ungestört durchgeführt werden? Wenn nein, welche Störungen treten auf?			
S11	In welchem Umfang und mit welcher Häufigkeit treten Störungen von geplanten Arbeitsabläufen auf?			
S12	a) Störungen durch Anfragen aus der Fertigung			
S13	b) Störungen durch Anfragen aus dem Vertrieb			
S14	c) Andere Störungen durch ungeplante Tätigkeiten			
S15	Wie viele Tätigkeiten werden ungeplant parallel erledigt?			
S16	Welche (Zwischen-) Ergebnisse werden ungeplant zur gleichen Zeit erarbeitet?			
S17	In welchem Umfang werden die geplanten Tätigkeiten durch ineffiziente Besprechungen unterbrochen? Wie äußert sich die Ineffizienz (z. B. durch ungeeigneten Teilnehmerkreis oder fehlende Agenda)?			
S18	Treten sonstige Unterbrechungen auf?			
Überbearbeitung - Diese Kategorie steht für das Erzeugen einer unnötig hohen Detailtiefe in (Zwischen-) Ergebnissen, sowie der Umsetzung unnötiger oder zu hoher Anforderungen (Over-Engineering). Überbearbeitung bezieht sich also auf das Ergebnis von Entwicklungstätigkeiten.		Ja tritt auf / Beschreibung	Umfang	Häufigkeit
S19	Welche (Zwischen-) Ergebnisse werden bis zu einem unnötig hohen Detailgrad erarbeitet?			
S20	Bis zu welchem Detailgrad werden (Zwischen-) Ergebnisse erarbeitet? Ist dieser Detailgrad in jedem Fall erforderlich (aus Prozesssicht und Kundensicht)?			
S21	Wie werden Vorgaben oder Richtlinien für den zu erzeugenden Detailgrad aus Prozesssicht und Kundensicht definiert?			
S22	In welchem Maße werden Kundenanforderungen übererfüllt (Over-Engineering)?			
S23	Tritt sonstige Überbearbeitung auf?			
Überproduktion - Diese Kategorie steht für die Durchführung unnötiger Tätigkeiten, sowie das Erzeugen unnötiger (Zwischen-) Ergebnisse. Überproduktion bezieht sich somit auf die Entwicklungstätigkeiten selbst.		Ja tritt auf / Beschreibung	Umfang	Häufigkeit
S24	Werden während des Entwicklungsprozesses Dokumente erstellt, die nicht weiter genutzt werden? Wenn ja, welche?			
S25	Werden während des Entwicklungsprozesses Tätigkeiten durchgeführt deren Ergebnisse nicht weiter genutzt werden? Wenn ja, welche?			
S26	a) Nicht genutzte Versuchsberichte			
S27	b) Nicht genutzte Zeichnungen			
S28	c) Andere nicht genutzte Dokumente			
S29	Werden Tätigkeiten durchgeführt, die nicht erforderlich wären? Wenn ja, welche?			
S30	a) Unnötig weite Wege zurückgelegt			
S31	b) Dokumente unnötig umformatiert			
S32	c) Andere unnötige Tätigkeiten			
S33	Werden Anforderungen zu einem späten Zeitpunkt innerhalb der Projeklaufzeit geändert, so dass bereits erarbeitete Ergebnisse nicht mehr genutzt werden können?			
S34	In welcher Form werden unnötig viele Dateien bzw. ein unnötig großes Datenvolumen erzeugt?			
S35	Tritt sonstige Überproduktion auf?			
Mangelnde Wiederverwendung - Diese Kategorie steht für eine fehlende Wiederverwendung von im Unternehmen vorhandenen (Zwischen-) Ergebnissen, z. B. in Form von Bauteilen oder Dokumenten.		Ja tritt auf / Beschreibung	Umfang	Häufigkeit
S36	Welche im Unternehmen vorhandenen (Zwischen-) Ergebnisse werden erneut erarbeitet?			
S37	Welche im Unternehmen vorhandenen (Zwischen-) Ergebnisse werden nicht wiederverwendet?			
S38	a) Keine Wiederverwendung von Zeichnungen			
S39	b) Keine Wiederverwendung von Erkenntnissen aus Kundenreklamationen			
S40	c) Keine Wiederverwendung von Besprechungsergebnissen			
S41	d) Andere (Zwischen-) Ergebnisse			
S42	Tritt ein sonstiger Mangel an Wiederverwendung auf?			
Fehler - Die Kategorie Fehler steht für das Erzeugen fehlerhafter (Zwischen-) Ergebnisse, wie Informationen oder Dokumente.		Ja tritt auf / Beschreibung	Umfang	Häufigkeit
S43	Welche Fehler treten auf?			
S44	a) Fehler auf Zeichnungen			
S45	b) Fehler bei der Erstellung von Prüfspezifikationen			
S46	c) Andere Fehler			
S47	Treten sonstige Fehler auf?			

F2	Ermitteln Sie Handlungsbedarf im Entwicklungsprozess - Symptome und Ursachen fehlender Leistung!	Ursache 1 Kategorie / Beschreibung	Tragweite U1	Ursache 2 Kategorie / Beschreibung	Tragweite U2	Summe Ursachen pro Symptom fehlender Leistung	Bewertung je Symptom (Summe aus Umfang und Häufigkeit)	Interpretation	
									Beispiel: Kat./Ziele / Strategie: ungeeignete Produktstrategie
Mangelnde Wiederverwendung - Diese Kategorie steht für eine fehlende Wiederverwendung von im Unternehmen vorhandenen (Zwischen-) Ergebnissen, z. B. in Form von Bauteilen oder Dokumenten.									
S36	Welche im Unternehmen vorhandenen (Zwischen-) Ergebnisse werden erneut erarbeitet?	Ja tritt auf / Beschreibung	Umfang	Häufigkeit					
S37	Es werden bestimmte im Unternehmen vorhandenen (Zwischen-) Ergebnisse nicht wiederverwendet.								
S38	a) Bestimmte Zeichnungen werden nicht wiederverwendet.								
S39	b) Erkenntnisse aus Kundenreklamationen werden nicht wiederverwendet.								
S40	c) Besprechungsergebnisse werden nicht wiederverwendet.								
S41	d) Bestimmte andere (Zwischen-) Ergebnisse werden nicht wiederverwendet.								
S42	Sonstige Symptome fehlender Leistung der Kategorie Mangelnde Wiederverwendung treten auf.								
Fehler - Die Kategorie Fehler steht für das Erzeugen fehlerhafter (Zwischen-) Ergebnisse, wie Informationen oder Dokumente.									
S43	Es treten bestimmte Fehler auf.	Ja tritt auf / Beschreibung	Umfang	Häufigkeit					
S44	a) Es treten Fehler auf Zeichnungen auf.								
S45	b) Es treten Fehler bei der Erstellung von Prüfspezifikationen auf.								
S46	c) Es treten bestimmte andere Fehler auf.								
S47	Sonstige Symptome fehlender Leistung der Kategorie Fehler treten auf.								
Summe verursachter Symptome fehlender Leistung Mittelwert der Tragweiten für jede Ursache Summe Bedeutung aller verursachten Symptome fehlender Leistung je Ursache						1			
Priorität: je höher der Wert desto höher ist das Potenzial der Ursache ist die Priorisierung aus Ihrer Sicht plausibel?						4			
Passen Sie bitte ggf. die Rangfolge an. Sie können hier alternative Werte eintragen						1,25			

Wählen Sie Gegen- bzw. Verbesserungsmaßnahmen zur Eliminierung der Ursachen aus!		Nr.	Maßnahme 1	Maßnahme 2
Gibt es für die Maßnahme Anpassungs- bzw. Ausarbeitungsbedarf?				
Randbedingungen: Welche sind erforderlich? Welche müssen geschaffen werden?				

7.9.3 SUM-Ansatz – Kurzbeschreibung Symptome unzureichender Leistung

Verzögerungen

Diese Kategorie steht für das Warten auf Informationen. Verzögerungen können zu dem durch fehlendes Wissen zum aktuellen Stand von Informationen und fehlender Zugänglichkeit bzw. hohem Aufwand zur Erlangung von Informationen entstehen.

Ordnet man die Kategorie Verzögerungen in das System Produktentwicklung ein, so lassen sich die Auswirkungen des Symptoms Verzögerungen im **Prozesssystem** beobachten. Hier werden Verzögerungen durch eine längere Bearbeitungszeit bzw. die fehlende Möglichkeit zur Bearbeitung an den Schnittstellen zwischen Prozessschritten oder innerhalb eines Prozessschrittes deutlich. Aus der Sicht des **Zielsystems** bedeuten Verzögerungen mehrere unterschiedliche Zielsetzungen unterschiedlicher Priorität zur gleichen Zeit. Im **Handlungssystem** sind Verzögerungen an den Schnittstellen zwischen organisatorischen Einheiten, anhand des Fehlens von Ein- und Ausgangsinformationen für und von Tätigkeiten und bei der Informationsübergabe innerhalb von und über organisatorische Einheiten (Personen, Teams, Abteilungen, Entwicklungsstandorte) hinweg erkennbar. Schließlich drückt sich die Kategorie im **Objektsystem** durch das Nicht-Vorhandensein von aktuellen oder gültigen Informationen bzw. (Zwischen-) Ergebnissen aus.

Unterbrechungen

Ungewollte Unterbrechungen von geplanten Tätigkeiten und der dadurch immer wieder entstehende Aufwand, um neu ins Thema zu finden, stellen eine weitere Kategorie von Symptomen unzureichender Leistung dar.

Aus der Perspektive des **Prozesssystems** bedeuten Unterbrechungen zusätzliche Bearbeitungszeit bei geplanten Tätigkeiten, mehrfaches Einarbeiten in den Kontext der geplanten Umfänge und Störungen aufgrund paralleler Prozesse, Anfragen und weiterer ungeplanter Aktionen. Im **Zielsystem** repräsentieren auch Unterbrechungen mehrere unterschiedliche Zielsetzungen zur gleichen Zeit. Es müssen z. B. zusätzliche, bisher nicht geplante Zielsetzungen erfüllt werden. Unterbrechungen werden im **Handlungssystem** durch die Bindung einer Ressource in vielen parallelen Tätigkeiten deutlich, z. B. die Verantwortlichkeit einer Person für mehrere zeitlich parallele Aufgaben. Unterbrechungen können zur Erhöhung der Fehlerwahrscheinlichkeit und somit der Beeinträchtigung der Qualität von (Zwischen-) Ergebnissen im **Objektsystem** führen, die zur gleichen Zeit vorliegen müssen.

Überbearbeitung

Diese Kategorie steht für das Erzeugen einer unnötig hohen Detailtiefe in (Zwischen-) Ergebnissen sowie der Umsetzung unnötiger oder zu hoher Anforderungen (Over-Engineering). Überbearbeitung bezieht sich also auf das Ergebnis von Entwicklungstätigkeiten.

Überbearbeitung äußert sich im **Prozesssystem** durch eine unnötig lange Bearbeitungszeit für die Erzeugung des ungeeignet hohen Detailgrades. Im **Zielsystem** bedeutet das Symptom eine Übererfüllung von Anforderungen an Produkt-, Projekt- oder Unternehmenszielen, z. B. durch einen höheren erzeugten Detailgrad, als laut Prozess- oder Kundenanforderungen erforderlich. Durch die unnötige Bindung der Ressourcen und ungeeignete Beschreibungen für Tätigkeitsprofile, also keine Vorgabe der oder die Vorgabe einer unnötigen Detailtiefe bzw. keine oder zu

detaillierte Handlungsanweisungen wird Überbearbeitung im **Handlungssystem** widergespiegelt. Sie resultiert in (Zwischen-) Ergebnissen mit ungeeignetem Detailgrad und unangepasster Informationsmenge im **Objektsystem**.

Überproduktion

Diese Kategorie steht für die Durchführung von unnötigen Tätigkeiten sowie das Erzeugen von unnötigen (Zwischen-) Ergebnissen. Überproduktion bezieht sich somit auf die Entwicklungstätigkeiten selbst.

Im **Prozesssystem** bedeuten Symptome dieser Kategorie das Ausführen unnötiger Tätigkeiten und demnach das Auftreten unnötiger Bearbeitungszeit. Zudem werden dadurch Prozessanforderungen des **Zielsystems** übererfüllt. Für das **Handlungssystem** bedeutet Überproduktion die unnötige Bindung von Ressourcen sowie fehlende oder unzureichende Verfahrensanweisungen. Es existieren keine ausreichenden Anweisungen oder es werden unnötige Tätigkeiten vorgegeben. Dadurch entstehen unnötige (Zwischen-) Ergebnisse im **Objektsystem**.

Unzureichende Wiederverwendung

Diese Kategorie steht für eine fehlende Wiederverwendung von im Unternehmen vorhandenen (Zwischen-) Ergebnissen, z. B. in Form von Bauteilen oder Dokumenten.

Unzureichende Wiederverwendung ist im **Prozesssystem** durch unnötige Bearbeitungszeit auszumachen und führt zu Überproduktion. Es werden prozessuale Anforderungen des **Zielsystems** nicht erfüllt bzw. es existieren keine Anforderungen an die prozessuale Institutionalisierung der Wiederverwendung von vorhandenem Wissen. Das **Handlungssystem** spiegelt fehlende Wiederverwendung durch das Fehlen von Ressourcen wider: Informationen stehen nicht zur Verfügung oder sind nicht zugänglich, es existieren keine oder nicht ausreichende Verfahrensanweisungen zur Wiederverwendung und Ressourcen sind unnötig für das erneute Erarbeiten von Ergebnissen gebunden. Im **Objektsystem** sind Symptome dieser Kategorie durch Mehrfach-Vorhandensein von (Zwischen-) Ergebnissen, wie Dokumenten und Produkten erkennbar.

Fehler

Die Kategorie Fehler steht für das Erzeugen fehlerhafter (Zwischen-) Ergebnisse, wie Informationen oder Dokumente.

Fehler beeinträchtigen die Leistung des **Prozesssystems** in Form von ungewollten Iterationen und längeren Projektdauern. Sie entsprechen Anforderungsabweichungen; der fehlenden Erfüllung von Anforderungen aus Prozess- und / oder Kundensicht im **Zielsystem**. Ressourcen des **Handlungssystems**, wie Personen in bestimmten Organisationseinheiten, machen Fehler, die sich im **Objektsystem** auf in Form von fehlerhaften (Zwischen-) Ergebnissen niederschlagen.

7.9.4 SUM-Ansatz – Kurzbeschreibung Ursachen unzureichender Leistung

Ursachenkategorie – Ziele und Strategie

Die Ursachenkategorie Ziele und Strategie lässt sich dem **Zielsystem** des ZOPH-Modells zuordnen. Sie gliedert sich in die drei Unterkategorien Unternehmensstrategie, Produktstrategie und Projektstrategie. Für alle Unterkategorien besteht der Bedarf einer regelmäßigen Bewer-

tung und ggf. Anpassung der Strategie, um die Wettbewerbs- und Leistungsfähigkeit des Unternehmens zu sichern. Sie bilden die Grundlage für nachhaltig erfolgreiches Planen, Gestalten und Beherrschen sowohl der internen als auch der externen Vielfalt an Produkten, bzw. Bauteilen oder -gruppen.

Fehlen Ziele bzw. eine geeignete Strategie, kann dies die Leistung von Entwicklungsprozessen beeinträchtigen, bspw. durch eine ungeeignete Unternehmensorganisation hinsichtlich der Beherrschung der Produktvielfalt.

Ursachenkategorie – Projektmanagement

Die Kategorie Projektmanagement bezieht sich im Rahmen der Planung, Nachverfolgung und Leistungsmessung in Projekten auf das **Prozesssystem**. Das Projektmanagement benötigt Vorgaben aus dem **Zielsystem** für die genannten Handlungsfelder. Multi-Projektmanagement ermöglicht eine optimale Ressourcennutzung (**Handlungssystem**). Schließlich lässt sich die Kategorie ebenfalls dem **Objektsystem** zuordnen; z. B. müssen für die Leistungsmessung erforderliche Daten dokumentiert vorliegen. Sie umfasst die Unterkategorien fehlende Multi-Projektbetrachtung, unzureichende Projektplanung, fehlende Nachverfolgung von Projekten, fehlende Leistungsmessung und unzureichende Ressourcennutzung. Diese Ursachen unzureichender Leistung erschweren u. a. die Synchronisation von Projekten und die Planung von Informationsflüssen. In der Folge wird die Beherrschung der Produktvielfalt erschwert. Auf der anderen Seite kann eine hohe Vielfalt zu Kapazitätsengpässen in der Entwicklung führen. Deshalb ist ein funktionierendes Multi-Projektmanagement entscheidend für das Erreichen einer hohen Leistung der Entwicklung.

