



Institut für Konstruktionstechnik
und Technisches Design
Universität Stuttgart
Prof. Dr.-Ing. H. Binz

Carsten Alexander Karthaus

**Methode zur Rückführung von
Erprobungswissen in die
Produktentwicklung am Beispiel
Fahrzeugtriebstrang**

Bericht Nr. 706

Methode zur Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung am Beispiel Fahrzeugtriebstrang

Von der Fakultät Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik der
Universität Stuttgart
zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Abhandlung

von

Dipl.-Ing. (BA) Carsten Alexander Karthaus M. Sc. (TUM)
geboren in Schwäbisch Hall

Hauptberichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hansgeorg Binz

Mitberichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers

Tag der mündlichen Prüfung: 06.11.2020

Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design
Universität Stuttgart

2020

D 93

ISBN-13: 978-3-946924-17-3

Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design

Prof. Dr.-Ing. Hansgeorg Binz

Universität Stuttgart

Pfaffenwaldring 9

D-70569 Stuttgart

Telefon +49 (0)711 685-66055

Telefax: +49 (0)711 685-66219

E-Mail: mail@iktd.uni-stuttgart.de

Meinen Eltern gewidmet

„Ein guter Anfang braucht Begeisterung, ein gutes Ende Disziplin.“

Zitiert nach

Prof. Dr. Hans-Jürgen Quadbeck-Seeger, deutscher Chemiker, 2002, und
Hans-Dieter Flick, Co-Trainer der deutschen Fußballnationalmannschaft, 2014.

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als akademischer Mitarbeiter am Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD) der Universität Stuttgart unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Hansgeorg Binz.

Insbesondere Prof. Dr.-Ing. Hansgeorg Binz als meinem Doktorvater möchte ich an dieser Stelle herzlich für die vielen fachlichen Diskussionen und wertvollen Anregungen danken. Erst seine hervorragende, wissenschaftliche Betreuung, das stete Interesse und die ständige Unterstützung sowie das mir entgegengebrachte Vertrauen und die damit verbundenen Freiräume haben es mir ermöglicht, diese Arbeit erfolgreich zu Ende zu führen.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers, Leiter des Instituts für Produktentwicklung (IPEK) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), danke ich für die Übernahme des Mitberichts, die kritische Durchsicht der Arbeit und die konstruktiven Hinweise.

Diese Arbeit entstand in Kooperation mit der Daimler AG. Für deren Investitionsbereitschaft und Unterstützung bin ich dem Abteilungsleiter des Powertrain Testings, Dipl.-Ing. (FH) Harald Behrendt, und dem damaligen Leiter des Powertrain-Prüffelds, Dr.-Ing. Timm Schwämmle, sehr dankbar. Dr.-Ing. Maximilian Schenk danke ich für die unermüdliche Unterstützung, die fachlichen Diskussionen, die er mit seinen fundierten Kenntnissen bereicherte, und die Durchsicht der Arbeit. Meinen Kollegen Dr.-Ing. Wolfgang Klos, Dipl.-Ing. (FH) Hubert Reck, Dipl.-Ing. (FH) Wilfried Oettle und Dipl.-Ing. Jan-Peter Ziegele danke ich für die ausgezeichnete fachliche und kollegiale Zusammenarbeit.

Für die Fachdiskussionen, die wertvollen Anregungen sowie die kritische Begleitung der Arbeiten bedanke ich mich bei meinen Kollegen vom IKTD: Dipl.-Ing. Alexander Laukemann, Dr.-Ing. Alexander Crostack und Dr.-Ing. Daniel Roth. Den vielen weiteren mir verbundenen Kollegen und Kolleginnen am IKTD danke ich für die beratenden, fachlichen Gespräche und die aufbauenden Worte. Meinen studentischen Hilfskräften und Studienarbeitenden, insbesondere Claudia Wichner, Robert Schwind, Sandra Gruber, Marcel Fröbel, Tobias Bakele und Filiz Akkaya, danke ich sehr.

Meinen Wegbereitern für das Studium des Maschinenbaus, meinen Lehrern Bernhard Hecktor und Dieter Wildermuth und meinen Vorbildern Dipl.-Ing. Ulrich Lehmann und

Dipl.-Ing. (FH) Rolf Fink, danke ich für die Begleitung meines Lebenswegs und die ständige Verfügbarkeit für Rat und Tat.

Meinem besten Freund Christoph Diehm M. Eng., danke ich für seine besondere Art, mich zu motivieren.

Viele der Menschen, die ich kennen und schätzen lernen durfte, kann ich hier nicht namentlich erwähnen, dennoch bin ich allen zu Dank verpflichtet: den Arbeitskolleginnen und -kollegen ebenso wie den Bekannten, Verwandten und Freunden, die durch ständiges Nachfragen – „Wie geht's der Diss?“ – und die sich daraus ergebenden Gespräche immer wieder die Motivation und die Disziplin durch gutes Zureden hochgehalten haben. Ohne all dies und insbesondere das Interesse von Prof. Dr.-Ing. Hansgeorg Binz wäre diese Arbeit vermutlich nicht fertig geworden. Heute darf ich rückblickend feststellen: Jeder Tipp, jedes Gespräch und jeder Mensch war, ist und bleibt wichtig.

Meiner Lebensgefährtin Johanna Klaißle danke ich für ihr Vertrauen, ihr Verständnis sowie die viele gewährte Zeit und den Freiraum, diese Arbeit fertigstellen zu können.

Der letzte und wichtigste Dank gilt meiner Familie – meinen Eltern Rainer und Gudrun Karthaus und meiner Schwester Kerstin Karthaus –, ohne deren motivierende Worte, Rücksicht, unerschütterliches Vertrauen, unermüdliche Unterstützung und grenzenlosen Rückhalt diese Arbeit nicht zustande gekommen wäre.

Murrhardt, im November 2020

Carsten Alexander Karthaus

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	I
Inhaltsverzeichnis	III
Bezeichnungen und Einheiten	IX
Abstract	XIII
1 Einleitung	1
1.1 Motivation und Problemstellung zu dieser Arbeit	4
1.2 Zielsetzung, Vorgehensmodell und Struktur der Arbeit.....	7
1.3 Forschungsplan	12
2 Stand der Forschung und Technik	14
2.1 Begriffsklärung Methode und Rückführung.....	15
2.2 Wissen.....	18
2.2.1 Der Begriff Wissen	19
2.2.2 Strukturierung von Wissen	22
2.2.3 Entstehung von Wissen und Erfahrung	25
2.3 Wissensmanagement	27
2.3.1 Wissensmanagement im Ingenieurwesen nach VDI-Richtlinie 5610	28
2.3.2 Methoden und Methodenbaukästen des Wissensmanagements	30
2.3.3 Werkzeuge, Tools und Expertensysteme im Wissensmanagement.....	31
2.3.4 Einführung und Anwendung von Wissensmanagement im Unternehmen	32
2.3.5 Fazit Wissensmanagement	34
2.4 Hintergrund der Erprobung: das Experiment und der Erkenntnisgewinn	34
2.5 Methodische Produktentwicklung	37
2.5.1 Produktentwicklung, Erprobung und Rückführung als Teile des Produktentstehungsprozesses	38
2.5.2 Anforderungen an Produkte	40
2.5.3 Merkmale und Eigenschaften von Produkten.....	41
2.5.4 Fehler in der Produktentstehung	42
2.5.5 Rückführung von Wissen aus Sicht des Produktentwicklers	44
2.5.6 Bedeutung des Informationsflusses in der Produktentstehung	46
2.5.7 Situationen, Probleme und Aufgaben.....	46
2.5.8 Methoden	48
2.5.9 Methodenbaukästen.....	49