Ursachenkategorie – Prozessmanagement

Prozessmanagement ist dem **Prozesssystem** zugeordnet. Um die Effizienz in der Entwicklung zu steigern, gilt es die Entwicklung nach einem definierten Prozess ablaufen zu lassen. Die Standardisierung von Prozessen ist für sich regelmäßig wiederholende Tätigkeitsabfolgen sinnvoll. Im **Zielsystem** sollte die Reflexion und Weiterentwicklung bestehender Prozesse verankert sein. Vorgehensanweisungen und innerhalb des Entwicklungsprozesses anzuwendende, definierte Methoden sind im **Handlungssystem** hinterlegte Ressourcen. Unterkategorien sind an dieser Stelle unzureichend standardisierte Prozesse, unzureichend definierte Prozesse, unzureichende Prozesseinhaltung, fehlende Vorgehensanweisungen, fehlende Definition von Methoden, fehlende Reflexion und Analyse von Entwicklungsprozessen, deren fehlende Weiterentwicklung und ungeeignete Entscheidungsprozesse. Durch die geeignete Definition von (Standard-) Prozessen lässt sich z. B. die Wiederverwendung von (Zwischen-) Ergebnissen im Entwicklungsablauf verankern. Dies unterstützt ein erfolgreiches Planen, Gestalten, Reduzieren und Beherrschen von Produktvielfalt.

Ursachenkategorie – Informationsfluss

Die Ursachenkategorie Informationsfluss nimmt in Form von Informationsaustausch zwischen Projekten, innerhalb eines Projektes bzw. zwischen den Prozessschritten eines Projektes auf das **Prozesssystem** Bezug. Im **Zielsystem** gilt es die erforderlichen Informationsflüsse abzubilden, wie auch in der Aufbauorganisation des Unternehmens (**Handlungssystem**), um die organisatorischen Randbedingungen für einen geeigneten Informationsfluss zwischen Projekten und zwischen Abteilungen zu ermöglichen und zu fördern. Dementsprechend sind die Unterkategorien ein unzureichender Informationsfluss zwischen Projekten, innerhalb von Projekten, zwischen Abteilungen, eine unzureichende Abbildung der erforderlichen Informationsflüsse und die unzureichende Einhaltung der vorgegebenen Informationsflüsse. Durch Ursachen unzu-

reichender Leistung dieser Kategorie kann z. B. die Wiederverwendung vorhandener (Zwischen-) Ergebnisse sowie ein optimales Ressourcenmanagement erschwert werden. Zudem kann sich durch fehlenden Informationsfluss die Wahrscheinlichkeit unnötiger Vielfalt erhöhen, z. B. bei sich zeitlich überlappenden Projekten mit teilweise ähnlicher Zielstellung.

Ursachenkategorie – Daten und Dokumentation

Daten und Dokumentation als Ursachenkategorie steht aus der Sicht des **Prozesssystems** für definierte Standardabläufe für die Dokumentation und die Einhaltung dieser Prozesse. Im **Zielsystem** gilt es Standards zur Dokumentation festzulegen und im **Handlungssystem** die Ressourcen und die organisatorischen Randbedingungen für eine effektive und effiziente Datenablage und Dokumentation zu schaffen. Dies kann z. B. in Form einer zentralen Ablage bewerkstelligt werden. Die Unterkategorien sind in diesem Fall das Fehlen eines zentralen Informationssystems, einer unzureichenden Strukturierung der Datenablage, unzureichende Standards für die Dokumentation und die fehlende Einhaltung dieser Standards. Durch Ursachen aus diesem Bereich sind vorhandene (Zwischen-) Ergebnisse nur schwer auffindbar. Die Beherrschung der Produktvielfalt wird somit massiv erschwert bzw. bereits vorhandene Lösungen erneut erarbeitet.

Ursachenkategorie – Führung

Führung umfasst die Unterkategorien einer unzureichenden Priorisierung von Projekten bzw. Produkten oder bestimmten Tätigkeiten zueinander, einen ungeeigneten Führungsstil, eine unzureichende Förderung und Kompetenzentwicklung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, eine ungeeignete Definition und Vergabe von Verantwortlichkeiten und eine unzureichende Förderung des Verständnisses der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für die Auswirkungen ihrer Handlungen. Im **Prozesssystem** spiegelt sich die Kategorie in der Priorisierung von Tätigkeiten sowie der Definition und Vergabe von Verantwortlichkeiten wider. Im **Zielsystem** sind die Zielvorgaben für die Priorisierung, den Führungsstil und die Vergabe von Verantwortlichkeiten verankert. Durch das **Handlungssystem** gilt es die organisatorischen Voraussetzungen für eine gute Führung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu schaffen. Durch häufiges oder ungeeignetes Ändern der Priorisierung von Tätigkeiten bzw. Projekten durch Führungspersonen kann kein effektives Multi-Projektmanagement durchgeführt werden. Zudem kann ein ungeeigneter Führungsstil dazu führen, dass die Motivation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sehr niedrig ist, sich für den Erfolg des Unternehmens und somit die Leistung in der Entwicklung zu engagieren. Dies schlägt sich wiederum als Erschwernis für die Gestaltung, Reduzierung und Beherrschung der Produktvielfalt nieder. Dies gilt ebenfalls für den Fall einer ungenügenden Personalentwicklung, z. B. wenn das Know-How zur Gestaltung variantenreicher Produkte im Unternehmen nicht vorhanden ist.

Ursachenkategorie – Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

Die Ursachenkategorie Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter enthält die Unterkategorien unzureichende Disziplin, unzureichendes Bewusstsein bzw. Wissen um Vorgaben, unzureichendes Verständnis bzw. fehlende Sensibilität gegenüber den Auswirkungen des eigenen Handelns. Im **Prozesssystem**, **Zielsystem** und **Handlungssystem** führt diese unzureichende Disziplin zu fehlendem Bewusstsein und Verständnis für die Ausführung der Prozesse, für die Erfüllung der Zielvorgaben und für die Nutzung der Ressourcen. Ursachen dieser Unterkategorien wirken sich ebenfalls auf die Qualität der (Zwischen-) Ergebnisse im **Objektsystem** aus. Insgesamt erschweren solche Ursachen das Planen, Gestalten, Reduzieren und Beherrschen der Produktvielfalt sowie z. B. die Synchronisierung von Entwicklungsprojekten und einen optimalen Informationsfluss.

Ursachenkategorie – Werkzeuge

Werkzeuge bilden eine Kategorie des **Handlungssystems**. Sie untergliedert sich in die Unterkategorien fehlende (Software-) Werkzeuge zur Datenablage, zur Dokumentation, zum Projektmanagement, zum Prozessmanagement und fehlende Arbeitsmittel (sowohl Software als auch Hardware). Beispielsweise haben fehlende Werkzeuge zum Datenmanagement zur Folge, dass nach benötigten Informationen lange gesucht werden muss, nicht bekannt ist welche aktuell oder gültig sind. Das kann die Erhöhung der Wahrscheinlichkeit unerwünschter Varianz zur Folge haben. Fehlende Werkzeuge zum Projekt- und Prozessmanagement resultieren ggf. in einer fehlenden Unterstützung bei der Standardisierung oder Synchronisation von Tätigkeiten bzw. für das Multi-Projektmanagement. Das heißt Ressourcen können nicht optimal zugeteilt werden und die Beherrschung der Produktvielfalt wird erschwert.

7.10 SUM-Ansatz – Maßnahmenkatalog

Maßnahmenkatalog Kategorie - Ziele

Unternehmensstrategie

Die Unternehmensstrategie definiert Strategie und Ziele sowie Prioritäten aus Unternehmenssicht, bspw. bezüglich der Zielmärkte. Die Unternehmensstrategie bildet die Grundlage für die Ableitung einer erforderlichen und vielfaltsgerechten Produktstrategie und somit für die Planung, Gestaltung und Beherrschung sowohl der internen als auch der externen Vielfalt. In der Unternehmensstrategie gilt es ebenfalls Themen, wie die kontinuierliche Weiterentwicklung der Unternehmensstruktur und -prozesse sowie der Personal- bzw. Kompetenzentwicklung zu verankern, um die Motivation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und die optimale Durchführung und Einhaltung der Vorgaben des Vielfaltsmanagements zu sichern. So kann in der Unternehmensstrategie die Einbindung externer Ressourcen bzw. die Vergabe von Aufträgen an externe Unternehmen verankert sein. Allerdings sollte die Produktarchitekturentwicklung, als Kernkompetenz eines Unternehmens, nicht nach extern vergeben werden bzw. am Hauptentwicklungssitz durchgeführt werden (TRIPATHY & EPPINGER 2011).

Die aus der Unternehmensstrategie abzuleitenden Ziele sind auf alle Unternehmensbereiche und -ebenen herunterzubrechen und Zielvorgaben abzuleiten, dies betrifft insbesondere das Vielfaltsmanagement.

Projektstrategie

Die Projektstrategie steht für Zielvorgaben, Strategie und Prioritäten und aus Projektsicht. Es gilt Vorgaben zur geeigneten Priorisierung von Projekten und zur geeigneten Instanziierung der Prozesse innerhalb von und über Projekte hinweg zur Verfügung zu stellen. Beispielsweise ermöglicht die Einhaltung eines definierten Zeitpunktes zur Anforderungsfestlegung, der keine späteren Änderungen erlaubt, unerwünschte Vielfalt und Iterationen zu vermeiden. Gleiches gilt für die Einhaltung der prozessualen Vorgaben zur Prüfung auf Wiederverwendbarkeit vorhandener Informationen und Lösungen oder für Änderungen der Priorisierung von Projekten zueinander. Die Projektstrategie hat zudem Auswirkungen auf das Ressourcenmanagement und die Multiprojektbetrachtung im Projektmanagement. In der Projektstrategie lassen sich organisatorische Veränderungen verankern. Nach Browning (BROWNING 1999) eignen sich neu zu startende Entwicklungsprojekte für die Einführung neuer Organisationsformen.

Produktstrategie getrieben von Businessstrategie

Die Produktstrategie bezeichnet die Strategie zur Darstellung der, vom Kunden bzw. Markt geforderten, externen Vielfalt. Es gilt die Produktstrategie aus der Unternehmensstrategie und den Ergebnissen aus regelmäßigen Bedarfs-, Markt- und Trendanalysen abzuleiten. Die Produktstrategie soll Zielvorgaben zur Planung, Gestaltung, und Beherrschung der internen und externen Vielfalt enthalten.

So gilt es bspw. die Wiederverwendung von bereits erzeugten Lösungen über eine strategische Vorgabe in den Zielen zu verankern. Durch eine mittel- und langfristige Definition der Produktstrategie können kurzfristige Änderungen in den Zielvorgaben und häufig wechselnde Pri-

oritäten vermieden werden. Dadurch wird das Ausführen unnötiger Tätigkeiten in der Produktplanung und Entwicklung durch kurzfristige Änderungen der Strategie vermieden. Ressourcen können langfristig zugeordnet werden. Schließlich wird ermöglicht, dass Tätigkeiten der Prozesse in der Entwicklung, innerhalb von Projekten und über Projekte hinweg, auf geeignete Weise synchronisiert und der Informationsfluss unterstützt werden. Die langfristige Planung der erforderlichen Vielfalt ermöglicht es, unerwünscht hohe externe wie interne Vielfalt durch mehrfaches Erarbeiten ähnlicher Lösungen oder die Produktion unnötiger Informationsmengen, zu vermeiden.

Es ist wichtig, dass das Produktprogramm als eine Einheit betrachtet wird. Wird jedes Produkt für sich entwickelt, besteht die Gefahr, dass sehr spezifische Lösungen entstehen und Standards nur lokal umgesetzt werden. Für eine nachhaltig vielfaltsgerechte Produktstrategie und im nächsten Schritt Produktgestaltung ist es entscheidend, dass eine Gesamtstrategie umgesetzt wird (MEYER & LEHNERD 1997).

Es kann vorteilhaft sein, regelmäßig neue oder verbesserte Produkte auf den Markt zu bringen. Einerseits macht es dieses Vorgehen möglich, dass ein Unternehmen mit seinen Produkten auf der Höhe der aktuellen Technologien bleibt und zudem die Produktentwicklung als kontinuierlicher Prozess angesehen wird (TABRIZI & WALLEIGH 1997); im Gegensatz zu aneinandergeordneten Entwicklungsprojekten.

Strategien zur Produktgestaltung gehen eng einher mit der Planung der erforderlichen externen Vielfalt. Beispielsweise bieten sich Plattform- oder Modularisierungsstrategien an. Die Entscheidung für oder gegen eine Strategie sollte durch Transparentmachen der vorhandenen und geforderten Vielfalt unterstützt werden. Dafür lassen sich z. B. graphische Darstellungsformen wie Variantenvariantenbäume (SCHUH 1989) einsetzen.

Produktgestaltung

Durch eine vielfaltsgerechte Gestaltung der Produktarchitektur wird eine optimale Ressourcennutzung ermöglicht. Dies betrifft nicht nur produktionsnahe Bereiche, sondern auch die Entwicklungsprozesse. Abhängig von der definierten Produktstrategie bieten sich unterschiedliche Konzepte zur vielfaltsgerechten Produktgestaltung an: Plattformbauweise, modulare Bauweise, Baukastensysteme, Gleich- und Wiederholteile, Standardisierung durch Integralbauweise oder Differentialbauweise

Die Entscheidung für oder gegen eines der Konzepte sollte durch Transparentmachen der vorhandenen und geplanten Varianz unterstützt werden. Dafür lassen sich z. B. graphische Darstellungsformen wie Variantenvariantenbäume (SCHUH 1989) einsetzen. Als weitere Analyse-methode für Kommunikationsstrukturen bieten sich matrix-basierte Methoden wie die Design Structure Matrix (DSM) an (z. B. BROWNING & EPPINGER 2002, LINDEMANN et al. 2009).

Die Produktgestaltung spielt sowohl bei der Strategieentwicklung als auch bei der (Multi-) Projektplanung eine große Rolle. Einerseits gilt es sicherzustellen, dass die Ressourcen und Abläufe für einzelne Projekte optimal zugeteilt und eingeplant werden. So sollen Mitarbeiterinnen oder Mitarbeiter als Experten für bestimmte Teilumfänge bzw. Baugruppen oder Themengebiete in allen relevanten Projekten zur Verfügung stehen. Zudem muss ein optimaler Informationsfluss innerhalb und zwischen Projekten bereits in der Planung verankert sein.

Dementsprechend ist z. B. die Definition einer Produktplattform dann am erfolgreichsten, wenn die ersten Spezifikationen der Plattform bereits feststehen, bevor das Entwicklungsteam final festgelegt wird (TABRIZI & WALLEIGH 1997).

Produktplattformen bzw. modulare Produkte haben den Vorteil, dass sie bessere Möglichkeiten zum Ausgleich von Auslastungsdefiziten und mehr Flexibilität in der Produktion mit sich bringen (MUFFATTO 1999, SANCHEZ & MAHONEY 1996). Des Weiteren ergeben sich Vorteile in Form von Skaleneffekten und Verkürzung der Durchlaufzeiten durch effizientere Produktionsgestaltung und Lerneffekte (MUFFATTO 1999, SCHUH et al. 2010).

In der Entwicklung haben modulare Produktarchitekturen den Vorteil, dass sie Entwicklungstätigkeiten unterschiedlicher Module entkoppeln. Somit können durch modulare Produktgestaltung die Entwicklungszeit und der Koordinationsaufwand reduziert sowie einzelne Module parallel und unabhängig voneinander entwickelt und schließlich die Vergabe von Entwicklungsumfängen an Zulieferer einfacher koordiniert werden. (zusammengefasst nach GOMES & JOGLEKAR 2008, GÖPFERT 1999, MEYER & LEHNERD 1997, SANCHEZ & MAHONEY 1996)

Gestaltung der Organisationsstruktur

Die Gestaltung der Organisationsstruktur hat einen großen Einfluss auf die Effizienz und Effektivität in der Entwicklung. Zum einen ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Entwicklung, Vertrieb, Produktion etc. während der Produktentstehung Voraussetzung für die Leistungsfähigkeit der Entwicklung. Diese Zusammenarbeit wird in der Projekt- bzw. Matrixorganisation üblicherweise durch die abteilungsübergreifende Zusammenstellung von Entwicklungsteams innerhalb von Entwicklungsprojekten erreicht.

Zum anderen ist es, entscheidend, die Unternehmensorganisation und die Gestaltung der Produktarchitekturen, also die vielfaltsgerechte Produktgestaltung, aufeinander abzustimmen. Durch die geeignete Organisationsstruktur, Zuteilung von Ressourcen zu strukturellen Einheiten (z. B. Projektteams) sowie Vergabe von Verantwortlichkeiten und Entscheidungskompetenzen kann die Effizienz und Effektivität der Entwicklung gesteigert werden. Idealerweise wird die Organisationsstruktur gemeinsam mit der Produktarchitektur definiert und weiterentwickelt, sodass sich die Produktarchitektur in der Organisationsstruktur widerspiegelt (sog. Mirroring Hypothesis) (GÖPFERT 1999, COLFER & BALDWIN 2010).