2.6	Automobile Triebstrangentwicklung/-erprobung	51
2.6.1	Entwicklung der Prüfstandstechnik.....	52
2.6.2	Erprobungsmethodik Fahrzeugantriebsstrang.....	53
2.6.3	Absicherung der Betriebsfestigkeit des Fahrzeugtriebstrangs.....	55
2.6.4	Weitere Aspekte der Prüfstandsteuerung, Messtechnik und Überwachung	58
2.6.5	Fehleranalyse bei Prüfstandabschaltungen.....	60
2.7	Fazit zum Stand der Technik	60
2.7.1	Erkenntnisse aus dem Stand der Technik	60
2.7.2	Schlussfolgerungen für die weitere Arbeit	61
3	Erprobungswissen	62
3.1	Begriffsdefinitionen.....	62
3.1.1	Der Begriff Erprobung.....	62
3.1.2	Der Begriff Erprobungsmethodik	66
3.1.3	Der Begriff Erprobungswissen	69
3.2	Wissenserzeugung aus der Erprobung	71
3.2.1	Wissenserzeugung durch Ermittlung von Ist-Eigenschaften.....	71
3.2.2	Wissenserzeugung durch Fehleranalyse.....	73
3.3	Strukturierung von Erprobungswissen	74
3.4	Rückführung von Erprobungswissen in der Produktentwicklung.....	76
4	Studien zur Rückführung von Erprobungswissen	79
4.1	Gründe, Barrieren und Probleme für Wissensmanagement.....	80
4.2	Kooperation und Informationsaustausch zwischen Erprobung und Konstruktion	82
4.3	Effektivität der Fehlerdokumentation in der Pkw-Triebstrangerprobung	89
4.4	Effizienz der Fehleranalyse innerhalb der Pkw-Triebstrangerprobung.....	92
4.5	Fazit der Studien zur Rückführung von Erprobungswissen.....	95
5	Konzeption einer Methode zur Rückführung von Erprobungswissen	96
5.1	Ziele für eine Methode zur Rückführung von Erprobungswissen	96
5.2	Anforderungen an die Methode.....	97
5.3	Ansatz für eine Unterstützung der Rückführung von Erprobungswissen	98
5.3.1	Grundsätzlicher Prozess zur Rückführung von Erprobungswissen	99
5.3.2	Prozess zur Einführung einer Methode zur Rückführung von Erprobungswissen	101
5.4	Fazit zum Konzept einer Methode zur Rückführung von Erprobungswissen.....	102

6	Methode zur Rückführung von Erprobungswissen.....	103
6.1	Gesamtüberblick.....	103
6.2	Situationsanalyse.....	105
6.3	Konzeption: Methodenbaukasten als Unterstützungswerkzeug.....	107
6.3.1	Ziel des Methodenbaukastens	107
6.3.2	Aufbau des Methodenbaukastens	108
6.3.3	Methodenbeschreibung.....	109
6.4	Konzeption: Vorgehensweise zur Auswahl geeigneter Methoden	112
6.4.1	Vorauswahl von alternativen Methoden	113
6.4.2	Ressourcenspezifische Methodenauswahl durch Vergleich der vorausgewählten Methoden	116
6.5	Realisierung: Methodenanpassung und Entwicklung von Werkzeugen.....	118
6.6	Einsatz: Methoden zur Integration von Prozessen, WM-Methoden und Tools.....	119
6.7	Methoden zur Evaluierung des WM-Methodeneinsatzes.....	121
7	Evaluation am Beispiel Fahrzeugtriebstrang.....	123
7.1	Evaluationsplan	123
7.2	Anwendung der Methode in der Produktentwicklung des Evaluationspartners	125
7.2.1	Situationsermittlung im Unternehmen	125
7.2.2	Methodenauswahl zur Konzeption einer Lösung.....	126
7.3	Anpassung der Methoden und Entwicklung geeigneter Werkzeuge.....	127
7.3.1	Methoden zur Wissenserzeugung.....	127
7.3.2	Methoden zur Wissensspeicherung/-bewahrung	129
7.3.3	Methoden zur Wissensverteilung	129
7.3.4	Methoden zur Wissensanwendung	130
7.4	Integration der Prozesse, Methoden und Tools im Unternehmen.....	133
7.4.1	Beschreibung der ins Unternehmen einzuführenden Prozesse	133
7.4.2	Evaluierung der Methoden zur Prozesseinführung	133
7.5	Anwendung der entwickelten Werkzeuge	135
7.6	Ergebnisse bei Einsatz der Methoden und Werkzeuge	135
7.6.1	Bewertung der Effektivität: Verbesserung der Dokumentation und der Methode zur Dokumentation	135
7.6.2	Bewertung der Effizienz von Beobachtungen der Prüfstandingenieure bei der Fehleranalyse.....	137
7.7	Fazit der Evaluation – Auswirkungen auf die Produktentwicklung	141
8	Diskussion der Ergebnisse	142

9 Zusammenfassung	149
10 Ausblick	152
Literaturverzeichnis	155
Anhang	185
A.1 Wissen im Bezug zum Produktentwicklungsprozess	185
A.2 Wissenstypen nach Roth	186
A.3 Beurteilung ausgewählter Konzepte des WM nach North	187
A.4 Methodenbaukästen des Wissensmanagements.....	188
A.5 Methodensteckbrief nach Mittelmann.....	189
A.6 Beschreibung der Entitäten nach Mittelmann.....	190
A.7 Methodenbeschreibung FAQ nach ProWis-Shop	191
A.8 Übersicht über Methodenbaukästen in der Produktentwicklung	192
A.9 Beschreibungen eines Methodensteckbriefs nach Ponn.....	194
A.10 Produktentstehungsprozess Pkw Automatikgetriebe	195
A.11 Vergleich der Trends/Entwicklungen zwischen Erprobungsmethodik und Konstruktionsmethodik.....	196
A.12 Begründungen und Beispiele zu Wissenstypen im Erprobungsprozess	198
A.13 Schlussfolgerungen aus der Studie [KARTHAUS15A].....	201
A.14 Anforderungen an eine Methode zur Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung.....	203
A.15 Methodenbaukasten zur Rückführung von Erprobungswissen	205
A.16 Methodenbeschreibung: Analogiebildung	206
A.17 Methodenbeschreibung: Anreizsysteme	207
A.18 Methodenbeschreibung: Befragung	208
A.19 Methodenbeschreibung: Beobachtung.....	209
A.20 Methodenbeschreibung: Best Practices.....	210
A.21 Methodenbeschreibung: Checklisten	211
A.22 Methodenbeschreibung: Data Mining.....	212
A.23 Methodenbeschreibung: Entscheidungsbäume	214
A.24 Methodenbeschreibung: Evokationsprozess.....	215
A.25 Methodenbeschreibung: Frequently Asked Questions (FAQ)	216
A.26 Methodenbeschreibung: Ganzheitliches Vorgehensmodell zur Akquisition von Know-how	217
A.27 Methodenbeschreibung: Handbücher	219
A.28 Methodenbeschreibung: Hermeneutisch-Interpretative Verfahren.....	220
A.29 Methodenbeschreibung: Inhaltsanalyse.....	221
A.30 Methodenbeschreibung: Job Rotation.....	222