So bietet es sich bspw. an, die Entwicklung von Standardumfängen, wie z. B. Produktplattformen, und von einzelnen Produkten, die fertige Standardumfänge enthalten und die Produktoptimierung fokussieren, organisatorisch zu trennen (MEYER & LEHNERD 1997, SCHUH et al. 2010). Da es bei der Entwicklung von Standardumfängen zu Zielkonflikten zwischen unterschiedlichen Unternehmensbereichen (z. B. Vertrieb und Entwicklung) kommen kann, ist die Unterstützung durch das Topmanagement für Standardisierungsvorhaben eine unerlässliche Voraussetzung (MEYER & LEHNERD 1997, SCHUH et al. 2010). Zielkonflikte können z. B. dadurch entstehen, dass seitens des Vertriebs möglichst kundenindividuelle Produkte gefordert werden, während die Produktionsrandbedingungen eine Standardisierung erforderlich machen.

Des Weiteren kann die Trennung von Technologie- bzw. Vorentwicklung von der Entwicklung von Standardumfängen bzw. einzelner Produkte Vorteile bringen (MUFFATTO 1999). Die separate Entwicklung ermöglicht es, die von Iterationen geprägten, kreativen Prozesse früher Entwicklungsphasen getrennt zu betrachten und ggf. mit angepassten Kenngrößen zu bewerten. In

diesen Phasen sind Iterationen essentielle Grundlage für die Entwicklung neuer, innovativer Konzepte sowie den Erkenntnisgewinn im Unternehmen, z. B. in Kombination mit frühen Versuchen und Tests. In späteren Phasen der Entwicklung werden die in der Technologie- bzw. Vorentwicklung erzielten Ergebnisse detailliert und umgesetzt. Iterationen in späteren Phasen können minimiert werden durch die geeignete Definition von Standardprozessen, z. B. zur Wiederverwendung von vorhandenen Lösungen, Plattformen oder Modulen.

Zusammengefasst erfordert z. B. die Einführung einer modularen Produktarchitektur nicht nur eine technische, sondern auch eine organisatorische Neuorientierung (WORREN et al. 2002). Deshalb ist es wichtig, dass die Organisation eines Unternehmens ausreichend flexibel ist, damit sie ggf. auf Änderungen in der Produktarchitektur reagieren (GÖPFERT 1999) und die erforderliche Effizienz und Effektivität der Entwicklung aufrechterhalten bzw. verbessern kann. Nach Göpfert (GÖPFERT 1999) kann es dazu führen, dass ein Unternehmen bestehende Produktarchitekturen nicht verändern kann, falls die Organisation zu statisch ist.

Eine modulare Entwicklungsorganisation ist dadurch gekennzeichnet, dass interdisziplinäre Teams für die Entwicklung spezifischer Produktumfänge bzw. Module zuständig sind. Die Vorteile einer modularen Organisation und Produktarchitektur sind, dass bei Bedarf Ressourcen und Kompetenzen einfach und schnell gebündelt werden können (GÖPFERT 1999). Allerdings ist zu vermeiden, dass innerhalb der modularen Organisation unnötigerweise redundante Prozesse durchgeführt werden, die in einer zentralen Einheit gebündelt werden könnten (GÖPFERT 1999). Die Herausforderung einer modularen Organisation ist somit, die Beherrschung der Abhängigkeiten und Beziehungen zwischen den einzelnen Entwicklungsteams (OOSTERMAN 2001).

Teamzusammenstellung - Bündelung von Kompetenzen

Der Einsatz von funktionsübergreifenden Teams zur Bündelung der Kompetenzen der unterschiedlichen Unternehmensbereiche bietet Vorteile, erfordert allerdings gewisse Voraussetzungen und Randbedingungen, wie im Folgenden zusammengefasst (nach ALBERS MOHRMAN et al. 1995, BROWNING 1997, COOPER & KLEINSCHMIDT 2007, DiTRAPANI & GEITHNER 1996, DOD IPPD HANDBOOK 1998, HIRUNYAWIPADA et al. 2010, HYUNG-JIN PARK et al. 2009, LOVE & ROPER 2009, McDONOUGH 2000, MEYER & LEHNERD 1997):

Durch den Einsatz funktionsübergreifender, interdisziplinärer Teams, lässt sich eine Verkürzung der Entwicklungszeit erreichen. Dies bezieht sich insbesondere auf die frühen Phasen der Entwicklung, da eine solche Teamzusammenstellung den Wissens- und Informationstransfer erleichtert. Zudem kann ein besseres Verständnis und Vertrauen zwischen den unterschiedlichen Unternehmensfunktionen erreicht und so organisatorische Hindernisse überwunden werden. Funktionsübergreifende Teams stellen somit eine Voraussetzung für Concurrent bzw. Simultaneous Engineering dar.

Grundvoraussetzung für erfolgreiche, funktionsübergreifende Teams ist eine klare Zieldefinition bezüglich der Unternehmens- und Produktstrategie heruntergebrochen auf Unternehmensbereiche und Teams sowie Entwicklungsprojekte und deren Teilaufgaben. Die Ziele und Prioritäten müssen kommuniziert werden, um dafür ein gemeinsames Verständnis aller Beteiligten, insbesondere innerhalb eines Teams zu erreichen.

Einzelne Teams, müssen nicht nur durch die klaren Zielvorgaben, sondern auch durch die Vergabe von Entscheidungsgewalt über die von ihnen verantworteten Aufgaben sowie den Auftrag des Selbstmanagements und die eigene Leistungsmessung befähigt werden, effizient und effektiv zu arbeiten.

Dafür gilt es jedem Team die erforderlichen Ressourcen und Geldmittel seitens des Topmanagements zur Verfügung zu stellen. Das Topmanagement muss hinter den definierten Zielen stehen und sich für deren Umsetzung engagieren sowie bei deren Umsetzung mitwirken (z. B. durch regelmäßige Teilnahme an Regeltreffen eines Projektes).

Der Aufgabenbereich eines Teams sollte so definiert werden, dass er in sich geschlossene Aufgabenpakete umfasst. Dadurch soll der Abstimmungsaufwand mit anderen Teams möglichst gering sein. Dabei planen die Teams nicht nur ihre Aufgaben selbstständig, führen diese aus und prüfen die Zielerreichung, sondern sie sollten auch angehalten sein ihre Teamprozesse zu analysieren und ggf. zu verbessern. Es ist entscheidend die Kommunikation innerhalb eines Teams, z. B. durch regelmäßige Treffen in definiertem Rahmen (z. B. bezüglich Teilnehmerkreis, Agenda, Protokollierung), zu sichern. Für die Person, welche die Teamleitung innehat, sollte die Leitung eines Teams die Hauptaufgabe sein. Idealerweise ist diese Person nicht Teil weiterer Teams.

Die Kommunikation ist nicht nur innerhalb sondern auch zwischen Teams, v. a. in frühen Phasen, zu fördern. Dafür gilt es die Verfügbarkeit von Informationen, z. B. über geeignete Datenhaltung oder Werkzeuge, sicherzustellen.

Die Abläufe bzw. Prozesse für Kommunikation und Umsetzung der erforderlichen Informationsflüsse sind zu formalisieren. So kann Koordinationsschwierigkeiten und Doppelarbeit bzw. unnötigen Iterationsschleifen vorgegriffen werden. Zudem gilt es informelle Kommunikation zu fördern. Aus solchen informellen Pfaden lassen sich Schlussfolgerungen ziehen, ob Bedarf besteht bestimmte Kommunikationswege zu formalisieren. So kann im Sinne einer lernenden Organisation kontinuierlich Verbesserungsbedarf identifiziert und entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden. Gleiches gilt für die Reflexion der Erledigung der inhaltlichen Aufgaben des Teams.

Es kann vorteilhaft sein, wenn mehrere Teammitglieder nicht nur in einem Feld sondern in mehreren über Wissen verfügen, wie Marketingwissen und technologisches Wissen. Teammitglieder sind bezüglich ihrer Qualifikation auszuwählen bzw. zu fördern. Für die Qualität eines Teams ist es entscheidend, dass alle Mitglieder über den gleichen Wissensstand bezüglich der Aufgabenstellung und eine ausreichende prozessuale Qualifikation (z. B. bezüglich des Entwicklungsprozesses) verfügen sowie die erforderliche funktionale bzw. technische Expertise mitbringen. Gegebenenfalls können die Kompetenzen der Mitglieder so weiterentwickelt werden, dass mehrere Personen über die gleiche Expertise verfügen, sodass in jeder Situation der erforderliche Experte verfügbar ist. Grundsätzlich spielt die Qualität bzw. die Qualifikation des Teams eine wichtigere Rolle als seine funktionale Zusammensetzung.

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sollten keiner zu großen Anzahl an Teams angehören, sodass sie effektiv und effizient arbeiten können; ohne Reibungsverluste durch erneutes Einarbeiten in unterschiedliche Themenstellungen oder die Teilnahme an einer hohen Anzahl an Besprechungen.

Insbesondere bei der Entwicklung von Standardumfängen wie z. B. Plattformen, sollten die Mitglieder des Plattformteams nur diesem einen Team angehören und über die entsprechende Methodenkompetenz für die Plattformentwicklung verfügen bzw. diese entwickeln können.

Es gilt durch geeignetes Schulungsangebot zum einen die methodische, technische und prozessuale Qualifikation der Teammitglieder zu fördern. Zum anderen können Schulungen dafür genutzt werden, um Ziele und Prioritäten zu kommunizieren und ein gemeinsames Verständnis dafür zu schaffen. Weitere wichtige Schulungsinhalte können Team Building Maßnahmen oder Konfliktmanagement sein.

Schließlich sollte die Identifizierung der Teammitglieder mit den Zielen und Arbeitsinhalten des Teams gefördert werden.

Räumliche Verteilung von Teams und Standorten

Neben der Organisationsstruktur hat die räumliche Anordnung einen hohen Einfluss auf die Kommunikation und Interaktion von Personen im Entwicklungsprozess (ALLEN & HENN 2007). Nach Allen und Henn (ALLEN & HENN 2007) sollte die physische Anordnung von Teams an einem Standort und über Standorte hinweg so gestaltet werden, dass die Interaktionsmuster Innovationen fördern. Zusammengefasst sind nach den Autoren folgende Punkte bei der räumlichen Anordnung von Personen bzw. Teams zu beachten:

Die Anordnung nach Disziplinen bzw. Funktionen verstärkt die Silos. Sie hat allerdings den Vorteil, dass die Personen innerhalb der Abteilungen einen einfachen Zugang zu Informationen über neue Entwicklungen in ihrem Feld haben; sowohl zum Stand der Forschung und Technik als auch zu innerhalb des Unternehmens vorhandenem Know-How.

Innerhalb des Entwicklungsprozesses ist allerdings die funktionsübergreifende Zusammenarbeit Grundlage für eine kurze Entwicklungszeit und wird als Projektorganisation bzw. Matrixorganisation umgesetzt. Die funktionsübergreifenden Projektteams sollten insbesondere in den frühen Phasen nicht räumlich getrennt sein.

Durch die räumliche Nähe wird die erforderliche Kommunikation innerhalb eines Teams für

- 1) die Koordination des Teams bzw. Projektes,
- 2) die Beschaffung von Informationen zu vorhandenen Lösungen bzw. Know-How sowie
- 3) für die Generierung neuen Wissens innerhalb des Teams

sichergestellt. (ALLEN & HENN 2007)

Durch räumliche Nähe unterschiedlicher Teams werden die Kommunikation und der Informationsfluss zwischen den Teams gefördert (MEYER & LEHNERD 1997). Bei der Entwicklung von Standards, wie z. B. Plattformen oder modularen Produktstrukturen sollten, insbesondere in frühen Phasen der Entwicklung, das Management unterschiedlicher Unternehmensfunktionen und die Projektleitungen nicht räumlich getrennt sein (LAU 2009). Zudem sollten die für die Entwicklung der Standards verantwortlichen, Teams räumliche Nähe zu Teams für die Entwicklung von neuen Konzepten haben, um sicherzustellen, dass die Produkteigenschaften durch die Plattformstrategie aus der Sicht des Kunden nicht an Qualität verlieren (MUFFATTO 1999).

Definition und Vergabe von Verantwortlichkeiten über die Organisation hinweg

Zur Realisierung einer effizienten und effektiven Entwicklung ist es entscheidend die Verantwortlichkeiten in Entwicklungsprozessen auf geeignete Weise zu vergeben. Durch das Warten auf Entscheidungen und Freigaben, können im Entwicklungsprozess ungewollte Wartezeiten auftreten. Um dies zu vermeiden, sollten Entscheidungen auf einer möglichst niedrigen Hierarchieebene getroffen werden, damit möglichst kurze Informations- und Entscheidungswege realisiert werden können (MCMANUS 2005).

Einzelne Teams bzw. Abteilungen müssen deshalb die Entscheidungsgewalt über die von ihnen verantworteten Aufgaben erhalten. Teams sollten sich selbst managen und ihre Leistung bei der Erfüllung der definierten Ziele messen. Dabei sollten die Teams nicht nur ihre Aufgaben selbstständig planen und ausführen, sondern sie sollten zusätzlich angehalten sein ihre Teamprozesse zu analysieren und ggf. zu verbessern. (ALBERS MOHRMAN et al. 1995)

Das Topmanagement muss die dafür erforderlichen Ressourcen und Geldmittel zur Verfügung stellen. Es muss hinter den definierten Zielen stehen sowie sich für deren Umsetzung engagieren und dabei mitwirken (z. B. durch regelmäßige Teilnahme an Regeltreffen eines Projektes).

Teams bzw. Abteilungen, die mit der Entwicklung von Standards (z. B. modulare Produktstruktur oder Plattformen) betraut sind, sollten Inhaber der entwickelten Umfänge sein und die Entscheidungsgewalt für alle Angelegenheiten, welche diese Umfänge innehaben (MEYER & LEHNERD 1997). Innerhalb der Teams bzw. der Abteilungen sollten also Managementkompetenzen vorhanden sein (MCGRATH 2001).

Darüber hinaus sollten sich die Mitglieder dieser Teams bzw. Abteilungen mit ihrer vollen Arbeitsleistung auf die Umsetzung der Ziele der vielfaltsgerechten Gestaltung konzentrieren können. Sie sollten deshalb von Verpflichtungen in anderen Projekten möglichst vollständig zu befreit sein (MEYER & LEHNERD 1997). Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sollten keiner zu großen Anzahl an Teams angehören, sodass sie effektiv und effizient arbeiten können; ohne Reibungsverluste, z. B. durch erneutes Einarbeiten in unterschiedliche Themenstellungen oder die Teilnahme an einer hohen Anzahl an Besprechungen.

Dies gilt analog für andere Verantwortlichkeiten, wie z. B. die Spezialisierung einer Person in mehreren Themenbereichen. Dadurch wird die Kapazität der Person durch ihr Expertenwissen bei einer großen Anzahl unterschiedlicher Fragestellungen hinzugezogen. Dies kann einerseits bei fehlender Verfügbarkeit der Person zu Kapazitätsengpässen in einzelnen Projekten führen. Andererseits ist die Person gezwungen ständig unterschiedliche Aufgaben zu bearbeiten, sodass die Effizienz bei der Bearbeitung zwangsweise durch Reibungsverluste sinkt. Somit kann sich eine zu hohe Anzahl an unterschiedlichen Verantwortlichkeiten einzelner Personen negativ auf die Effizienz der Entwicklung auswirken.

Gestaltung der Unternehmenskultur

Die Unternehmenskultur sollte eine kontinuierliche Weiterentwicklung und Verbesserung von Organisationsstruktur, Prozessen und Produkten des Unternehmens fördern. War bzw. ist dies nicht gegeben, kann es zukünftige organisatorische Veränderungen behindern (BROWNING 1999). Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Produktarchitektur in einem statischen Unternehmen, ohne Bereitschaft zum Wandel, ebenfalls statisch ist, ist gegeben (GÖPFERT 1999). Das liegt

darin begründet, dass die für die Entwicklung einer neuen modularen Produktarchitektur idealerweise zu bildenden neuen modularen Organisationsformen durch eine starre Organisationsstruktur erschwert werden.

Neben der Weiterentwicklung des Unternehmens betrifft die Kultur auch Bereiche, wie den Umgang mit Fehlern. Fehler sollten als Chance gesehen werden, um daraus für die Zukunft zu lernen. Andererseits gilt es Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in ihrer persönlichen Entwicklung zu fördern und ihnen ggf. Weiterentwicklungsmöglichkeiten in Form von Schulungen u. ä. zu bieten. Schließlich ist eine geeignete Besprechungs- und Kommunikationskultur (Anzahl der in die Kommunikation einbezogenen Personen, Vermeiden von überdimensionierten E-Mail-verteiltern oder unnötigen Besprechungseinladungen, Vor- und Nachbereitung von Besprechungen, Dokumentation) sowie eine effiziente Entscheidungskultur (Entscheidungen auf der niedrigsten möglichen Hierarchiestufe) umzusetzen.

Durch eine positive Kultur und ein positives Klima im Unternehmen werden die Motivation und die Bereitschaft zum Engagement der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf allen Hierarchieebenen gefördert. Die Steigerung der Motivation kann zur Steigerung des Grads der Einhaltung von Standards und Vorgaben führen.

Als wichtige Faktoren bei der Gestaltung einer positiven Kultur und eines positiven Klimas nennen Cooper und Kleinschmidt (COOPER & KLEINSCHMIDT 1995) folgende:

Teamarbeit gilt es zu unterstützen, z. B. durch Schaffen von Raum zur Begegnung bzw. Diskussion. Unternehmerisches Denken sollte in allen Bereichen gefördert werden und z. B. das Entwickeln von Champions bzw. Experten zur Erweiterung des Wissens im Unternehmen (evtl. selbst gewähltes Engagement von Personen für bestimmte Produkte / Projekte (z. B. Lean Champions). Diese Champions / Experten können als Multiplikatoren für Wissen oder innerhalb Verbesserungsinitiativen fungieren.

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sollten für gute Leistungen ausgezeichnet werden. Zusätzlich kann über Anreizsysteme zu guter Leistung motiviert werden.

Teams sollten die Kompetenz haben in gewissem Rahmen eigenständig mit Risiken und mit Fehlern umzugehen.

Schließlich empfehlen Cooper und Kleinschmidt (COOPER & KLEINSCHMIDT 1995) den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern Zeit einzuräumen, sodass diese außerhalb ihrer Verpflichtungen in Projektarbeit und Tagesgeschäft, eigene Ideen umsetzen oder sich weiterbilden können.

Darüberhinaus gilt es ausreichend Ressourcen und Kapital für interne Projekte, wie z. B. Verbesserungsinitiativen oder Entwicklung von Standards, zur Verfügung stellen. Die aktive Gestaltung der Unternehmenskultur sollte somit in der Unternehmensstrategie verankert werden.

Make- or Buy-Entscheidungen

Eine Vergabe von Entwicklungsumfängen kann aus mehrererlei Hinsicht von Vorteil sein. Outsourcing ist dann sinnvoll, wenn eine Leistung günstiger und besser extern bezogen werden kann (ALLWEYER 2009). So kann der Aufwand sowohl in der Entwicklung als auch in der Produktion verringert oder auf fehlende personelle Ressourcen im Unternehmen reagiert und somit die Entwicklungszeit niedrig gehalten werden. Entscheidet sich ein Unternehmen dafür, sind

die geforderten Spezifikationen sorgfältig zu dokumentieren, insbesondere der Schnittstellen zu den übrigen Produktbestandteilen.

Darüber hinaus verspricht eine Entwicklungskooperation eines Unternehmens mit Lieferanten weitere Vorteile. Durch das Bündeln des Know-Hows der Kooperationspartner und das zusätzliche Leistungspotenzial durch die Integration des Zulieferers in die Entwicklungsaktivitäten können z. B. Produktverbesserungen schnell und kostengünstig umgesetzt werden (BULLINGER & WARSCHAT 1997).

Dabei ist es wichtig, dass zwischen den Kooperationspartnern gegenseitiges Vertrauen und Offenheit vorherrscht und ein Beziehungsnetzwerk zwischen den betroffenen Fachabteilungen beider Unternehmen aufgebaut wird. Es gilt die Kooperation in frühen Entwicklungsphasen zu starten. Gemeinsam erarbeitetes Know-How muss beiden Unternehmen zur Verfügung stehen. Generell gilt es die Vertraulichkeit von Daten, Informationen und Dokumenten zu wahren. (BULLINGER & WARSCHAT 1997)

Es ist für eine solche Kooperation erfolgsentscheidend, dass eine enge unternehmensübergreifende Interaktion erfolgt und das erlangte Wissen sowie die einzelnen organisatorischen Einheiten mit angemessenem Aufwand koordiniert werden. Ansonsten besteht die Gefahr, dass durch die externe Vergabe von Aufgabenpaketen, z. B. der Entwicklung von Modulen, Wissensbarrieren bzw. -defizite entstehen. (BRUSONI & PRENCIPE 2001)

Variantenmanagement

Die Effektivität der Entwicklungsprozesse kann durch ein geeignetes Variantenmanagement (Planen, Gestalten und Beherrschen der Vielfalt) gesteigert werden (Kapitel 2.3). Dafür gilt es z. B. Produktplattformen, Module, Gleich- und Wiederholteile zu definieren. So kann ein Unternehmen mit einem großen Umfang an Varianten am Markt bestehen, während die interne Varianz beherrscht wird (HOPPMANN et al. 2011, MORGAN & LIKER 2006). Für eine nachhaltige Planung, Gestaltung und Beherrschung der Vielfalt ist es erforderlich, geeignete Produktstrategien und -architekturen festzulegen und diese kontinuierlich zu hinterfragen und ggf. weiterzuentwickeln. Durch geeignete Prozesse und Organisationsstrukturen ist dieses im Unternehmen zu verankern.

(erweitert nach LINDEMANN 2012b)

Siehe auch **Unternehmensstrategie, Produktstrategie, Produktgestaltung, Konfiguratoren, Kapitel 2.3**

Maßnahmenkatalog – Kategorie Projektmanagement

Leistungsmessung und Visualisierung

Eine kontinuierliche Nachverfolgung und Analyse der Prozesse in Entwicklungsprojekten und im Tagesgeschäft ermöglicht die Steigerung der Effizienz, Effektivität und Flexibilität, sodass interne und externe Kunden zufriedengestellt sowie Verschwendungen identifiziert und eliminiert werden können. Für diesen kontinuierlichen Verbesserungsprozess gilt es Kennzahlen zur Leistungsmessung einzusetzen. Diese Leistungsmessung und die Nachverfolgung des Projektfortschrittes sollen allgemein zugänglich visualisiert werden, um so ein Bewusstsein des einzelnen über den aktuellen Stand des Projekts zu schaffen (HAQUE & JAMES-MOORE 2004, MORGAN & LIKER 2006). Dabei ist es wichtig, dass nicht nur die initiale Planung und die tatsächliche Situation zum Ende des Projektes nachgehalten werden, sondern auch Zwischenstände gespeichert werden. So ist auch nach Projektende ersichtlich, wann z. B. Änderungen in der Planung vorgenommen wurden. So stehen jederzeit Informationen über aktuelle Projektstände und die Ressourcenverfügbarkeit zur Verfügung; z. B. für die Multiprojektplanung zur Umsetzung der Produkt- und Projektstrategie. Sollte die Planung eines Projektes angepasst werden müssen, sollten die Gründe dafür dokumentiert werden. Diese bilden zusammen mit den Daten aus der Leistungsmessung die Grundlage für die kontinuierliche Verbesserung und Pflege der Prozesse. So stehen jederzeit Informationen über aktuelle Projektstände und die Ressourcenverfügbarkeit zur Verfügung; z. B. als Grundlage für die Multiprojektplanung zur Umsetzung der Produkt- und Projektstrategie.

Dafür sind diese regelmäßig zu analysieren und reflektieren; bspw. im Anschluss an ein Projekt. Die tatsächliche Dauer einzelner Arbeitspakete und Prozessschritte sowie die Gesamtprojektdauer kann dabei den geplanten Zeiten gegenübergestellt und für die Verfeinerung der Planungsgenauigkeit für zukünftige Projekte genutzt werden. Darüber hinaus sollten die protokollierten Gründe für Änderungen in der Planung analysiert werden. Daraus können gemeinsam mit den Daten aus der Leistungsmessung ggf. Schlussfolgerungen darüber gezogen werden, ob die der Projektplanung zugrundeliegenden, definierten Prozesse Verbesserungsbedarf aufweisen oder ob die definierten Prozesse gelebt werden.

Es gilt für die Leistungsmessung Kennzahlen, insbesondere bezüglich der Leistung der Tätigkeiten im Variantenmanagement, zu definieren, wie z. B. die Anzahl an unterschiedlichen Komponenten innerhalb einer Produktfamilie. Abhängig von der Art der Produktarchitektur (z. B. modulare Produktarchitektur) sind spezifische Kennzahlen festzulegen, sodass die Leistung bezüglich Effizienz und Effektivität in der Entwicklung vielfaltsgerechter Produkte nachverfolgt werden kann. Dabei ist es wichtig, dass z. B. bei der Entwicklung von Modulen nicht nur das Ergebnis aus der Entwicklung einzelner Module bewertet wird, da dies dazu führen könnte, dass Module nur hinsichtlich ihrer spezifischen Anforderungen, aber nicht hinsichtlich der Anforderungen an das Gesamtprodukt optimiert werden (GÖPFERT 1999).

Planung von einzelnen Projekten

Ziel des Projektmanagements ist es, die Projektziele in der geforderten Qualität mit der geforderten Termintreue und innerhalb des definierten Kostenrahmens zu erbringen (BULLINGER & WARSCHAT 1997).

Nach Bullinger und Warschat (BULLINGER & WARSCHAT 1997) kann das Projektmanagement nur erfolgreich sein, wenn die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter motiviert und teamfähig sowie die Projektteams interdisziplinär und mit den erforderlichen Kompetenzen aufgebaut sind. Es gilt Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter durch Aus- und Weiterbildungen ggf. für die Aufgaben im Projektteam zu qualifizieren. Des Weiteren muss ein qualifizierter Projektleiter definiert werden. Es müssen im Unternehmen nicht nur die methodischen Kompetenzen für das Projektmanagement vorhanden sein, sondern Projektmanagement im Unternehmen, d. h. in Ablauf- und Aufbaustruktur verankert sein. (BULLINGER & WARSCHAT 1997)

Projektplanung ist die „[...]systematische Informationsgewinnung über den zukünftigen Verlauf des Projektes und die gedankliche Vorwegnahme des notwendigen Handelns im Projekt [...]“ (BULLINGER & WARSCHAT 1997, S. 82).

Bullinger und Warschat (BULLINGER & WARSCHAT 1997) beschreiben die Teilschritte bei der Projektplanung, wie folgt: Zunächst gilt es die Organisation des Projektes zu betrachten. In der Projektstrukturplanung werden alle für die Erreichung des Projektziels erforderlichen Aufgaben erfasst. Dabei sind die Ziele eine vollständige Übersicht über das Projekt zu erhalten und es in kleine, möglichst eigenständige, Teilaufgaben zu untergliedern. Zudem gilt es mit dem Projektstrukturplan einen Rahmen für Planung, Steuerung und Überwachung des Projektes zu schaffen. Schließlich sind die im Projekt erforderlichen Ressourcen und geplanten Kosten festzulegen. Im zweiten Schritt werden die Arbeitspakete, also der technische Inhalt des Projektes definiert, und im nächsten Schritt in der Ablaufplanung in eine logische Reihenfolge für die Bearbeitung gebracht. Abschließend gilt es die erforderlichen Ressourcen, Kosten und Termine in die Ablaufplanung einzubringen.

Die Projektplanung sollte zum einen in Form einer Grobplanung von ergebnisorientierten Meilensteinen und zum anderen in einer Feinplanung durchgeführt werden. Die Grobplanung stellt dabei eine Informationsbasis für den Vergleich unterschiedlicher Projekte anhand der Meilensteine dar. Die Feinplanung sollte mit einem Planungshorizont bis zum jeweils kommenden Meilenstein vorgenommen werden. Ziel ist dabei die konkrete, ergebnisorientierte Planung der Tätigkeiten innerhalb des Projektteams. Wichtig ist, dass Verantwortlichkeiten in der Planung klar definiert werden. Durch eine ebenfalls ergebnisorientierte Projektfortschrittskontrolle gilt es Verzögerungen schnell sichtbarzumachen. (BULLINGER & WARSCHAT 1997)

Die Projektplanung bzw. Meilensteinplanung bildet demnach eine wichtige Grundlage für die Erfassung des IST-Standes während der Projektbearbeitung. So werden SOLL- / IST-Vergleiche ermöglicht, anhand derer Abweichungen, verdeckte Verzögerungen und der tatsächliche Fortschritt im Projekt erkannt werden können. Daraufhin sind die Ursachen der Abweichungen und Verzögerungen zu ermitteln und durch geeignete Maßnahmen gegenzusteuern. Nur so ist eine wirksame Projektsteuerung und letztendlich das Erreichen der Projektziele möglich. (BULLINGER & WARSCHAT 1997)

Des Weiteren ist es im Sinne einer wirksamen Multi-Projektplanung erforderlich, die tatsächlich innerhalb eines Projektes eingesetzten Kapazitäten zu erfassen, z. B. anhand einer wöchentlichen Zeitschreibung. Dabei ist darauf zu achten, dass der Aufwand durch den Detailgrad der Kapazitätserfassung deren Nutzen nicht übersteigt. Die Ergebnisse sollten derart ausgewertet werden, dass ersichtlich ist, wie viele Personen in einer bestimmten Abteilung bzw. in einem Funktionsbereich in welchem Umfang am Projekt beteiligt sind. Somit stehen Personen in Abteilungsleitung bzw. Funktionsleitung Informationen darüber zu Verfügung, zu welchem Grad die personellen Ressourcen ihres Bereiches in den unterschiedlichen Projekten gebunden sind. (BULLINGER & WARSCHAT 1997)

Diese Informationen sind bei der Planung zukünftiger Projekte von entscheidender Bedeutung. Es werden Abschätzungen der Auswirkungen eines zusätzlichen Projektes auf die gesamte Projektlandschaft ermöglicht. Eine Entscheidungsgrundlage für oder gegen die Aufnahme eines neuen Projektes bzw. für oder gegen die Beschaffung zusätzlicher personeller Ressourcen wird geschaffen.

Priorisierung von Projekten zu einander

Bei Kapazitätsengpässen können Konflikte zwischen unterschiedlichen Projekten entstehen, deshalb gilt es, einheitliche Regelungen zu treffen, um bei unterschiedlichen Perspektiven auf die Priorisierung Entscheidungen zu ermöglichen. Dies lässt sich bspw. durch eine stufenweise Kompetenzregelung oder von Gremien zur Prioritätsentscheidung umsetzen. (BULLINGER & WARSCHAT 1997)

Eine Entscheidungsgrundlage für die Priorisierung von Projekten zueinander bieten, z. B. die für die Multi-Projektplanung erfassten, tatsächlich innerhalb der einzelnen Projekte eingesetzten, Kapazitäten. Dies kann z. B. anhand einer wöchentlichen Zeitschreibung erfolgen. Dabei ist darauf zu achten, dass der Aufwand durch den Detailgrad der Kapazitätserfassung deren Nutzen nicht übersteigt. Die Ergebnisse sollten derart ausgewertet werden, dass ersichtlich ist, wie viele Personen aus welcher Abteilung bzw. Funktionsbereich in welchem Umfang am Projekt beteiligt sind. Somit stehen Personen in Abteilungsleitung bzw. Funktionsleitung Informationen darüber zur Verfügung, zu welchem Grad die personellen Ressourcen ihres Bereiches in den unterschiedlichen Projekten gebunden sind. (BULLINGER & WARSCHAT 1997)

Durch die Analyse der tatsächlich gebundenen Ressourcen werden Abschätzungen der Auswirkungen von Veränderungen der Ressourcenverteilung auf die Projektlandschaft ermöglicht. Es ergibt sich eine Entscheidungsgrundlage für die Priorisierung der Projekte; ggf. wird der Bedarf für die Anpassung der Planung einzelner Projekte oder auch der Bedarf nach zusätzlichen personellen oder finanziellen Ressourcen deutlich.

Multi-Projektplanung – Ressourcenmanagement

Eine wirksame Multi-Projektplanung ist für die optimale Nutzung der Ressourcen eines Unternehmens unerlässlich. Zum einen gilt es, die einzelnen Projekte derart zu synchronisieren, dass Synergien zwischen Projekten genutzt und dafür erforderliche Informationsflüsse geplant werden können sowie erforderliche Experten zum richtigen Zeitpunkt zur Verfügung stehen. Zum anderen sind neue Projekte auf geeignete Weise in die Projektlandschaft einzusteuern. Dafür müssen Informationen über die tatsächliche Kapazitätsauslastung zur Verfügung stehen. Nur so lassen sich die Auswirkungen eines neuen Projektes auf die bestehenden, bzw. eine mögliche

Terminierung des neuen Projektes oder der Bedarf nach zusätzlichen personellen Ressourcen erkennen. Als Grundlage dafür ist die Projektplanung einzelner Bereiche in Multi-Projektplanung bzw. -management zu integrieren, um so eine durchgängige Planung und Informationslage sicher zu stellen (BULLINGER & WARSCHAT 1997).