A.31	Methodenbeschreibung: KADS (Knowledge Acquisition and Documentation Structuring)	223
A.32	Methodenbeschreibung: Knowledge Café	225
A.33	Methodenbeschreibung: Knowledge links.....	226
A.34	Methodenbeschreibung: Kollektive Speichersysteme (Wissensbasis)	227
A.35	Methodenbeschreibung: Lehrgespräch/Coaching	228
A.36	Methodenbeschreibung: Lessons Learned	229
A.37	Methodenbeschreibung: Mapping-Techniken	230
A.38	Methodenbeschreibung: Mentoring- und Patenschaftsmodell	231
A.39	Methodenbeschreibung: Meta-Modell der Sprache	232
A.40	Methodenbeschreibung: Mikroartikel	233
A.41	Methodenbeschreibung: Modeling	234
A.42	Methodenbeschreibung: Objektive Hermeneutik	236
A.43	Methodenbeschreibung: Ontologien	237
A.44	Methodenbeschreibung: Personal Messaging	238
A.45	Methodenbeschreibung: Projektdatenbanken.....	239
A.46	Methodenbeschreibung: Qualitative Inhaltsanalyse.....	240
A.47	Methodenbeschreibung: Quantitative inhaltliche Modelle	241
A.48	Methodenbeschreibung: Repräsentationssysteme	242
A.49	Methodenbeschreibung: Semantische Netze/Wissensnetze	243
A.50	Methodenbeschreibung: Sozialwissenschaftliche Paraphrase	244
A.51	Methodenbeschreibung: Space Management	245
A.52	Methodenbeschreibung: Storytelling.....	246
A.53	Methodenbeschreibung: Strukturlegeverfahren	247
A.54	Methodenbeschreibung: Triadengespräch.....	248
A.55	Methodenbeschreibung: TOTE-Schema (Test-Operate-Test-Exit).....	249
A.56	Methodenbeschreibung: Wikis.....	250
A.57	Methodenbeschreibung: Wissensgemeinschaften.....	251
A.58	Methodenbeschreibung: Wissenslandkarte	252
A.59	Methodenbeschreibung: Wissensmarktplätze/Social Media	253
A.60	Methodenbeschreibung: Wissensmatrix MDM.....	254
A.61	Methodenbeschreibung: Wissensnetzwerke.....	256
A.62	Methodenbeschreibung: Yellow Pages.....	257
A.63	Methodenbeschreibung: Zählverfahren/Klassierverfahren.....	258
A.64	Methodenmatrizen zur Vorauswahl	259
A.65	Übersicht Methodenbaukasten und Kontextbedingungen.....	263

A.66 Exemplarischer HTML-Bericht des BBT-Tools.....	264
Lebenslauf.....	265

Bezeichnungen und Einheiten

Formelzeichen

Symbol	Einheit	Erläuterung
M	[Nm]	Drehmoment
M_{Motor}	[Nm]	Drehmoment eines Verbrennungsmotors an der Kurbelwelle
$M_{\text{maxGetriebeErsterGang}}$	[Nm]	Maximal zulässiges Getriebeeingangsmoment im ersten Gang eines Wandlerstufenautomatgetriebes
N	[-]	Schwingungsspielanzahl oder Anzahl Nennungen
n	[1/min]	Drehzahl
v	[km/h]	Geschwindigkeit

Abkürzungen

Abkürzung	Erklärung
ARC	Areas of Relevance and Contribution [BLESSING09]
ATZ	Automobiltechnische Zeitschrift
BBT	Bericht-Bearbeitungs-Tool
°C	Grad Celsius
CAD	Computer Aided Design
CAN	Controller Area Network (Bussystem)
DMM	Design-Mapping-Matrix
DoE	Design of Experiments
DRM	Design Research Methodology [BLESSING09]
DS I	Deskriptive Studie I [ROTH13]
DS II	Deskriptive Studie II [ROTH13]
DSM	Design-Structure-Matrix
DuT	Device under Test

EPK	Ereignisgesteuerte Prozesskette
F-ATS	Fahrzeug-Antriebsstrangprüfstand
FAQ	Frequently Asked Questions
FM	Fehlermanager
FMEA	Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse
FMM	Fehler-Management-Monitor
FVA	Forschungsvereinigung Antriebstechnik
HANSE	Heuristiken, Artefakte (Dokumente), Natürliche Begabung, Skills und Erfahrungen
HiL	Hardware-in-the-Loop
HTML	Hypertext-Markup-Language
Hz	Hertz
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IKTD	Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design
IPEK	Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie
iPeM	Integriertes Produktentstehungsmodell des IPEK
ISO	International Organization for Standardization
K-FMEA	Konstruktion-FMEA
KADS	Knowledge Acquisition and Documentation Structuring
kHz	Kilohertz
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
MDM	Multiple-Domain-Matrix
min	Minute
MMM	Münchner-Methoden-Modell
NAG3	Neues Automatikgetriebe 3
Nkw	Nutzkraftwagen
Nm	Newtonmeter

NVH	Noise-Vibration-Harshness
P-FMEA	Prozess-FMEA
PDM	Produkt-Daten-Management
PEP	Produktentstehungsprozess
Pkw	Personenkraftwagen
PLM	Product-Lifecycle-Management
PMI	Projekt Management Institute
ProWis	Prozessorientiertes Wissensmanagement
PS	Präskriptive Studie [ROTH13]
PW	Pedalwert eines Pkws
Q-Bewertung	Qualitäts-Bewertung
Q-Planung	Qualitäts-Planung
RC	Research Clarification [BLESSING09]
S-FMEA	System-FMEA
SiL	Software-in-the-Loop
SOP	Start of Production
SPALTEN	Situationsanalyse, Problemeingrenzung, Suche nach alternativen Lösungen, Lösungsauswahl, Tragweitenanalyse, Entscheiden und Umsetzen, Nachbereiten und Lernen [ALBERS05A, S. 4]
TOM	Technologie, Organisation, Mensch
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WiGeP	Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktentwicklung
WM	Wissensmanagement
XiL	X-in-the-Loop

Abstract

The main hypothesis of this dissertation is based on the fact that method toolboxes with knowledge management methods and situative method selection lead to a more practical and more efficient recirculation of testing knowledge in industrial practice.

The approach for this work is based on Blessing's DRM Methodology including the analysis of the state of the art, the execution of empirical studies, the development of an understanding, the definition of requirements, the development of a new method to improve the situation in the “recirculation of testing knowledge” and the evaluation of the developed method. Depending on the research questions, the main areas of the expertises “knowledge management”, “vehicle powertrain development and testing methods” as well as “methodical product development” were examined according to the state of the art. The documentation in literature about recirculated testing knowledge is quite poor. Furthermore, it is shown, that the interdisciplinarity of these fields of knowledge also includes different concepts and understandings.