Bei Kapazitätsengpässen können Konflikte zwischen unterschiedlichen Projekten entstehen, deshalb sind einheitliche Regelungen zu treffen, um bei unterschiedlichen Perspektiven auf die Priorisierung Entscheidungen zu ermöglichen. Dies lässt sich bspw. durch eine stufenweise Kompetenzregelung oder mit Gremien zur Prioritätsentscheidung umsetzen. (BULLINGER & WARSCHAT 1997)

Es ist für eine wirksame Multi-Projektplanung erforderlich, die tatsächlich innerhalb eines Projektes eingesetzten Kapazitäten zu erfassen, z. B. anhand einer wöchentlichen Zeitschreibung. Dabei ist darauf zu achten, dass der Aufwand durch den Detailgrad der Kapazitätserfassung deren Nutzen nicht übersteigt. Die Ergebnisse sollten derart ausgewertet werden, dass ersichtlich ist, wie viele Personen aus welcher Abteilung bzw. Funktionsbereich in welchem Umfang am Projekt beteiligt sind. Somit stehen Personen in Abteilungsleitung bzw. Funktionsleitung Informationen darüber zur Verfügung, zu welchem Grad die personellen Ressourcen ihres Bereiches in den unterschiedlichen Projekten gebunden sind. (BULLINGER & WARSCHAT 1997)

Diese Informationen sind bei der Planung zukünftiger Projekte von entscheidender Bedeutung. Es werden Abschätzungen der Auswirkungen eines zusätzlichen Projektes auf die gesamte Projektlandschaft ermöglicht. Eine Entscheidungsgrundlage für oder gegen die Aufnahme eines neuen Projektes bzw. für oder gegen die Beschaffung zusätzlicher personeller Ressourcen wird geschaffen.

Werkzeuge zum Projektmanagement

Für die Unterstützung des Projektmanagements gilt es geeignete Werkzeuge einzusetzen. Abhängig von den Unternehmensrandbedingungen können hierfür z. B. in kleinen Unternehmen oder bei einer geringen Komplexität der Entwicklungsprozesse MS Excel oder MS Visio eingesetzt werden. Zur Verknüpfung von Projektplänen und Ressourcen bieten sich weiterhin Softwarewerkzeuge wie z. B. MS Project oder Workflow-Werkzeuge an.

Die eingesetzten Werkzeuge sollen die Projekt- und Ressourcenplanung sowie die Nachverfolgung und Leistungsmessung während der Projektdurchführung unterstützen. Dabei ist es wichtig, dass nicht nur die initiale Planung und die tatsächliche Situation zum Ende des Projektes nachgehalten werden, sondern auch Zwischenstände gespeichert werden. So ist auch nach Projektende ersichtlich, wann z. B. Änderungen in der Planung vorgenommen wurden. Im Falle von Änderungen sollten die Gründe der Änderung protokolliert werden.

So stehen jederzeit Informationen über aktuelle Projektstände und die Ressourcenverfügbarkeit zur Verfügung; z. B. als Grundlage für die Multiprojektplanung zur Umsetzung der Produkt- und Projektstrategie.

Zudem können Projektmanagementwerkzeuge für die Analyse und Reflexion von Projekten genutzt werden. Die tatsächliche Dauer einzelner Arbeitspakete und Prozessschritte sowie die Gesamtprojektdauer kann dabei den geplanten Zeiten gegenübergestellt und für die Verfeinerung der Planungsgenauigkeit für zukünftige Projekte genutzt werden. Darüber hinaus können

die protokollierten Gründe für Änderungen in der Planung analysiert werden. Daraus können gemeinsam mit den Daten aus der Leistungsmessung ggf. Schlussfolgerungen darüber gezogen werden, ob die der Projektplanung zugrundeliegenden Prozesse Verbesserungsbedarf aufweisen oder ob die Prozesse gelebt werden. Die Ergebnisse können zudem Hinweise darauf liefern, welche Projektaufgaben durch die Einführung von Standardprozessen verbessert werden könnten, wie z. B. die Suche nach geeigneten Wiederholteilen.

Maßnahmenkatalog – Kategorie Prozessmanagement

Entscheidungen

Durch das Warten auf Entscheidungen und Freigaben können im Entwicklungsprozess ungewollte Wartezeiten auftreten. Um dies zu vermeiden, sollten Entscheidungen auf einer möglichst niedrigen Hierarchieebene getroffen werden, damit möglichst kurze Informations- und Entscheidungswege realisiert werden können (MCMANUS 2005).

Dementsprechend sollten Entwicklungsteams, z. B. im Rahmen einer Plattformentwicklung, über entsprechende Entscheidungskompetenzen verfügen. Letztere gilt es im definierten Produktentwicklungsprozess bzw. in den Standardprozessen zu verankern.

(erweitert nach LINDEMANN 2012b)

Siehe auch **Definition und Vergabe von Verantwortlichkeiten**

Umsetzung des Fluss-Prinzips

Das Prinzip des Flusses steht für die Verfügbarkeit von Informationen zur richtigen Zeit und in geeignetem Umfang. Zudem kann der Fluss (Flow) durch die Einführung regelmäßiger Meilensteine unterstützt werden. Innerhalb dieser Takt-Perioden arbeiten die Entwickler eigenverantwortlich. Die Meilensteine dienen der Kontrolle und ggfs. der Koordination von Anpassungen des ursprünglichen Arbeitsplanes. Beides kann zu einer Steigerung der Disziplin und Motivation der Mitarbeiter führen. Das Pull-Prinzip zielt auf das Bewusstsein und die Kenntnis jeder einzelnen, im Entwicklungsprozess beteiligten, Person ab, wer der Kunde für die von ihm erzeugten Informationen ist, und wann diese Informationen benötigt werden. Es gilt somit z. B. zu klären, welche Dokumente oder auch Versuchsergebnisse zu welchem Zeitpunkt tatsächlich benötigt werden. Nicht benötigte Informationsflüsse sind in der Konsequenz zu vermeiden. Somit kann durch die Umsetzung der beiden Prinzipien Flow und Pull ein optimaler Informationsfluss realisiert werden. Dafür ist eine Abstimmung der Organisationsstruktur des Unternehmens, der Kommunikationsstruktur und Standardprozesse aufeinander erforderlich (HAQUE & JAMES-MOORE 2004, MORGAN & LIKER 2006, OPPENHEIM 2004, WARD 2007).

Im Kontext der variantengerechten Produktentwicklung bedeutet dies, dass z. B. zum einen den beteiligten Personen bei der Entwicklung einer neuen Komponente klar sein muss, wie diese Komponente zu dokumentieren ist, sodass sie für andere Personen auffindbar und für eine mögliche Wiederverwendung identifiziert werden kann. Zum anderen müssen Standards und Werkzeuge zur Dokumentation vorliegen.

(angepasst aus LINDEMANN 2012b)

Formalisiertes Anforderungsmanagement

Die Anforderungen sind als Basis für einen erfolgreichen Entwicklungsprozess ständig zu aktualisieren und zu detaillieren. Dafür ist ein umfassendes Verständnis für das Verhalten des Marktes und der Kundenwünsche erforderlich. Über ein formalisiertes Requirements Management können die Anforderungen vom Kunden bis zu den technischen Anforderungen an einzelnen Komponenten heruntergebrochen werden. Als Tool lässt sich hierfür z. B. Quality Function Deployment (QFD) einsetzen (AKAO 1990, HAQUE & JAMES-MOORE 2004).

Durch das Anforderungsmanagement gilt es einerseits zu garantieren, dass die Kundenwünsche bzw. Marktbedürfnisse durch das Endprodukt erfüllt werden. Andererseits muss sichergestellt werden, dass die Aktualisierung und Detaillierung der Anforderungen keine umfassenden Änderungen am Produkt verursacht. Insbesondere in späten Phasen des Produktentwicklungsprozesses kann dies einen sehr großen Aufwand bedeuten. Dementsprechend sollte im Anforderungsmanagement für ein Projekt ein Zeitpunkt, z. B. Design freeze, definiert werden, bis zu dem Änderungen in gewissen Umfängen vertretbar und zugelassen sind. Für spätere Anforderungsänderungen gilt es zu prüfen, ob deren Umsetzung ggf. in einem neuen Produkt bzw. einer neuen Produktvariante lohnend ist.

(angepasst aus LINDEMANN 2012b)

Quality Function Deployment im Rahmen des Anforderungsmanagements

Siehe **Formalisiertes Anforderungsmanagement**

Test und Versuche

Schnelle bedarfsgesteuerte Versuche, Simulationen oder analytische Modelle sollten in frühen Phasen der Produktentstehung als Möglichkeit zum zusätzlichen Erkenntnisgewinn für die weitere Konzept- und Produktdetaillierung genutzt werden. Die Spezifikation der Produkteigenschaften sollte mit Hilfe der Testergebnisse verfeinert werden. Demgegenüber steht ein reines „Test to specification“, das keine neuen Erkenntnisse für die Werterzeugung liefert, wie z. B. durch Normen oder Standards geforderte Zertifizierungen (HAQUE & JAMES-MOORE 2004, HOPPMANN et al. 2011, MORGAN & LIKER 2006, WARD 2007).

Versuche und Tests in frühen Phasen sollten anhand der definierten (Standard-) Prozesse sowie über festgelegte Vorgehensweisen oder Methoden in der Entwicklung verankert werden. Die Ergebnisse liefern insbesondere einen Nutzen hinsichtlich der Unterstützung der Informationsflüsse sowohl innerhalb von Abteilungen in der Entwicklung, als auch abteilungsübergreifend z. B. zwischen Entwicklung und Produktion.

(angepasst aus LINDEMANN 2009)

Definition von Prozessen und Methoden

Bei der Definition geht es nicht alleine um die pure Definition von Prozessen, sondern die Qualität der Prozesse ist entscheidend (COOPER & KLEINSCHMIDT 2007). Deshalb gilt es zunächst bei einer IST-Analyse der vorhandenen, tatsächlichen Abläufe Schwachstellen aufzudecken und Verbesserungspotenzial zu erkennen (ALLWEYER 2009). Die Ergebnisse der IST-Analyse dienen als Vergleichsobjekt für einen Vergleich von erarbeiteten SOLL-Prozessen, um abzuschätzen welche Verbesserungen durch den neuen Prozess tatsächlich erreicht werden können

(ALLWEYER 2009). Aus dem Bereich des Lean Development stammt auch die Analyse eines abgeschlossenen Projektes anhand einer sog. Current State Map, einer Abbildung der aktuellen Umsetzung der Prozesse im Projekt, und daraus, der Entwicklung der Future State Map, also eines verbesserten Prozesses (OPPENHEIM 2004).

Durch eine ausführliche IST-Analyse kann ein Verständnis der vorhandenen Abläufe erreicht, und welches Know-How in bestehenden Abläufen steckt (z.B. Anforderungen der Branche) erkannt werden (ALLWEYER 2009). Für die Analyse lassen sich z. B. Methoden im Entwicklungsprozess Methoden wie das Product Development Value Stream Mapping, eine Abwandlung der klassischen Wertstromanalyse, einsetzen (MCMANUS 2005).

Bei der Entwicklung eines SOLL-Prozesses ist es entscheidend, sich an den tatsächlich benötigten Leistungen zu orientieren. Der IST-Prozess soll nicht als Vorlage dienen, sondern lediglich als Bewertungs- und Vergleichsinstrument. Zur Entwicklung des SOLL-Prozesses ist es, sinnvoll, z. B. mit Kreativitätsmethoden, Maßnahmenvorschläge zu sammeln und im Nachgang auf Umsetzungsfähigkeit zu prüfen, um anhand dessen den SOLL-Prozess zu definieren.

In solchen Workshops sollten Personen mit unterschiedlichem Erfahrungshintergrund teilnehmen, wie z. B. Personen die mit den betroffenen Prozessen durch tägliches Ausführen im Detail vertraut sind, Personen die bei der Erfassung des IST-Prozesses beteiligt waren und ggf. externe Berater. Diese bringen eine andere Perspektive auf das Unternehmen mit. (ALLWEYER 2009)

Mögliche Maßnahmen für die Entwicklung eines SOLL-Prozesses sind nach Allweyer (ALLWEYER 2009) folgende: Outsourcing bestimmter Produktumfänge, zusammenfassen von bisher durch unterschiedliche Personen erfüllten Funktionen, Teilprozesse parallelisieren, nicht wertschöpfende Aktivitäten entfernen, System- und Medienbrüche überwinden (bei der Überführung von Informationen zwischen Informationssystemen und Medien), Redundanzen abschaffen, ähnliche Prozesse zusammenführen, Prozesse standardisieren, reduzieren von Kontrollaktivitäten, Kommunikation und Koordination verbessern, Funktionen und Prozesse automatisieren.

Modulare Prozesse bieten eine Grundlage für die effiziente und effektive Entwicklung von modularen Produkten, indem sie ermöglichen einzelne Module voneinander entkoppelt zu entwickeln. Sie sind stabiler, als Prozesse, deren Teilprozesse stark voneinander abhängig sind, da sie weniger durch dynamische Änderungen des Umfelds beeinflusst werden. Modulare Prozesse sind eine Voraussetzung für effiziente modulare Entwicklung, die die Wiederverwendung, Erweiterung, Standardisierung oder das Ersetzen von modularen Prozessen ermöglicht. Allerdings können sich zu geringe Koordination bzw. zu geringe Abhängigkeiten zwischen den Prozessen, wie eine zu häufige Änderung der Prozesse negativ äußern, in Form einer verringerten Innovationsfähigkeit und fehlender Koordination unterschiedlicher organisatorischer Einheiten. (GÖPFERT 1999)

Des Weiteren ist zu beachten, dass bei der Entwicklung von Standardbaugruppen und -teilen bzw. Modulen oder Plattformen, Zielkonflikte zwischen unterschiedlichen Abteilungen, wie z. B. Vertrieb, Entwicklung und Produktion, auftreten können (SCHUH et al. 2010). Deshalb gilt es im Soll-Prozess zu verankern, wie für solche Zielkonflikte Kompromisse und Prioritäten zu definieren sind.

Standardisierte Prozesse

Bestimmte Tätigkeiten fallen in jedem Entwicklungsprozess an, wie z. B. die Dokumentation von Anforderungen. Weiterhin können bei der Bearbeitung von Änderungen, Kundenreklamationen o. ä. identische Tätigkeitsmuster auftreten. Solche wiederkehrenden Tätigkeiten, die die Kommunikation mit bestimmten Abteilungen oder die Klärung bestimmter Fragestellungen erfordern, können durch die Definition von standardisierten Prozessschritten oder Abläufen unterstützt werden. Dadurch kann den Entwicklern eine definierte Handlungsempfehlung an die Hand gegeben werden, sodass die Effizienz bei der Bearbeitung erhöht und Fehler minimiert werden können (HOPPMANN et al. 2011, HAQUE & JAMES-MOORE 2004, MORGAN & LIKER 2006).

Für ein nachhaltig erfolgreiches Variantenmanagement gilt es die Abläufe zur Planung und Gestaltung der Vielfalt, also sowohl die Definition der Produktstrategie und -architektur als auch die vielfaltsgerechte Detailgestaltung einzelner Komponenten, durch standardisierte (Teil-) Prozesse zu verankern. Allerdings ist ein übermäßig hoher Grad an Standardisierung zu vermeiden, z. B. in Form von übermäßiger Rationalisierung und Arbeitsteilung (GÖPFERT 1999). Dadurch kann die Flexibilität und Effizienz der Prozesse verloren gehen. Gleiches gilt für eine zu hohe Standardisierung der Prozesse in frühen Entwicklungsphasen. Deren kreative Prozesse sind durch Iterationen geprägt, die für den Wissenszuwachs erforderlich sind.

(erweitert nach LINDEMANN 2012b)

Kontinuierliche Entwicklung und Analyse der Prozesse

Eine kontinuierliche Nachverfolgung und Analyse der Prozesse in Entwicklungsprojekten und im Tagesgeschäft ermöglicht die Steigerung der Effizienz, Effektivität und Flexibilität, sodass interne und externe Kunden zufriedengestellt sowie Verschwendungen identifiziert und eliminiert werden können (HAQUE & JAMES-MOORE 2004, MORGAN & LIKER 2006). Beispielsweise sollten unerwünscht auftretende Iterationen nach Elezi et al. (ELEZI et al. 2011) eine Hauptursache für Abweichungen von der geplanten Entwicklungszeit, auf ihre Ursachen hin überprüft und letztere durch geeignete Maßnahmen zukünftig vermieden werden. Das kontinuierliche Reflektieren und Anpassen der Prozesse gilt es in der Unternehmensorganisation zu verankern, sodass bspw. nach Anpassung der Produktstrategie und -gestaltung die Entwicklungsprozesse dahingehend überprüft werden, ob sie unter den veränderten Randbedingungen für das Erzielen einer gleichbleibenden Leistung angepasst werden müssen.

Dafür können die im Projektmanagement nachgehaltenen Projektdaten, im Anschluss an die Projektdurchführung genutzt werden. Zum Beispiel kann die tatsächliche Dauer einzelner Arbeitspakete und Prozessschritte sowie die Gesamtprojektdauer den geplanten Zeiten gegenübergestellt und für die Verfeinerung der Planungsgenauigkeit zukünftiger Projekte genutzt werden. Darüber hinaus können protokollierte Gründe für Änderungen in der Planung analysiert werden.