Central terms of this thesis such as “testing”, “testing methods” and “testing knowledge” are described and defined in the chapter “state of the art”. This partially includes fundamental definitions in the context of this thesis, since there have not been any definitions in literature. Testing knowledge in particular is defined as: “... the knowledge which is provided for a successful realization of the testing process and the knowledge ascertained from testing”. This thesis focuses on the testing knowledge, which is ascertained from testing, and, furthermore, on the actual-properties and the failure of the product as essential testing aims.

Due to the lack of literature on this scientific topic, the status in the industrial practice had to be investigated empirically. Therefore, industrial experience with the recirculation of testing knowledge in the engineering industry has not been documented in literature. Due to several empirical studies, problems in handling of testing knowledge were determined. The use of testing knowledge has been evaluated as ineffective in many areas. The greatest opportunity for improvement was particularly identified handling and using testing knowledge from failures. Therefore, a chain of cause and effect was determined. The conclusion of these empirical studies is a reference model which shows the factors influencing the effective use of testing knowledge. This reference model represents the basic understanding within this dissertation. The success factors “efficiency” and “effectiveness” could be represented by measurable variables. The investigated

literature, the defined vocabulary of concepts, the nomenclature or terminology and the empirical investigations create the basic interdisciplinary understanding of the problem area, the recirculation of testing knowledge.

On the basis of these studies, the requirements for the support of the thesis have been developed. This support includes an approach for a knowledge transfer process for recirculation of testing knowledge, a method toolbox to support this process and a process to implement and evaluate these knowledge management methods in a company. In particular, the development of the method toolbox is of essential importance for this thesis.

The selection of knowledge management methods is carried out in two stages by using both a situational and a practical preselection to identify the most promising one and a more concrete objective evaluation of the methods used for the respective situation. The support tools, their development and the introduction of the methods into the company are especially crucial in knowledge management methods. The acceptance of such methods depends on the support of the methods by practical, user-optimized tools. On the basis of a situation analysis of an evaluation partner, knowledge management methods were identified and selected based on the presented method which promised an improvement in the use of testing knowledge. Realization, adaptation, tool development and implementation into the company were then carried out by using the proposed processes. The success, the application and the support of the method were evaluated in different ways. The success evaluation of the method was carried out on a durability test bench of the automotive industry for several months. The effectiveness and efficiency of this test and of the recirculation of test results could be increased by the use of knowledge management methods.

This thesis deals with developing an understanding of a new problem area that has not been investigated in this composition of knowledge areas, and, at the same time, with developing a method to improve the situation. The research questions were answered by the shown investigations and results, thus the hypotheses of this dissertation was positively confirmed.

In summary, the application of the developed method results in a measurable success for the recirculation of testing knowledge in terms of effectiveness and efficiency.

1 Einleitung

„Jedes Experiment ist eine Frage an die Natur, auf welche zu antworten sie gezwungen wird“, so definierte 1799 der Württemberger Philosoph Friedrich Wilhelm Joseph Schelling [SCHELLING99, S. 9] den Sinn und Zweck von Experimenten. Dieser Satz zeigt die Bedeutung des Experimentierens auf – als eine Methode, an bislang unbekannte Informationen zu gelangen und diese aufzudecken.

„Der Konstruktionsprozess ist in erster Linie ein informationsverarbeitender Prozess“ [HUBKA76, S. 7]. Er zielt darauf ab, Informationen in Form von Anforderungen in Merkmale eines Produkts oder die Beschreibung des Maschinensystems umzusetzen (in Anlehnung an [HUBKA76, S. 7]).

Diese beiden Zitate beschreiben die wesentlichen in dieser Arbeit behandelten Prozesse. Doch wie hängen der Prozess des Experimentierens und der des Konstruierens aus Sicht des Wissensmanagements zusammen und woher kommen die Daten und Informationen über ein konstruiertes Produkt?

Rodenacker [RODENACKER70, S. 19] stellte 1970 fest, „Das Experiment hat aber für die Ingenieursarbeit die größte Bedeutung, weil jegliche neue Information für die Konstruktion, soweit sie nicht bereits in der Literatur greifbar ist, aus dem Experiment gewonnen werden muss“. Von den ersten Anfängen bis heute hat sich an dem Sinn des Experimentierens für die Produktentwicklung nichts Grundlegendes geändert. Wie die Prozesse des Experimentierens und des Konstruierens aus Sicht des Wissensmanagements zusammenhängen und wie Informationen aus Experimenten und das daraus entstehende Wissen im Unternehmen effektiv und effizient genutzt, verteilt und gespeichert werden kann, ist Gegenstand dieser Arbeit. Die Frage, warum in der Einleitung der Begriff „Experiment“ und im Titel der Arbeit der Begriff „Erprobung“ verwendet wird, wird in Kapitel 3.1.1 beantwortet.

Auch wenn das Experimentieren nach wie vor sinnvoll ist, so ändern sich doch die Rahmenbedingungen der Produktentwicklung (**Situation, Produkt, Prozesse, Methoden und Werkzeuge, Information und Wissen**) [PONN08, S. 7 ff.]. Diese Rahmenbedingungen beeinflussen das Experimentieren und die Erprobung als (Teil-)Prozess der industriellen Produktentstehung. Aus Sicht der Produktentwicklung sind die genannten Rahmenbedingungen aufgrund folgender Aspekte für die Erprobung dabei ausschlaggebend.

Die Umwelt, sprich die **Situation** für die Produktentwicklung, verändert sich. Die konkrete Entwicklungssituation wird durch Faktoren wie z. B. Zeit, Kosten und Qualität beeinflusst [PONN08, S. 7]. So ist beispielsweise für Kunden beim Neuwagenkauf die Qualität, sprich die Produktzuverlässigkeit eines Pkws meist das wichtigste Kaufkriterium (siehe [BERTSCHE04, S. 1 ff.], [ENDLEIN15, S. 35]). Unumgänglich ist daher die Erprobung von realen Prototypen, um die gewünschte Zuverlässigkeit zu gewährleisten – trotz zunehmender Anwendung moderner Berechnungs- und Simulationsmethoden für Zuverlässigkeitsanalysen [NAUNHEIMER07, S. 661 ff.].

Produkte verändern sich, z. B. durch erhöhte Komplexität, stärkere Diversifikation oder größere Variantenvielfalt [SEIFFERT08, S. 6 f.]. Speziell in der Automobilindustrie führen die wachsenden Kundenwünsche hinsichtlich Individualisierung, Exklusivität und Einzigartigkeit zu einer immer größeren Variantenvielfalt [SEIFFERT08, S. 4 f.] Auch die seit Jahren zunehmenden Gesetzesanforderungen, z. B. in der Abgasgesetzgebung [EG07 715], steigern die Komplexität. Die wachsende Variantenvielfalt und die erhöhte Produktkomplexität müssen während der Produktentstehung beherrscht werden. Möchte ein Unternehmen alle Produktvarianten bei gleichbleibender Erprobungsmethodik (Anzahl an Experimenten pro Variante bleibt konstant) testen, so steigt zwangsläufig die Anzahl der durchzuführenden Experimente. Die zunehmende Produktkomplexität führte dabei zu einer Steigerung des Konkretisierungs- und Detaillierungsgrads der Experimente, wie viele Beispiele zeigen [BRAESS13, S. 1182 ff.]. So erfolgt die Absicherung der Dauerhaltbarkeit von Automatikgetrieben heute überwiegend auf Antriebsstrangprüfständen und nicht wie zuvor weitestgehend auf der Straße und auf Prüfgeländen, das zeigen die Arbeiten von Brandt [BRANDT93], Hellmund und Sciuto [HELLMUND98] und von Klos et al. [KLOS11A]. Es ist anzunehmen, dass sich diese Entwicklung auch in Zukunft fortsetzt.

Die Dauer des **Produktentstehungsprozesses** bis zur Serienreife, beispielsweise in der Automobilbranche, entscheidet heute mehr denn je über den Erfolg eines Produkts [SEIFFERT08, S. 6]. Der Trend hin zu kürzeren Entwicklungszeiten führt unter dem Begriff „Frontloading“ im Allgemeinen zu einem verstärkten Einsatz sowohl virtueller als auch realer Experimente [BRAESS13, S. 1159]. Im Fall der Produktentstehung in der Automobilindustrie wird diese Strategie „Road-to-Rig“ [HELLMUND98, S. 1361] oder „Road-to-Rig-to-Math“ [KIRCHNER07, S. 654] genannt. Resultat ist eine Verlagerung von Prüfumfängen von der Straße ins Labor [BRAESS13, S. 1159] und damit ein deutlich gestiegener Prüfaufwand in den Laboren [BRAESS95, S. 2 ff.].

Die zur Verfügung stehenden **Methoden** und **Werkzeuge** für das Experimentieren entwickeln sich stetig weiter. So können heute dank mathematischer Verfahren und der Rechner-technik moderne Methoden für die Versuchsplanung z. B. mittels Design of Experiments (DoE) [NITZSCHKE11, S. 118 ff.] oder mittels Simulation von Vorgabedaten [KLOS11A, S. 161 ff.] genutzt werden. Auch die reale technische Umgebung für das Experiment oder auch das „Werkzeug“ im Sinne der Produktentwicklung entwickelt sich weiter. Beispiele dafür sind die Entwicklung der Windkanäle [BLUMRICH13, S. 945 ff.] oder die aus dem Bereich der Antriebsstrangerprobung stammende Entwicklung der Prüfstandstechnik (siehe Kapitel 2.6.1). Diese Entwicklungen wurden angeregt durch den zunehmenden Konkretisierungs- und Detaillierungsgrad der Prüfstandstechnik und der damit erhöhten Anzahl von Experimenten.

Die **Informationen** und das **Wissen**, welche zur Verfügung stehen, bzw. die „Literatur“, wie Rodenacker [RODENACKER70, S. 19] dies in seinem Zitat bezeichnete, nehmen maßgeblichen Einfluss auf den wissensintensiven Geschäftsprozess der Produktentwicklung [EPPLER99, S. 377 ff.] und das Experimentieren [RODENACKER70, S. 19]. „Die Information in der Welt verdoppelt sich etwa alle 20 Monate“ [RUNKLER10, S. V]. Diese steigende Menge und Verfügbarkeit von Informationen und Wissen bereitet den Unternehmen Probleme im Umgang mit diesen (siehe Kapitel 4.1). Wissen wird als strategischer Wettbewerbsfaktor angesehen, der in Zukunft noch entscheidender als heute für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen sein wird [NORTH11, S. 61 ff.].

Die aufgezeigten sich verändernden Rahmenbedingungen der Produktentstehung führen in Verbindung mit der gleichgebliebenen oder branchenabhängig sogar gestiegenen Bedeutung des Experiments zu einer Veränderung der Effektivität und Effizienz im Umgang mit dem Wissen und den Informationen aus Experimenten. Diese Hypothese rechtfertigt eine genauere Untersuchung dieses Themas. Insbesondere die Aspekte und Rahmenbedingungen der **Prozesse, Methoden und Werkzeuge** sind Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit.

Allgemeine Begriffsdefinitionen erfolgen in Kapitel 2 und für konkrete Begrifflichkeiten im Rahmen dieser Arbeit ergänzend in Kapitel 3.

Im nachfolgenden Kapitel wird die Motivation ausgehend von dieser kurzen, theoretischen Einleitung weiter vertieft und konkretisiert.

1.1 Motivation und Problemstellung zu dieser Arbeit

„Wenn Ihr Unternehmen wüßte, was es alles weiß...“ Der Buchtitel von Davenport und Prusak [DAVENPORT98] impliziert ein hohes Ziel. Diese Arbeit motiviert sich aus dem genannten Zitat und dem Anspruch, zum Erreichen dieses Ziels einen kleinen Beitrag zu leisten. Somit ergibt sich eine erste Arbeitshypothese: Durch ein methodisches Wissensmanagement ist der Prozess der Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung zu verbessern, sodass die Produktentwicklung weiß, was die Erprobung an Wissen erzeugt hat, und dies auch berücksichtigen kann.

Die Motivation zu dieser Arbeit ergibt sich aus unterschiedlichen Quellen, die zu der in der Einleitung genannten Hypothese führen, dass es in diesem Bereich der Produktentwicklung Forschungsbedarf gibt. Anlass zu dieser Forschung geben unter anderem die wachsenden Datenvolumina, die Probleme aufwerfen: Ursache sind die gestiegene Anzahl gleicher, etablierter Experimente mit jeweils gestiegenen Datenmengen sowie steigenden Datenmengen durch neue Experimente. Damit sinkt bei insgesamt gleichbleibender zur Verfügung stehender Zeit und gleicher Auswertemethodik mit der steigenden Menge zu verarbeitender Daten die Zeitspanne, die für die Interpretation eines Experiments zur Verfügung steht. Dies wird, wie in diesem Kapitel noch aufgezeigt wird, zusätzlich dadurch verschärft, dass die zur Verfügung stehende Zeit reduziert wird. Die folgenden Beispiele zeigen einzelne Probleme auf, die bei der Datenanalyse auftreten, beschreiben damit die Problemstellung dieser Arbeit und verdeutlichen den bisher auf Hypothesen beruhenden formulierten Forschungsbedarf.

Die Menge an Daten und Informationen, die moderne Experimente generieren und die der Ingenieur behandeln muss, steigt stetig an. Nicht nur der Prüfumfang, also die Anzahl der Experimente, nimmt zu, auch der Informationsumfang eines einzelnen Experiments wächst. Wurden beispielsweise 1991 in Nutzfahrzeuggetrieben bis zu 140 Messsignale erfasst [FUNCK91, S. 458], so sind es 2014 bei hybriden Pkw-Fahrzeugantriebssträngen über 2.000 [SCHENK13, S. 45]. Auch wenn Nutzfahrzeuge und Pkw sich unterscheiden, so zeigt dies die Tendenz einer steigenden Datenmenge aus Experimenten.