(erweitert aus LINDEMANN 2012b)

Lieferanten einbeziehen – innerhalb und außerhalb des Unternehmens

Lieferanten, auch im Sinne der unternehmensinternen Fertigung, sollten frühzeitig in den Entwicklungsprozess mit einbezogen werden. Somit kann der Erkenntnisgewinn für die Detaillierung der Produktspezifikation in frühen Phasen erhöht und die Fehlerwahrscheinlichkeit in späten Phasen gesenkt werden (HAQUE & JAMES-MOORE 2004, HOPPMANN et al. 2011, MORGAN & LIKER 2006). Dies kann durch die Produktgestaltung unterstützt werden; z. B. ermöglicht eine modulare Produktgestaltung die voneinander entkoppelte Entwicklung einzelner Module, wodurch die Einbindung von externen Ressourcen vereinfacht wird. Allerdings ist es, bspw. auch bei der Plattformentwicklung wichtig, dass bereits zu einem frühen Zeitpunkt die Entwicklungsteams für Plattform und daraus abgeleitete Derivate sowie Personen aus der Fertigung eng zusammenarbeiten (RATAMÄKI 2004, SWINK 2000).

(angepasst aus LINDEMANN 2012b)

Minimierung von Schnittstellen innerhalb des Entwicklungsprozesses

Tritt bei einer Untersuchung von Informationsflüssen und Kommunikationsstrukturen im Unternehmen zu Tage, dass durch die hohe Verteilung von unterschiedlichen Rollen im Unternehmen Kommunikationswege mehrfach beschriftet werden müssen, gilt es zu prüfen, in wie weit sich die für die Kommunikation erforderlichen Schnittstellen minimieren lassen. Eine Möglichkeit stellt die Bündelung unterschiedlicher Rollen oder Verantwortlichkeiten in einer Person dar (KATYAL 2010). Somit erfolgen Abstimmungen nur noch auf einem definierten Kommunikationsweg und betreffen eine minimale Anzahl an Personen. Dies kann auch durch die Produktgestaltung unterstützt werden; z. B. ermöglicht eine modulare Produktgestaltung die voneinander entkoppelte Entwicklung einzelner Module. Als Analysemethode für Kommunikationsstrukturen bieten sich matrix-basierte Methoden wie die Design Structure Matrix (DSM) an (z. B. BROWNING & EPPINGER 2002, KREIMEYER 2010).

(angepasst aus LINDEMANN 2012b)

Simultaneous Engineering

Simultaneous Engineering stellt einen Ansatz zur Optimierung des Entwicklungsprozesses hinsichtlich Zeit, Kosten und Qualität dar (BULLINGER & WARSCHAT 1997). Nach Bullinger und Warschat (BULLINGER & WARSCHAT 1997) lässt sich Simultaneous Engineering wie folgt charakterisieren:

Es verfolgt die Hauptzielsetzungen Parallelisieren, Standardisieren und Integrieren. Dabei umfasst Parallelisieren die Verringerung der Entwicklungszeit durch die parallele Ausführung von Prozessen, die unabhängig voneinander sind. Zudem gilt es voneinander abhängige Prozesse zeitversetzt ablaufen zu lassen. Der nachfolgende Prozess sollte gestartet werden, sobald die erforderlichen Informationen aus dem noch laufenden Vorgängerprozess in ausreichendem Umfang zur Verfügung stehen.

Die Parallelisierung hat nicht nur eine Verkürzung der Entwicklungszeit zur Folge, sondern auch eine höhere Komplexität bei der Entscheidungsfindung. Deshalb sind die Standardisierung der Prozesse und Produkte und die Integration der Teilumfänge erforderlich. Durch das Standardisieren von

1) prozessualen Aspekten, wie Entwicklungsphasen oder der Ablauforganisation sowie von

- 2) technischen Aspekten, z. B. Entwicklung von Standardmodulen, und
 - 3) aufbauorganisatorischen Aspekten, z. B. Schnittstellen zwischen Projekten und Abteilungen
- kann erreicht werden, dass allen Beteiligten die erforderlichen Prozesse und Abhängigkeiten als Voraussetzung für parallelisiertes Arbeiten bekannt sind.

Dabei wird das Ziel verfolgt, unnötige Wiederholungen und Arbeiten zu vermeiden und aus den erarbeiteten, im Unternehmen vorhandenen Erkenntnissen für zukünftige Fragestellungen zu lernen.

Schließlich gilt es die, in Teilumfänge heruntergebrochene und einzelnen organisatorische Einheiten zugewiesene, Entwicklungsaufgabe zu integrieren. Schnittstellenverluste in Form von nicht abgestimmten Zeitplänen, unterschiedlichen Interpretationen der Aufgabenstellung oder fehlender Kenntnis der Anforderungen anderer Teilaufgaben sind zu vermeiden. Das kann zum einen durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit im Entwicklungsteam erreicht werden. So kann garantiert werden, dass alle Teams auf ein gemeinsames Ziel hinarbeiten und ein frühzeitiger, konsistenter Informationsfluss stattfinden kann. Zum anderen gilt es ein prozessorientiertes Denken und Handeln zu verankern, unternehmerisches Verhalten und Entscheidungsfreude der Beteiligten zu fördern sowie ein gemeinsames Verständnis des klardefinierten Gesamtziels einer Entwicklungsaufgabe zu schaffen.

Simultaneous Engineering kann somit durch die gleichzeitige Gestaltung von

Produkt (durch Entwicklung von Standards, Sicherstellen des Wiederfindens vorhandener Lösungen, Normteile und Standards für die Wiederverwendung, Dokumentation von Produkt und Produktionsprozess),

Aufbauorganisation (durch Implementierung von Projektmanagement für die Integration der Teilprozesse in einem Projekt und die frühe Beteiligung aller Disziplinen, Teamarbeit und Modelle für Projektkarrieren, Koordinationsgremien),

Ablauforganisation (durch Gestaltung von Prozessen zur Produktdatenerstellung und von Prozessen zur Unterstützung der Führungsprozesse, z. B. mit Hilfe von Werkzeugen für Projektmanagement) und

Ressourcenmanagement (sowohl von Humanressourcen als auch Sachressourcen) umgesetzt werden.

Dementsprechend ist es entscheidend, Simultaneous Engineering in der Unternehmensstrategie sowie der Projektstrategie auf geeignete Weise zu verankern, sodass die Parallelisierung der Entwicklungsabläufe durch Standardisierung der Prozesse und Produkte sowie Integration der Teilumfänge gewährleistet ist.

Set-Based Design

Beim Set-Based Design wird eine Vielzahl an Lösungsalternativen ausdetailliert und die Entscheidung für die auf den marktzubringende Lösung zu einem möglichst späten Zeitpunkt getroffen. Lösungen werden erst verworfen, wenn klar ist, dass sie die Anforderungen nicht voll erfüllen werden. Durch die hohe Anzahl an Alternativen kann die Wahrscheinlichkeit erhöht werden, dass eine optimale Lösung erzeugt wird. Bei der klassischen Herangehensweise wer-

den Lösungsalternativen früh ausgeschlossen, sodass ggfs. erst am Ende des Entwicklungsprozesses die unzureichende Anforderungserfüllung deutlich und eine erneute Lösungssuche erforderlich werden. Die Grundsätze der parallelen Entwicklung im Simultaneous Engineering unterstützen die beschriebene Herangehensweise (HOPPMANN et al. 2011, HAQUE & JAMES-MOORE 2004, WARD 2007).

(angepasst aus LINDEMANN 2012b)

Werkzeuge zum Prozessmanagement

Für die Unterstützung des Prozessmanagements gilt es geeignete Werkzeuge einzusetzen. Abhängig von den Unternehmensrandbedingungen können hierfür, z. B. in kleinen Unternehmen oder bei einer geringen Komplexität der Entwicklungsprozesse, MS Excel oder MS Visio eingesetzt werden. Weiterhin bieten sich Softwarewerkzeuge zur Prozessmodellierung oder Workflow-Werkzeuge an. (siehe z. B. BULLINGER & WARSCHAT 1997, S. 127 ff.)

Die eingesetzten Werkzeuge sollen die Visualisierung von identifizierten IST-Prozessen, die Modellierung von SOLL-Prozessen und die Pflege der Prozessabbildungen unterstützen. Zudem verfolgen diese Werkzeuge ähnliche Ziele wie Werkzeuge des Projektmanagements: Es gilt die kontinuierliche Analyse und Verbesserung der Prozesse, welche die Grundlage für die Projektplanung bilden, zu ermöglichen. Dafür können die im Projektmanagement nachgehaltenen Projektdaten, im Anschluss an die Projektdurchführung genutzt werden. Zum Beispiel kann die tatsächliche Dauer einzelner Arbeitspakete und Prozessschritte sowie die Gesamtprojektdauer den geplanten Zeiten gegenübergestellt und für die Verfeinerung der Planungsgenauigkeit zukünftiger Projekte genutzt werden. Darüber hinaus können protokollierte Gründe für Änderungen in der Planung analysiert werden. Daraus können gemeinsam mit den Daten aus der Leistungsmessung ggf. Schlussfolgerungen darüber gezogen werden, ob die der Projektplanung zugrundeliegenden Prozesse Verbesserungsbedarf aufweisen oder ob die Prozesse gelebt werden.

Maßnahmenkatalog – Kategorie Informationsfluss

Abbildung und Definition von Informationsflüssen

Die Gestaltung der Informationsorganisation ist von herausragender Bedeutung im Hinblick auf die Umsetzung eines optimalen Informationsflusses. Hier gilt es auf der einen Seite zu betrachten, wie die physische Umgebung gestaltet ist. Auf der anderen Seite gilt es, die digitale Umgebung zu optimieren. In beiden Fällen sollen Informationen explizit, verfügbar und verlässlich gemacht werden. Zunächst gilt es zu klären, welche Informationen, Dokumente oder auch Werkzeuge – ob physisch oder digital – notwendig sind und wer darauf wann zurückgreift. Insbesondere gilt es die Nachvollziehbarkeit des Informationsstandes – der Aktualität der Dokumente – sicher zu stellen.

Diese erforderlichen Informationsflüsse sind zu dokumentieren und auf geeignete Art und Weise zu visualisieren. Zudem sollten sie im Produktentwicklungsprozess verankert und in der entsprechenden Dokumentation hinterlegt werden. Dabei sind nicht nur Informationsflüsse innerhalb der Entwicklung bzw. innerhalb eines Projektteams zu hinterlegen, sondern insbesondere abteilungsübergreifende oder über ein Projekt hinausgehende Informationsflüsse. Durch

die vollständige Abbildung der Informationsflüsse kann erreicht werden, dass allen an der Entwicklung Beteiligten bewusst ist, wann welche Informationen an welche Stelle weiterzugeben sind. Zumindest steht eine Dokumentation zur Verfügung die bei Bedarf herangezogen werden kann, um Verzögerungen oder andere Symptome unzureichender Leistung zu vermeiden.

Die Ergebnisse bilden die Grundlage zur Definition von Standards für eine eindeutige, einfache und nachvollziehbare Dokumentenablage und Dokumentation von Wissen. Schließlich gilt es, diese Standards umzusetzen, nachhaltig zu verankern und kontinuierlich zu verbessern (WARD 2007, KATYAL 2010, MCMANUS 2005, MORGAN & LIKER 2006).

(angepasst aus LINDEMANN 2012b)

Maßnahmenkatalog – Kategorie Daten und Dokumentation

Effiziente und effektive Kommunikation und Dokumentation

Durch den Einsatz von semistrukturierten Formularen für die Dokumentation von Lösungen, Fehlern, Besprechungen etc. wird eine effektive Kommunikation und Dokumentation unterstützt und auf die entscheidenden Fakten fokussiert. Dabei gilt es, für den jeweiligen Kontext nützliche Medien oder Werkzeuge wie Graphen, Text, Zeichnungen, Kennzahlen oder Gleichungen einzusetzen. Des Weiteren ist eine gute Vorbereitung von allen Teilnehmern einer Besprechung o. ä. entscheidend für eine effiziente und effektive Kommunikation.

Dies geht Hand in Hand mit an die Unternehmensrandbedingungen angepasstem Management von Informationsflüssen bzw. von Daten und Dokumentation sowie Wissensmanagement. So kann unterstützt werden, dass definierte Standardumfänge, wie Plattformen, Module oder Gleich- und Wiederholteile, wiedergefunden und -verwendet werden.

(erweitert aus LINDEMANN 2012b)

Wissensmanagement, Best Practices, Dokumentation

Das Wissen aus der Bearbeitung bestimmter Aufgabenstellungen, wie z. B. Kundenreklamationen, kann durch eine standardisierte Dokumentation und Analyse gesichert werden. Mit Hilfe von Checklisten oder semistrukturierten Formularen (Formulare mit einer begrenzten Anzahl an definierten Inhalten und freien Bereichen für die Dokumentation) können Lösungen (Konzeptlösungen, Gestaltlösungen, Problemlösungen etc.), Vorgehensweisen oder andere Hinweise für alle Mitarbeiter zugänglich gemacht werden (HOPPMANN et al. 2011, MORGAN & LIKER 2006, OPPENHEIM 2004).

Für die vielfaltsgerechte Entwicklung und Produktgestaltung ist es insbesondere entscheidend, dass bestehende Lösungen für alle Entwicklerinnen und Entwickler verfügbar sind. Nur so kann sichergestellt werden, dass definierte Standardumfänge, wie Plattformen, Module oder Gleich- und Wiederholteile, von ihnen gefunden und wiederverwendet werden. Die geeignete Verwaltung bestehender Lösungen ist eine Grundvoraussetzung für die nachhaltige Umsetzung von Standardisierungsvorhaben bzw. Strategien zur vielfaltsgerechten Gestaltung.

(erweitert aus LINDEMANN 2012b).

Werkzeuge zur Datenablage und Dokumentation

Die Gestaltung der Informationsorganisation ist von herausragender Bedeutung im Hinblick auf die Umsetzung eines optimalen Informationsflusses. Hier gilt es auf der einen Seite zu betrachten, wie die physische Umgebung gestaltet ist. Auf der anderen Seite gilt es, die digitale Umgebung zu optimieren. In beiden Fällen sollen Informationen explizit, verfügbar und verlässlich gemacht werden. Zunächst ist zu klären, welche Informationen, Dokumente oder auch Werkzeuge – ob physisch oder digital – notwendig sind, und wer darauf wann zurückgreift. Insbesondere gilt es die Nachvollziehbarkeit des Informationsstandes – der Aktualität der Dokumente – sicher zu stellen. Die Ergebnisse bilden die Grundlage zur Definition von Standards für eine eindeutige, einfache und nachvollziehbare Dokumentenablage und Dokumentation von Wissen. Schließlich gilt es, diese Standards umzusetzen, nachhaltig zu verankern und kontinuierlich zu verbessern (KATYAL 2010, MCMANUS 2005, MORGAN & LIKER 2006, WARD 2007).

(angepasst aus LINDEMANN 2012b)

Definierte Standards für Ablage und Dokumentation

Die Gestaltung der Informationsorganisation ist von herausragender Bedeutung im Hinblick auf die Umsetzung eines optimalen Informationsflusses. Hier ist auf der einen Seite zu betrachten, wie die physische Umgebung gestaltet ist. Auf der anderen Seite gilt es, die digitale Umgebung zu optimieren. In beiden Fällen sollen Informationen explizit, verfügbar und verlässlich gemacht werden. Zunächst wird geklärt, welche Informationen, Dokumente oder auch Werkzeuge – ob physisch oder digital – notwendig sind und wer darauf wann zurückgreift. Insbesondere gilt es die Nachvollziehbarkeit des Informationsstandes – der Aktualität der Dokumente – sicher zu stellen. Die Ergebnisse bilden die Grundlage zur Definition von Standards für eine eindeutige, einfache und nachvollziehbare Dokumentenablage und Dokumentation von Wissen. Schließlich gilt es, diese Standards umzusetzen, nachhaltig zu verankern und kontinuierlich zu verbessern (KATYAL 2010, MCMANUS 2005, MORGAN & LIKER 2006, WARD 2007).

(angepasst aus LINDEMANN 2012b)

Maßnahmenkatalog – Kategorie Führung und Mitarbeiter / innen

Angemessener Führungsstil

Der Führungsstil sollte für den Unternehmenskontext angemessen sein. Um nachhaltig und langfristig ein erfolgreiches Variantenmanagement oder Lean Development einführen und verankern zu können, müssen Führungskräfte das Vorhaben unterstützen und mittragen. Es gilt die erforderlichen Ressourcen zur Verfügung zu stellen sowie als Führungskraft mitzugestalten. Letzteres umfasst die Mitarbeit bei Definition und Umsetzung von Maßnahmen.

Eine Führungskraft soll ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in das Vorhaben, wie z. B. bei der Ausgestaltung der Maßnahmen, miteinbeziehen und dafür ggf. ihre Kompetenzen z. B. durch geeignete Schulungen erweitern. Lebt eine Führungskraft das von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern gewünschte Verhalten nicht vor (wenn die Führungskraft häufig ohne berechtigten Grund von definierten Prozessen abweicht), ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass dieses Verhalten von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern übernommen wird. Der Sinn und Zweck

der Regelung wird gegenüber den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aufgeweicht. (Siehe auch BULLINGER & WARSCHAT 1997)

Definition von Verantwortlichkeiten/ Zuständigkeiten

Die klare Definition von Verantwortlichkeiten, z. B. nach Meyer und Lehnerd (MEYER & LEHNERD 1997) von einzelnen Personen für bestimmte am Markt erfolgreiche Produkte, stellt sicher, dass sowohl Qualitäts- als auch Effizienzziele im Entwicklungsprozess erreicht werden können. Fehlen klare Verantwortlichkeiten, z. B. für einzelne Produkte oder Plattformen, bzw. ist jeder mitverantwortlich, fühlt sich letztlich möglicherweise niemand mehr zuständig (MEYER & LEHNERD 1997). Das mittlere Management sollte über die Integration von Teilmängeln in der Entwicklung entscheiden und somit nicht nur die dafür erforderlichen methodischen Fähigkeiten sondern auch ein Verständnis für die Unternehmens- und Produktstrategie aufweisen.

Personen in Teamleitungsfunktionen sollten den Auftrag erhalten, Koordinierungsaufgaben sowie Aktivitäten, die nur auf eine Teilverbesserung des Produktes abzielen, auf das erforderliche Maß zu minimieren (LAU 2009). Dies hat zur Folge, dass die Aufgabenvielfalt und -zahl innerhalb des Teams verringert wird. Durch die geringere Menge unterschiedlicher Tätigkeiten müssen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter die Arbeit an einer Aufgabe weniger oft unterbrechen. Dadurch tritt zum einen weniger Zeitverlust durch erneutes Einarbeiten in die Aufgabenstellung auf, zum anderen haben die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter das Gefühl effektiver und effizienter arbeiten zu können.

Bei der Minimierung von Koordinationsaufgaben, wie Tätigkeiten in Projektplanung- und Management oder Verschlankung von Prozessen, ist es entscheidend, ein auf die Unternehmensrandbedingungen abgestimmtes Mittelmaß zwischen zu komplexen, die Effizienz der Entwicklung behindernden, und zu wenig definierten Abläufen zu finden.

Personalentwicklung

Die Kompetenzen der Mitarbeiter sind eine entscheidende Grundlage für die Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen, wie die Anpassung des Entwicklungsprozesses oder die Verankerung einer kontinuierlichen Analyse und Reflexion des Entwicklungsprozesses. Die Ausbildung und Erweiterung der Kompetenzen der Mitarbeiter ist eine Voraussetzung für den Erfolg von Maßnahmen zur Eliminierung von Verschwendung. Durch geeignete Schulungs- und Weiterbildungsmaßnahmen im Rahmen eines umfassenden Konzeptes zur Personalentwicklung muss deshalb die Qualifikation der Mitarbeiter gewährleistet werden (MORGAN & LIKER 2006).

Es gilt insbesondere die Kompetenzen aufzubauen und zu fördern, die für eine vielfaltsgerechte Gestaltung des Produktportfolios und vielfaltsgerechte Entwicklung erforderlich sind. Dazu gehören, neben Methoden zur Definition standardisierter Umfänge, wie Plattformen oder Module, Kenntnisse in (Multi-) Projektplanung und -management.

(ergänzt aus LINDEMANN 2012b)

Bewusstsein der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Führung und Team

Diese Maßnahme ist eng mit dem Thema Personalentwicklung verknüpft. Es ist entscheidend, dass Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aller Hierarchieebenen nicht nur darum wissen, dass de-

finierte Vorgaben, wie z. B. ein festgelegter Plattformentwicklungsprozess oder Dokumentationsstandards, existieren, sondern sich auch deren Inhalt verinnerlicht haben. Das ist die Voraussetzung dafür, dass die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ein Bewusstsein dafür entwickeln, welche Auswirkungen das Nicht-Einhalten dieser Vorgaben auf die Leistungsfähigkeit der Entwicklung hat.

Darüber hinaus ist dieses Bewusstsein eine erforderliche Randbedingung für die nachhaltige Umsetzung und Einhaltung z. B. einer neugestalteten Strategie bzw. von Verbesserungsmaßnahmen. (siehe auch BULLINGER & WARSCHAT 1997)

Motivation des Teams sichern

Die Motivation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter muss durch geeignete Maßnahmen gesichert werden. So kann ihre Disziplin gesteigert werden, Standards in Prozessen, wie bei der Dokumentation, mitzutragen und einzuhalten. Ein Mittel dafür können Anreizsysteme sein. Anreizsysteme bieten die Möglichkeit die Motivation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu erhöhen, organisatorischen Wandel mitzutragen und mitzugestalten oder Vorgaben einzuhalten, wie z. B. einen neugestalteten Änderungsprozess. (Siehe auch BULLINGER & WARSCHAT 1997)

Zudem schlagen Tabrizi & Walleigh (TABRIZI & WALLEIGH 1997) vor Anreize zu nutzen, um ungleichmäßigem Arbeitsaufkommen entgegenzuwirken. Eine gleichmäßigere Auslastung der Entwicklung lässt sich durch eine gleichmäßig hohe Anzahl an Entwicklungsprojekten erreichen. Das Entwickeln neuer Ideen von Personen aus Vertrieb und Entwicklung bzw. effektives Planen von Produktvarianten, sodass Lücken im Produktportfolio marktgerecht gefüllt werden können, sollte demnach belohnt werden (TABRIZI & WALLEIGH 1997).

Eigenverantwortliches Planen und Fördern von Eigenverantwortlichkeit

Mitarbeiter sollten zwischen regelmäßigen Meilensteinen ihre Arbeitspakete und Tätigkeiten eigenverantwortlich planen und nachverfolgen. Dies steigert die Motivation und die Identifikation der Entwickler mit ihrer Arbeit. Entwickler können so selbst neue Wege zur Effizienzsteigerung wählen. Durch die regelmäßigen Meilensteine kann der Projektfortschritt von den Vorgesetzten nachverfolgt und kontrolliert werden. Der aktuelle Status sollte mit Hilfe von Kennzahlen und Visualisierungsmöglichkeiten überwacht werden. Um ein allgemeines Bewusstsein über die Rolle des Einzelnen im Projekt sowie den allgemeinen Projektfortschritt zu schaffen, kann diese Visualisierung und die Messung der Kennzahlen als Kommunikationsmedium genutzt werden (HOPPMANN et al. 2011).

Des Weiteren soll die Eigenverantwortlichkeit der Mitarbeiter gefördert werden, sodass Sie Missstände oder Verschwendungssymptome, die sie beobachten, frei äußern und so zu einer kontinuierlichen Verbesserung der Entwicklungsprozesse beitragen können.

(aus LINDEMANN 2012b)

Spezialisten

Das Herausbilden von Spezialisten für unterschiedliche technische Bereiche begünstigt den Aufbau einer fundierten technischen Expertise im Sinne einer lernenden Organisation. Dies begünstigt den kontinuierlichen Verbesserungsprozess und das Streben nach Perfektion im Lean Development (HOPPMANN et al. 2011, MORGAN 2002).

Vor dem Hintergrund des Variantenmanagements ist es, entscheidend, dass Spezialisten in den technologischen Kernkompetenzen des Unternehmens Teil des Entwicklungsteams für Plattformen bzw. Produktfamilien /-varianten sind (RATAMÄKI 2004). Das gleiche gilt für Spezialisten aus unterschiedlichen Vertriebsbereichen (RATAMÄKI 2004, BIAZZO 2009). So werden sowohl die Qualität der Produktplattform bzw. Produktfamilien / -varianten, als auch deren Marktgerechtheit sichergestellt.

(erweitert nach LINDEMANN 2012b)

Starker Projektleiter

Ein starker Projektleiter ist für die Definition des innerhalb der Entwicklung zu erzielenden Wertes verantwortlich. Dafür beteiligt er sich an der Definition des Kundenwertes und der Produktanforderungen. Daneben ist er für das Projektmanagement verantwortlich. Durch sein fundiertes technisches Wissen und seine große Erfahrung ist er eine zentrale Figur im Entwicklungsprozess. Im Detail bedeutet das, dass der starke Projektmanager nicht nur eine Vision des Produktes und seines Wertes zu kommunizieren, sondern auch die Architektur von Produkt und Wertschöpfungsprozess definieren muss. Es gilt, einen Überblick über mögliche Technologien und Funktionen zu behalten, um bei interdisziplinären Fragestellungen und Problemen zwischen unterschiedlichen Abteilungen Hilfestellung zu leisten. Zudem muss er den Entwicklungsprozess überwachen und durch schnelle und fundierte Entscheidungen unterstützen. Zusätzlich kann eine Trennung der operativen Projektleitung von den administrativen Tätigkeiten, wie Projektmanagement, zu einem effektiveren Ablauf des Entwicklungsprozesses führen (HOPPMANN et al. 2011, MORGAN & LIKER 2006, OPPENHEIM 2004, WARD 2007).

Einem Team, das für die Entwicklung von Plattformen bzw. Modulen verantwortlich ist, sollte über Entscheidungskompetenzen bezüglich der verantworteten Umfänge verfügen (KOUFTEROS et al. 2002, MCGRATH 2001). Das unterstützt die Effizienz der Entwicklungsvorgänge, da lange Entscheidungswege vermieden werden.

(erweitert nach LINDEMANN 2012b)

Anreizsysteme

Anreizsysteme bieten die Möglichkeit die Motivation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu erhöhen organisatorischen Wandel mitzutragen und mitzugestalten oder Vorgaben einzuhalten, wie z. B. einem neugestalteten Änderungsprozess. (Siehe auch BULLINGER & WARSCHAT 1997)

Darüber hinaus schlagen Tabrizi & Walleigh (TABRIZI & WALLEIGH 1997) vor, Anreize zu nutzen, um ungleichmäßigem Arbeitsaufkommen entgegenzuwirken. Eine gleichmäßigere Auslastung der Entwicklung lässt sich durch eine gleichmäßig hohe Anzahl an Entwicklungsprojekten erreichen. Das Entwickeln neuer Ideen von Personen aus Vertrieb und Entwicklung bzw. effektives Planen von Produktvarianten, sodass Lücken im Produktportfolio marktgerecht gefüllt werden können, sollte demnach belohnt werden (TABRIZI & WALLEIGH 1997).

Siehe auch **Motivation des Teams sichern**

Maßnahmenkatalog – Kategorie allgemeine Maßnahmen

Verschwendungsanalyse

Die Verschwendungsidentifikation und -analyse dient dazu, Probleme bzw. Verschwendungssymptome und deren Ursachen aufzudecken. Verschwendungen können mit Hilfe unterschiedlicher Methoden erkannt werden. Zum einen können Workshops zur Diskussion der aktuellen Entwicklungsprozesse und des üblichen Tagesgeschäfts eingesetzt werden, um so Informationsflüsse und Abhängigkeiten innerhalb und zwischen diesen Prozessen zu erkennen. Notwendige Abhängigkeiten und Abläufe können somit priorisiert, gebündelt und optimal geplant werden. Unnötige Tätigkeiten u. ä. werden anschließend eliminiert. Alternativ bietet sich der Einsatz von Fragebögen zur Erfassung des Meinungsbildes einer breiten Anzahl von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern an. Dies kann z. B. durch den Einsatz von Online-Lösungen unterstützt werden (z. B. www.effizienz-in-der-entwicklung.de). Weiterhin können Matrix basierte Methoden, wie z. B. Design Structure-Matrix oder Multiple Domain-Matrix sowie Value Stream Mapping zur Verschwendungsanalyse genutzt werden (BROWNING & EPPINGER 2002, ELEZI et al. 2010, HAQUE & JAMES-MOORE 2004, MCMANUS 2005, MORGAN & LIKER 2006, WARD 2007). (angepasst aus LINDEMANN 2012b)

Konfigurator LINDEMANN 2012a, LINDEMANN 2012b LINDEMANN 2012a, LINDEMANN 2012b

Konfiguratoren werden u. a. von Unternehmen wie Automobilherstellern genutzt. Ihre Kundinnen und Kunden können sich ihr Wunschprodukt bzw. die Wunschausstattung ihres Fahrzeugs in Online-Portalen definieren. Es werden für die Merkmale eines Produktes bzw. für die Merkmale unterschiedlicher Baugruppen bzw. Module verschiedene Auswahlmöglichkeiten angeboten, aus denen gewählt werden kann. Diese Konfiguratoren lassen sich nicht nur für die Kommunikation mit dem Endkunden verwenden, sondern können auch die Kommunikation innerhalb des Unternehmens erleichtern.

Es gibt grundsätzlich zwei Herangehensweisen, um die Entstehung von interner Vielfalt im Unternehmen mit Hilfe von Konfiguratoren zu beherrschen. Eine Möglichkeit besteht darin, alle definierten, modularen Varianten vorab zu entwickeln sowie im Konfigurator abzubilden und so den Aufwand bei der Angebotserstellung im Vertriebsumfeld zu minimieren (sinnvoll bei Serienfertigern) (BIENIEK 2001).

Die andere Möglichkeit zielt auf die Verkürzung der Durchlaufzeit und den Aufwand bei der Auftragsabwicklung ab. Es gilt die auftragsbezogene Entwicklung zu minimieren. Dafür ist es, entscheidend, dass im Fall von neuen Aufträgen ein möglichst großer Umfang mit bestehenden Lösungen abgedeckt wird. Die bestehenden Lösungen werden dafür dem Vertrieb über den Konfigurator zugänglich gemacht. Die Entscheidung für eine auftragsbezogene Entwicklung, sollte nur nach Abwägung strategischer Aspekte, wie die Bedeutung des Kunden oder erzielbarer Absatzzahlen getroffen werden. Es muss bei Vertrieb und Entwicklung das Bewusstsein dafür vorhanden sein, dass auftragsbezogene Entwicklungen einen zusätzlichen Aufwand und höhere Kosten bedeuten. (BIENIEK 2001)

So können im einfachsten Fall zwei Perspektiven im Konfigurator hinterlegt sein. Eine Produktmerkmalssicht des Vertriebs und eine technische Sicht der Entwicklung. Beide Sichten

sind derart verknüpft, dass vorhandene physische Lösungen den Produktmerkmalen, bzw. in Verkaufsgruppen gruppierte Produktmerkmale, zugeordnet sind.

Sonstige Maßnahmen

Keine der Maßnahmen lässt sich auf Basis Ihrer Erfahrung und der spezifischen Randbedingungen Ihres Unternehmens für die Eliminierung der betrachteten Ursache einsetzen?

Welche alternativen Maßnahmen wären aus Ihrer Sicht denkbar? Wurden für eine ähnliche Herausforderung bereits andere Maßnahmen in Ihrem Unternehmen umgesetzt?

Bitte dokumentieren Sie im **Kommentarfeld** Ihre Erfahrungen und Ideen.

8. 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 KITTSTEINER, H.-J.:
Die Auswahl und Gestaltung von kostengünstigen Welle-Nabe-Verbindungen.
München: Hanser 1990. (Konstruktionstechnik München, Band 3). Zugl. München: TU, Diss. 1989.
- D29 HILLEBRAND, A.:
Ein Kosteninformationssystem für die Neukonstruktion mit der Möglichkeit zum Anschluss an ein CAD-
System.
München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 4). Zugl. München: TU, Diss. 1990.
- D30 DYLLA, N.:
Denk- und Handlungsabläufe beim Konstruieren.
München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 5). Zugl. München: TU, Diss. 1990.
- D31 MÜLLER, R.:
Datenbankgestützte Teileverwaltung und Wiederholteilsuche.
München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 6). Zugl. München: TU, Diss. 1990.
- D32 NEESE, J.:
Methodik einer wissensbasierten Schadenanalyse am Beispiel Wälzlagerungen.
München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 7). Zugl. München: TU, Diss. 1991.
- D33 SCHAAL, S.:
Integrierte Wissensverarbeitung mit CAD – Am Beispiel der konstruktionsbegleitenden Kalkulation.
München: Hanser 1992. (Konstruktionstechnik München, Band 8). Zugl. München: TU, Diss. 1991.
- D34 BRAUNSPERGER, M.:
Qualitätssicherung im Entwicklungsablauf – Konzept einer präventiven Qualitätssicherung für die Auto-
mobilindustrie.
München: Hanser 1993. (Konstruktionstechnik München, Band 9). Zugl. München: TU, Diss. 1992.
- D35 FEICHTER, E.:
Systematischer Entwicklungsprozess am Beispiel von elastischen Radialversatzkupplungen.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 10). Zugl. München: TU, Diss. 1992.
- D36 WEINBRENNER, V.:
Produktlogik als Hilfsmittel zum Automatisieren von Varianten- und Anpassungskonstruktionen.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 11). Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D37 WACH, J. J.:
Problemspezifische Hilfsmittel für die Integrierte Produktentwicklung.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 12). Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D38 LENK, E.:
Zur Problematik der technischen Bewertung.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 13). Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D39 STUFFER, R.:
Planung und Steuerung der Integrierten Produktentwicklung.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 14). Zugl. München: TU, Diss. 1993.