„Nur die objektiv, mit meßtechnischer Akribie erfaßten Erprobungsdaten sind eine unverrückbare Beurteilungsbasis“ [SEIFFERT92, S. 242]. Diese Tatsache und die damit einhergehende Reproduzierbarkeit von Ergebnissen führt in vielen Bereichen (z. B. der Bewertung des Fahrverhaltens von Automobilen [PILLAS14]) dazu, dass neue Erprobungsmethoden entwickelt werden. Subjektive Eigenschaften werden vermehrt durch

Experimente objektiv ermittelt. Dies belegen Beispiele zur objektiven Beurteilung des Schaltkomforts (siehe [HAGEROTH03], [BÖHL07], [ALVERMANN08] und [LÜPKES14]) sowie zur Bewertung des Fahrverhaltens von Fahrzeugen bei Motorlastwechseln (siehe [PILLAS14]). Die objektiven Experimente führen zu Untersuchungen der Eignung von Prüfständen für diese neuen Erprobungsmethoden, z. B. bezüglich der straßennahen Abbildung von Lastwechseln [GOOS13]. Diese neuen Erprobungsmethoden führen heute zu einem erhöhten Bedarf an Erprobungsressourcen, wie beispielsweise Prüfständen, Prüfzentren oder Auswertungswerkzeugen. Der steigende Bedarf wird beispielsweise durch den Neubau vieler Erprobungszentren gedeckt (siehe z. B. [GERSTER16]), dieser Aspekt ist für die weitere Arbeit aber nicht relevant.

Die Entwicklungsdauer eines ausgewählten Automatikgetriebes lag im Jahr 2007 beispielsweise bei 48 Monaten [NAUNHEIMER07, S. 46 ff.]. Die Produktentwicklungszeit für ein Fahrzeug halbierte sich z. B. bei Ford von 60 Monaten 1990 auf 30 Monate 2003 [LAERMANN03, S. 5]. Die objektiven Eigenschaften des Fahrzeugs müssen weiterhin ermittelt werden, auch wenn die dafür zur Verfügung stehende Zeit halbiert wird. Dies soll durch „Frontloading“ und Parallelisierung erreicht werden [LAERMANN03, S. 3 ff.]. Eine gleichbleibende Datenmenge vorausgesetzt, müssen die Daten in der Hälfte der Zeit verarbeitet, interpretiert, verstanden und im Unternehmen verteilt werden.

Eine Reaktion, um einem der aufgezeigten Probleme entgegenzuwirken, ist, die Informationsverarbeitung innerhalb der Erprobung weiterzuentwickeln. Schenk et al. [SCHENK13, S. 43 ff.] zeigen dies beispielsweise anhand der Erstellung von Sollwert-Vorgaben früher und heute. Zunehmend werden Simulationen eingesetzt, um Vorgabedaten zu erstellen. Damit kann der steigenden Variantenvielfalt der Produkte begegnet werden, ohne von jedem Fahrzeug Lastkollektive durch Messung aufzunehmen. Das führt zu Effektivitätssteigerungen bei bereits existierenden Verfahren, verhindert aber nicht die steigende Anzahl „neuer“ Experimente.

Die Phänomene steigende Datenmengen und verkürzte Entwicklungszeiten zeigen auf, dass die Erprobungsmethodik ein dynamisches Umfeld ist, das sich zum aktuellen Zeitpunkt stark verändert. Dies führt zu Problemen im Umgang mit den Informationen und dem Wissen und ergibt eine spezifische Problemstellung für die Produktentwicklung.

Aus Sicht der Produktentwicklung wird die Erprobung als „Werkzeug“ betrachtet, um Eigenschaften von Produkten zu ermitteln [LINDEMANN09A, S. 157 ff.]. Das ergibt sich aus

dem sogenannten „Paradoxon der Produktentwicklung“ [EHRENSPIEL13, S. 202 f.]. Dieses beschreibt, dass in der Phase, in der die Produkteigenschaften am stärksten beeinflusst werden können, die Erkenntnismöglichkeit über die Produkteigenschaften am geringsten ist. Daher ist es wichtig, dass der Entwickler kurze, effektive Rückführungen über sich ergebende Produkteigenschaften erhält, um falsche Merkmalsausprägungen frühzeitig erkennen und deren Auswirkungen und Ursachen untersuchen und Maßnahmen einleiten zu können [EHRENSPIEL13, S. 202 f.].

Die Erprobung erfolgt nach der Konstruktion und der Herstellung von Prototypen, sodass Wissen aus einem nachgelagerten Prozess in die Entwicklung zurückgeführt werden muss. Die endkundennahe Erprobung mit repräsentativen Lastzyklen ermöglicht den Vergleich der Produkteigenschaften mit den Anforderungen (vgl. [BRANDT93, S. 21 ff.]). Dies führt zur Erkennung von Schwachstellen und Fehlern eines Produktes. „Ein gemachter Fehler muss sich lohnen“ (Ausspruch von Prof. Dr.-Ing. Gustav Niemann, zitiert nach [EHRENSPIEL13, S. 141]). Damit sich ein Fehler lohnen kann, muss das Wissen um diesen Fehler von dem Ort, an dem dieser entdeckt wurde – im Fall der vorliegenden Arbeit dem Prüfstand –, über denjenigen, der diesen Fehler entdeckt hat – den Versuchsingenieur –, zu demjenigen gelangen, der die notwendige Produktänderung umsetzen kann – dem Produktentwickler. Im Sinne der „rule of ten“ [EHRENSPIEL13, S. 142 ff.] gilt: Je früher der Fehler erkannt wird, desto geringer sind die Änderungskosten. Menschliche Faktoren spielen in diesem Prozess eine wichtige Rolle: „Ohne Bereitschaft, Fehler zuzugeben, ist ein Fortschritt unmöglich“ [IMA192, S. 90]. Die technischen Voraussetzungen müssen geschaffen sein, um eine effiziente und effektive Informations- und Wissensweitergabe zu ermöglichen.

Diese Betrachtung der Erprobung und der Bedeutung der Rückführung ihrer Ergebnisse in die Produktentwicklung aus Sicht des Wissensmanagements umreißt die Problemstellung dieser Arbeit und zeigt zugleich Potenziale für Effektivitäts- und Effizienzsteigerungen im Produktentstehungsprozess auf.

Eine Schlussfolgerung aus dieser Problemstellung ist die Notwendigkeit, das Thema aus Sicht der industriellen Praxis (Kapitel 4) zu untersuchen – zumal konkrete Einschätzungen der Industrie zu diesem Thema nicht veröffentlicht sind.

Des Weiteren wird deutlich, dass das aus Erprobungen gewonnene für die Produktentwicklung relevante Wissen umfangreich ist.

Aufgrund der unterschiedlichen Begriffe und Untersuchungsgegenstände ist eine Strukturierung dieses Themengebiets (Kapitel 3) notwendig. Damit soll Klarheit in der Begrifflichkeit und der Vorstellung geschaffen werden, was im Rahmen dieser Arbeit unter Rückführung von Erprobungswissen zu verstehen ist.

Die Ziele und der Aufbau der Arbeit zur Erforschung der „Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung“ werden im folgenden Kapitel dargestellt.

1.2 Zielsetzung, Vorgehensmodell und Struktur der Arbeit

Mit der vorliegenden Arbeit wird das Ziel verfolgt, die besonderen Ausprägungen der Wissensnutzung aus der Erprobung im Kontext der Produktentstehung zu untersuchen, ein Verständnis über die Einflussfaktoren des Wissenstransfers aufzubauen und Maßnahmen zur Unterstützung der industriellen Praxis zu erarbeiten.