- D40 SCHIEBELER, R.:
Kostengünstig Konstruieren mit einer rechnergestützten Konstruktionsberatung.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 15). Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D41 BRUCKNER, J.:
Kostengünstige Wärmebehandlung durch Entscheidungsunterstützung in Konstruktion und Härterei.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 16). Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D42 WELLNIAK, R.:
Das Produktmodell im rechnerintegrierten Konstruktionsarbeitsplatz.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 17). Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D43 SCHLÜTER, A.:
Gestaltung von Schnappverbindungen für montagegerechte Produkte.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 18). Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D44 WOLFRAM, M.:
Feature-basiertes Konstruieren und Kalkulieren.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 19). Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D45 STOLZ, P.:
Aufbau technischer Informationssysteme in Konstruktion und Entwicklung am Beispiel eines elektronischen Zeichnungsarchives.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 20). Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D46 STOLL, G.:
Montagegerechte Produkte mit feature-basiertem CAD.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 21). Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D47 STEINER, J. M.:
Rechnergestütztes Kostensenken im praktischen Einsatz.
Aachen: Shaker 1996. (Konstruktionstechnik München, Band 22). Zugl. München: TU, Diss. 1995.
- D48 HUBER, T.:
Senken von Montagezeiten und -kosten im Getriebebau.
München: Hanser 1995. (Konstruktionstechnik München, Band 23). Zugl. München: TU, Diss. 1995.
- D49 DANNER, S.:
Ganzheitliches Anforderungsmanagement für marktorientierte Entwicklungsprozesse.
Aachen: Shaker 1996. (Konstruktionstechnik München, Band 24). Zugl. München: TU, Diss. 1996.
- D50 MERAT, P.:
Rechnergestützte Auftragsabwicklung an einem Praxisbeispiel.
Aachen: Shaker 1996. (Konstruktionstechnik München, Band 25). Zugl. München: TU, Diss. 1996 u. d. T.: MERAT, P.: Rechnergestütztes Produktleitsystem
- D51 AMBROSY, S.:
Methoden und Werkzeuge für die integrierte Produktentwicklung.
Aachen: Shaker 1997. (Konstruktionstechnik München, Band 26). Zugl. München: TU, Diss. 1996.
- D52 GIAPOULIS, A.:
Modelle für effektive Konstruktionsprozesse.
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 27). Zugl. München: TU, Diss. 1996.
- D53 STEINMEIER, E.:
Realisierung eines systemtechnischen Produktmodells – Einsatz in der Pkw-Entwicklung
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 28). Zugl. München: TU, Diss. 1998.
- D54 KLEEDÖRFER, R.:
Prozess- und Änderungsmanagement der Integrierten Produktentwicklung.
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 29). Zugl. München: TU, Diss. 1998.

- D55 GÜNTHER, J.:
Individuelle Einflüsse auf den Konstruktionsprozess.
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 30). Zugl. München: TU, Diss. 1998.
- D56 BIERSACK, H.:
Methode für Krafteinleitungsstellenkonstruktion in Blechstrukturen.
München: TU, Diss. 1998.
- D57 IRLINGER, R.:
Methoden und Werkzeuge zur nachvollziehbaren Dokumentation in der Produktentwicklung.
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 31). Zugl. München: TU, Diss. 1999.
- D58 EILETZ, R.:
Zielkonfliktmanagement bei der Entwicklung komplexer Produkte – am Bsp. PKW-Entwicklung.
Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 32). Zugl. München: TU, Diss. 1999.
- D59 STÖSSER, R.:
Zielkostenmanagement in integrierten Produkterstellungsprozessen.
Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 33). Zugl. München: TU, Diss. 1999.
- D60 PHLEPS, U.:
Recyclinggerechte Produktdefinition – Methodische Unterstützung für Upgrading und Verwertung.
Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 34). Zugl. München: TU, Diss. 1999.
- D61 BERNARD, R.:
Early Evaluation of Product Properties within the Integrated Product Development.
Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 35). Zugl. München: TU, Diss. 1999.
- D62 ZANKER, W.:
Situative Anpassung und Neukombination von Entwicklungsmethoden.
Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 36). Zugl. München: TU, Diss. 1999.

Reihe Produktentwicklung München

- D63 ALLMANSBERGER, G.:
Erweiterung der Konstruktionsmethodik zur Unterstützung von Änderungsprozessen in der Produktentwicklung.
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 37). Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D64 ASSMANN, G.:
Gestaltung von Änderungsprozessen in der Produktentwicklung.
München: Utz 2000. (Produktentwicklung München, Band 38). Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D65 BICHLMAIER, C.:
Methoden zur flexiblen Gestaltung von integrierten Entwicklungsprozessen.
München: Utz 2000. (Produktentwicklung München, Band 39). Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D66 DEMERS, M. T.:
Methoden zur dynamischen Planung und Steuerung von Produktentwicklungsprozessen.
München: Dr. Hut 2000. (Produktentwicklung München, Band 40). Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D67 STETTER, R.:
Method Implementation in Integrated Product Development.
München: Dr. Hut 2000. (Produktentwicklung München, Band 41). Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D68 VIERTLBÖCK, M.:
Modell der Methoden- und Hilfsmittelführung im Bereich der Produktentwicklung.
München: Dr. Hut 2000. (Produktentwicklung München, Band 42). Zugl. München: TU, Diss. 2000.

- D69 COLLIN, H.:
Management von Produkt-Informationen in kleinen und mittelständischen Unternehmen.
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 43). Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D70 REISCHL, C.:
Simulation von Produktkosten in der Entwicklungsphase.
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 44). Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D71 GAUL, H.-D.:
Verteilte Produktentwicklung - Perspektiven und Modell zur Optimierung.
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 45). Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D72 GIERHARDT, H.:
Global verteilte Produktentwicklungsprojekte – Ein Vorgehensmodell auf der operativen Ebene.
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 46). Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D73 SCHOEN, S.:
Gestaltung und Unterstützung von Community of Practice.
München: Utz 2000. (Produktentwicklung München, Band 47). Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D74 BENDER, B.:
Zielorientiertes Kooperationsmanagement.
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 48). Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D75 SCHWANKL, L.:
Analyse und Dokumentation in den frühen Phasen der Produktentwicklung.
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 49). Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D76 WULF, J.:
Elementarmethoden zur Lösungssuche.
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 50). Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D77 MÖRTL, M.:
Entwicklungsmanagement für langlebige, upgradinggerechte Produkte.
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 51). Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D78 GERST, M.:
Strategische Produktentscheidungen in der integrierten Produktentwicklung.
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 52). Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D79 AMFT, M.:
Phasenübergreifende bidirektionale Integration von Gestaltung und Berechnung.
München: Dr. Hut 2003. (Produktentwicklung München, Band 53). Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D80 FÖRSTER, M.:
Variantenmanagement nach Fusionen in Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus.
München: TU, Diss. 2003.
- D81 GRAMANN, J.:
Problemmodelle und Bionik als Methode.
München: Dr. Hut 2004. (Produktentwicklung München, Band 55). Zugl. München: TU, Diss. 2004.
- D82 PULM, U.:
Eine systemtheoretische Betrachtung der Produktentwicklung.
München: Dr. Hut 2004. (Produktentwicklung München, Band 56). Zugl. München: TU, Diss. 2004.
- D83 HUTTERER, P.:
Reflexive Dialoge und Denkbausteine für die methodische Produktentwicklung.
München: Dr. Hut 2005. (Produktentwicklung München, Band 57). Zugl. München: TU, Diss. 2005.
- D84 FUCHS, D.:
Konstruktionsprinzipien für die Problemanalyse in der Produktentwicklung.
München: Dr. Hut 2006. (Produktentwicklung München, Band 58). Zugl. München: TU, Diss. 2005.

- D85 PACHE, M.:
Sketching for Conceptual Design.
München: Dr. Hut 2005. (Produktentwicklung München, Band 59). Zugl. München: TU, Diss. 2005.
- D86 BRAUN, T.:
Methodische Unterstützung der strategischen Produktplanung in einem mittelständisch geprägten Umfeld.
München: Dr. Hut 2005. (Produktentwicklung München, Band 60). Zugl. München: TU, Diss. 2005.
- D87 JUNG, C.:
Anforderungskklärung in interdisziplinärer Entwicklungsumgebung.
München: Dr. Hut 2006. (Produktentwicklung München, Band 61). Zugl. München: TU, Diss. 2006.
- D88 HEBLING, T.:
Einführung der Integrierten Produktpolitik in kleinen und mittelständischen Unternehmen.
München: Dr. Hut 2006. (Produktentwicklung München, Band 62). Zugl. München: TU, Diss. 2006.
- D89 STRICKER, H.:
Bionik in der Produktentwicklung unter der Berücksichtigung menschlichen Verhaltens.
München: Dr. Hut 2006. (Produktentwicklung München, Band 63). Zugl. München: TU, Diss. 2006.
- D90 NIBL, A.:
Modell zur Integration der Zielkostenverfolgung in den Produktentwicklungsprozess.
München: Dr. Hut 2006. (Produktentwicklung München, Band 64). Zugl. München: TU, Diss. 2006.
- D91 MÜLLER, F.:
Intuitive digitale Geometriemodellierung in frühen Entwicklungsphasen.
München: Dr. Hut 2007. (Produktentwicklung München, Band 65). Zugl. München: TU, Diss. 2006.
- D92 ERDELL, E.:
Methodenanwendung in der Hochbauplanung – Ergebnisse einer Schwachstellenanalyse.
München: Dr. Hut 2006. (Produktentwicklung München, Band 66). Zugl. München: TU, Diss. 2006.
- D93 GAHR, A.:
Pfadkostenrechnung individualisierter Produkte.
München: Dr. Hut 2006. (Produktentwicklung München, Band 67). Zugl. München: TU, Diss. 2006.
- D94 RENNER, I.:
Methodische Unterstützung funktionsorientierter Baukastenentwicklung am Beispiel Automobil.
München: Dr. Hut 2007 (Reihe Produktentwicklung) Zugl. München: TU, Diss. 2007.
- D95 PONN, J.:
Situative Unterstützung der methodischen Konzeptentwicklung technischer Produkte.
München: Dr. Hut 2007 (Reihe Produktentwicklung) Zugl. München: TU, Diss. 2007.
- D96 HERFELD, U.:
Matrix-basierte Verknüpfung von Komponenten und Funktionen zur Integration von Konstruktion und numerischer Simulation.
München: Dr. Hut 2007. (Produktentwicklung München, Band 70). Zugl. München: TU, Diss. 2007.
- D97 SCHNEIDER, S.:
Model for the evaluation of engineering design methods.
München: Dr. Hut 2008 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2007.
- D98 FELGEN, L.:
Systemorientierte Qualitätssicherung für mechatronische Produkte.
München: Dr. Hut 2007 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2007.
- D99 GRIEB, J.:
Auswahl von Werkzeugen und Methoden für verteilte Produktentwicklungsprozesse.
München: Dr. Hut 2007 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2007.

- D100 MAURER, M.:
Structural Awareness in Complex Product Design.
München: Dr. Hut 2007 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2007.
- D101 BAUMBERGER, C.:
Methoden zur kundenspezifischen Produktdefinition bei individualisierten Produkten.
München: Dr. Hut 2007 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2007.
- D102 KEIJZER, W.:
Wandlungsfähigkeit von Entwicklungsnetzwerken – ein Modell am Beispiel der Automobilindustrie.
München: Dr. Hut 2007 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2007.
- D103 LORENZ, M.:
Handling of Strategic Uncertainties in Integrated Product Development.
München: Dr. Hut 2009 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2008.
- D104 KREIMEYER, M.:
Structural Measurement System for Engineering Design Processes.
München: Dr. Hut 2010 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2009.
- D105 DIEHL, H.:
Systemorientierte Visualisierung disziplinübergreifender Entwicklungsabhängigkeiten mechatronischer Automobilsysteme.
München: Dr. Hut 2009 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2009.
- D106 DICK, B.:
Untersuchung und Modell zur Beschreibung des Einsatzes bildlicher Produktmodelle durch Entwicklerteams in der Lösungssuche.
München: Dr. Hut 2009 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2009.
- D107 GAAG, A.:
Entwicklung einer Ontologie zur funktionsorientierten Lösungssuche in der Produktentwicklung.
München: Dr. Hut 2010 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2010.
- D108 ZIRKLER, S.:
Transdisziplinäres Zielkostenmanagement komplexer mechatronischer Produkte.
München: Dr. Hut 2010 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2010.
- D109 LAUER, W.:
Integrative Dokumenten- und Prozessbeschreibung in dynamischen Produktentwicklungsprozessen.
München: Dr. Hut 2010 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2010.
- D110 MEIWALD, T.:
Konzepte zum Schutz vor Produktpiraterie und unerwünschtem Know-how-Abfluss.
München: Dr. Hut 2011 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2011.
- D111 ROELOFSEN, J.:
Situationsspezifische Planung von Produktentwicklungsprozessen.
München: Dr. Hut 2011 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2011.
- D112 PETERMANN, M.:
Schutz von Technologiewissen in der Investitionsgüterindustrie.
München: Dr. Hut 2011 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2011.
- D113 GORBEA, C.:
Vehicle Architecture and Lifecycle Cost Analysis in a New Age of Architectural Competition.
München: Dr. Hut 2011 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2011.
- D114 FILOUS, M.:
Lizenzierungsgerechte Produktentwicklung – Ein Leitfaden zur Integration lizenzierungsrelevanter Aktivitäten in Produktentstehungsprozessen des Maschinen- und Anlagenbaus.
München: Dr. Hut 2011 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2011.

- D115 ANTON, T.:
Entwicklungs- und Einführungsmethodik für das Projektierungswerkzeug Pneumatiksimulation.
München: Dr. Hut 2011 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2011.
- D116 KESPER, H.:
Gestaltung von Produktvariantenspektren mittels matrixbasierter Methoden.
München: Dr. Hut 2012 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2012.
- D117 KIRSCHNER, R.:
Methodische Offene Produktentwicklung.
München: TU, Diss. 2012.
- D118 HEPPELE, C.:
Planung lebenszyklusgerechter Leistungsbündel.
München: Dr. Hut 2013 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2013.
- D119 HELLENBRAND, D.:
Transdisziplinäre Planung und Synchronisation mechatronischer Produktentwicklungsprozesse.
München: Dr. Hut 2013 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2013.
- D120 EBERL, T.:
Charakterisierung und Gestaltung des Fahr-Erlebens der Längsführung von Elektrofahrzeugen.
München: TU, Diss. 2014.
- D121 KAIN, A.:
Methodik zur Umsetzung der Offenen Produktentwicklung.
München: Dr. Hut 2014 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2014.
- D122 ILIE, D.:
Systematisiertes Ziele- und Anforderungsmanagement in der Fahrzeugentwicklung.
München: Dr. Hut 2013 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2013.
- D123 HELTEN, K.:
Einführung von Lean Development in mittelständische Unternehmen - Beschreibung, Erklärungsansatz
und Handlungsempfehlungen.
TU München: 2013. (als Dissertation eingereicht)
- D124 SCHRÖER, B.:
Lösungskomponente Mensch. Nutzerseitige Handlungsmöglichkeiten als Bausteine für die kreative Ent-
wicklung von Interaktionslösungen.
TU München: 2013. (als Dissertation eingereicht)
- D125 KORTLER, S.:
Absicherung von Eigenschaften komplexer und variantenreicher Produkte in der Produktentwicklung.
München: Dr. Hut 2014 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2014.
- D126 KOHN, A.:
Entwicklung einer Wissensbasis für die Arbeit mit Produktmodellen.
TU München: 2013. (als Dissertation eingereicht)
- D127 FRANKE, S.:
Strategieorientierte Vorentwicklung komplexer Produkte – Prozesse und Methoden zur zielgerichteten
Komponentenentwicklung am Beispiel Pkw.
Göttingen: Cuvillier, E 2014.
- D128 HOOSHMAND, A.:
Solving Engineering Design Problems through a Combination of Generative Grammars and Simulations.
München: Dr. Hut 2014 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2014.
- D129 KISSEL, M.:
Mustererkennung in komplexen Produktportfolios.
TU München: 2014. (als Dissertation eingereicht)

- D130 NIES, B.:
Nutzungsgerechte Dimensionierung des elektrischen Antriebssystems für Plug-In Hybride.
München: TU, Diss. 2014.
- D131 KIRNER, K.:
Zusammenhang zwischen Leistung in der Produktentwicklung und Variantenmanagement – Einflussmodell und Analyseverfahren.
München: Dr. Hut 2014 (Reihe Produktentwicklung). Zugl. München: TU, Diss. 2014.
- D132 BIEDERMANN, W.:
A minimal set of network metrics for analysing mechatronic product concepts.
TU München: 2014. (als Dissertation eingereicht)
- D133 SCHENKL, S.:
Wissensorientierte Entwicklung von Produkt-Service-Systemen.
TU München: 2014. (als Dissertation eingereicht)
- D134 SCHRIEVERHOFF, P.:
Valuation of Adaptability in System Architecture.
TU München: 2014. (als Dissertation eingereicht)