Die Struktur der Arbeit entstand in Anlehnung an Blessing und Chakrabarti [BLESSING09] bzw. die davon abgeleitete deutschsprachige Fassung von Roth und Kratzer [ROTH13]. Demnach ist das Ziel der (Konstruktions-)Wissenschaft und Forschung, die Produktentwicklung in der Praxis effizienter und effektiver zu gestalten [BLESSING09, S. 5]. Dabei gibt es nach Blessing und Chakrabarti [BLESSING09, S. 5] zwei Hauptstränge für die Wissenschaft:

- die Entwicklung eines Verständnisses über einen Problembereich;
- die Entwicklung einer Unterstützung, um mit deren Hilfe die aktuelle Situation zu verbessern.

Damit lassen sich die Ziele dieser Arbeit konkretisieren:

1. Entwicklung eines Verständnisses über den Problembereich der Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung.
2. Entwicklung einer Unterstützung der industriellen Praxis zur Verbesserung der Rückführung von Erprobungswissen, um die Produktentwicklung effektiver und effizienter zu gestalten.

Im Folgenden werden das Vorgehensmodell (Bild 1.1) sowie die Struktur dieser Arbeit nach Kapiteln (Bild 1.2) und Inhalten (Bild 1.3) dargestellt. Um die genannten Ziele zu erreichen, wird gemäß den Stufen der Design Research Methodology (DRM) nach Blessing und Chakrabarti [BLESSING09, S. 5] vorgegangen. Anhand des Vorgehensmodells (siehe Bild 1.1) lassen sich die Abfolge der allgemeinen Forschungsstufen und deren

Hilfsmittel sowie die verfolgten Ziele darstellen. Die Begrifflichkeiten der allgemeinen Forschungsmethoden „deskriptive“ und „präskriptive“ Studie sind bei Blessing und Chakrabarti [BLESSING09, S. 80 ff. und S. 142 ff.] erläutert. Die detailliertere inhaltliche Beschreibung dieser Methoden erfolgt im weiteren Verlauf dieses Kapitels.

Die Reihenfolge der Kapitel dieser Arbeit ist dem DRM-Vorgehensmodell (Stufen) in Bild 1.1 gegenübergestellt. Die definierten Ziele ergeben sich auf Basis der Ergebnisse im Kapitel „Stand der Technik“ und der dort durchgeführten Literaturanalyse.

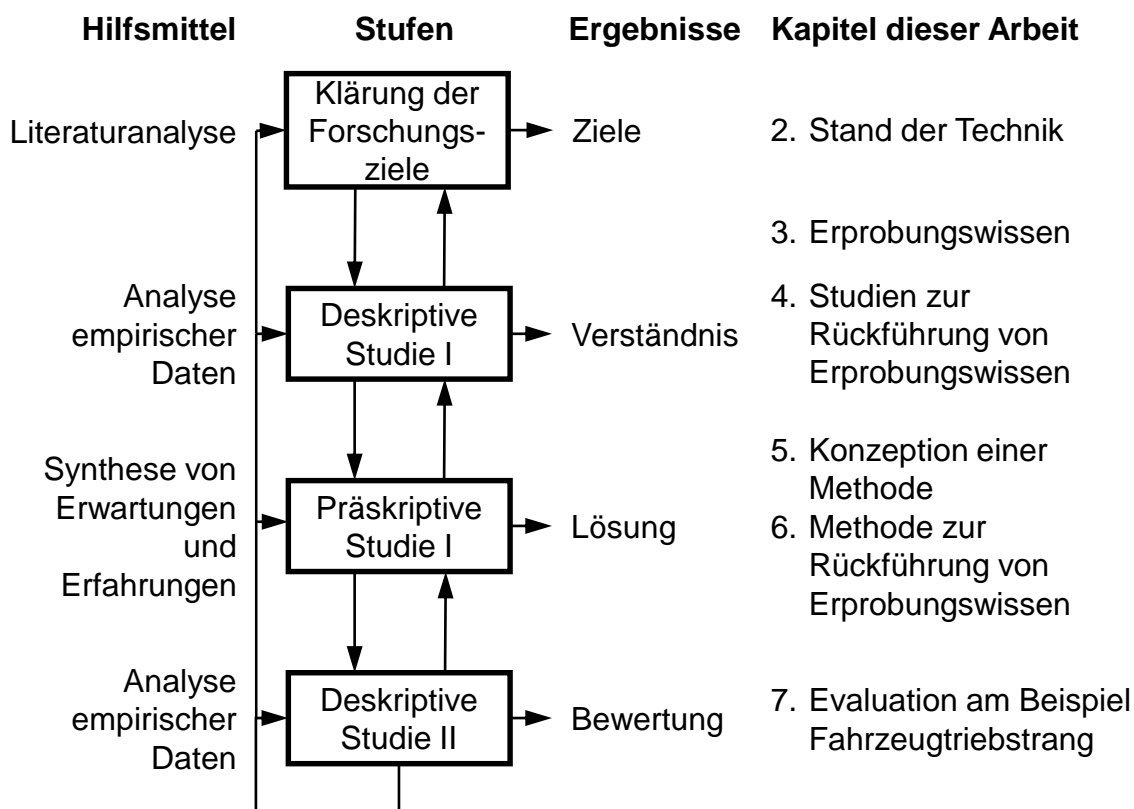


Bild 1.1: Vorgehensmodell nach Blessing und Chakrabarti [BLESSING09, S. 15], übertragen auf die Erforschung der Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung

Die Struktur der Arbeit und die inhaltliche Abhängigkeit der Kapitel sind vereinfacht in Bild 1.2 dargestellt. Diese Arbeit baut auf zwei Fundamenten auf: erstens auf der vorhandenen Literatur und zweitens auf den Erfahrungen in der industriellen Praxis. Auf Basis der Literatur konnte der für diese Arbeit wichtige Begriff „Erprobungswissen“ definiert werden; die Studien zur Rückführung von Erprobungswissen zeigen die Situation der Erfahrungen in der industriellen Praxis auf. Gemeinsam sind sie die Grundlage für das Verständnis über die Rückführung von Erprobungswissen. Die Konzeption der Methode

schafft eine Querverbindung zwischen Literatur und industrieller Praxis. Darauf baut die Entwicklung der Methode auf. Die Evaluationsergebnisse als letztes Kapitel unterstützen erfahrungsbasiert den Prozess der Wissensrückführung (dieser ist in Kapitel 5.3.1 beschrieben) in künftigen Projekten und bestätigen die effektive und effiziente Unterstützung der Produktentwicklung.

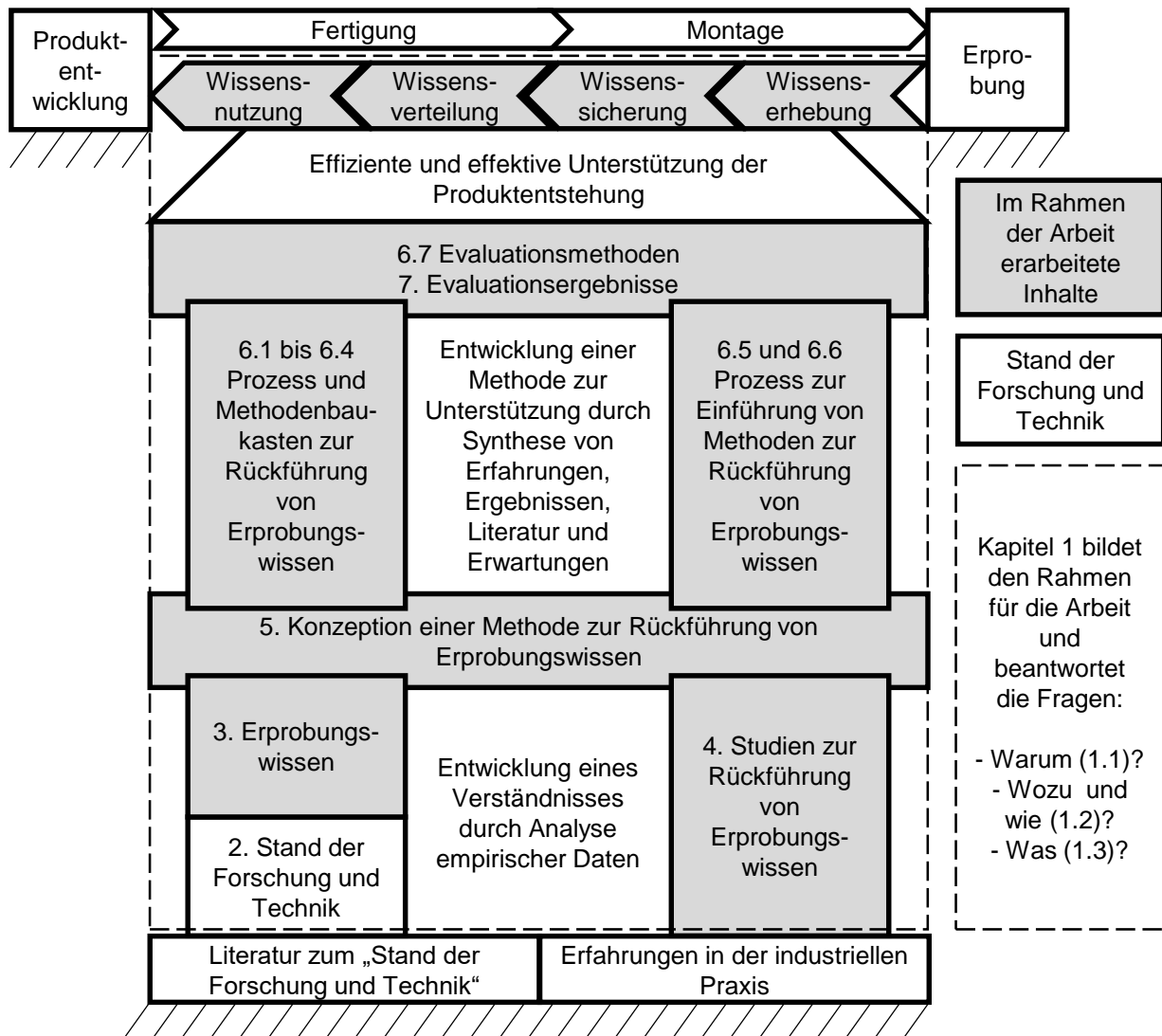


Bild 1.2: Struktur der Arbeit und Zusammenhang zwischen den Kapiteln

Die in Bild 1.2 dargestellte Struktur der Arbeit bzw. der Zusammenhang zwischen den Kapiteln wird mit dem Vorgehensmodell aus Bild 1.1 inhaltlich verknüpft. Die **Klärung der Forschungsziele** (Research Clarification, RC) erfolgt literaturbasiert und trägt dazu bei, diese Ziele zu beschreiben [ROTH13, S. 1-13]. In **Kapitel 2**, einer der beiden Säulen der vorliegenden Arbeit, wird mittels Literaturanalyse der Stand der Forschung und Technik beschrieben. Dabei werden die für diese Arbeit wichtigen Gebiete „Wissensmanagement“, „methodische Produktentwicklung“ und „Fahrzeugantriebsstrangentwicklung und

Versuchsmethodik“ systematisch erörtert. Dazu gehört eine tiefgreifende Auseinandersetzung mit dem Begriff „Wissen“ ebenso wie eine intensive Diskussion der Erprobung im Produktentstehungsprozess und die Darstellung unterschiedlicher Sichtweisen. Zum Abschluss des Kapitels vervollständigt ein Überblick über die automobilen Triebstrangentwicklung (der Anwendungsfall für die Evaluation der Methode beim Evaluationspartner) die Literaturübersicht.

In **Kapitel 3** erfolgen auf Basis der Ergebnisse aus Kapitel 2 die Definition und Erläuterung des Begriffs „Erprobungswissen“ und die Begründung, warum dieser Begriff eingeführt wird. Dazu gehört die Definition einer Begriffswelt, also einer abgegrenzten Terminologie für diese Arbeit, um den Zusammenhang zwischen den Wissensgebieten aus Kapitel 2 und den Begriffen dieser Arbeit herzustellen.

Die für das geforderte Verständnis für die Rückführung von Erprobungswissen wichtige **deskriptive Studie I (DS I)** wird in Kapitel 4 erläutert. Das Ziel der DS I ist ein vertieftes Verständnis über das Forschungsgebiet [LINDEMANN12, S. 24 f.]. Die DS I baut auf der Literaturrecherche auf und umfasst die Durchführung von (drei) empirischen Studien. Die Ergebnisse aus Kapitel 4 zeigen die Potenziale in der industriellen Praxis auf.

Ziel der **präskriptiven Studie I (PS I)** ist, eine konkrete Lösung für das Forschungsziel zu erarbeiten [ROTH13, S. 4-2]. Dabei werden die Ergebnisse und Erfahrungen aus den vorangegangenen Schritten berücksichtigt. In **Kapitel 5** wird die Konzeption der zu entwickelnden Unterstützung mit Zielen, Anforderungen und Ansätzen für die Rückführung von Erprobungswissen formuliert. Dies dient zunächst der Konkretisierung der Ziele und der Aufgabenstellung, um darauf aufbauend Lösungsansätze zu entwickeln. Diese konkreten Ziele und Anforderungen für die Unterstützung der industriellen Praxis stellen gleichzeitig eine Abgrenzung der Arbeit gegenüber anderen Arbeiten dar. Damit erfolgt nach dem Aufbau des Verständnisses eine Zusammenfassung der Kapitel 2 bis 4.

Die nächste Konkretisierungsstufe, die Ausgestaltung der zuvor formulierten Unterstützung als eine Methode zur Rückführung von Erprobungswissen, wird in **Kapitel 6** dargestellt. Vorgestellt wird die neu entwickelte Methode, aufgeteilt in die „beabsichtigte Unterstützung“ (Kapitel 6.1 bis 6.4) und die Einführung der Methode in der industriellen Praxis (Kapitel 6.5 und 6.6), sprich die „tatsächliche Unterstützung“ (Begrifflichkeiten in „nach Lindemann [LINDEMANN12, S. 25 f.] zitiert), (vgl. auch Bild 1.2). Ergänzend werden Verfahren zur Evaluation der eingesetzten Methode aufgezeigt (Kapitel 6.7). In Kapitel 6 werden damit die Entwicklung der Unterstützung und die Verbesserung der Situation bei der Rückführung von Erprobungswissen in der industriellen Praxis behandelt.

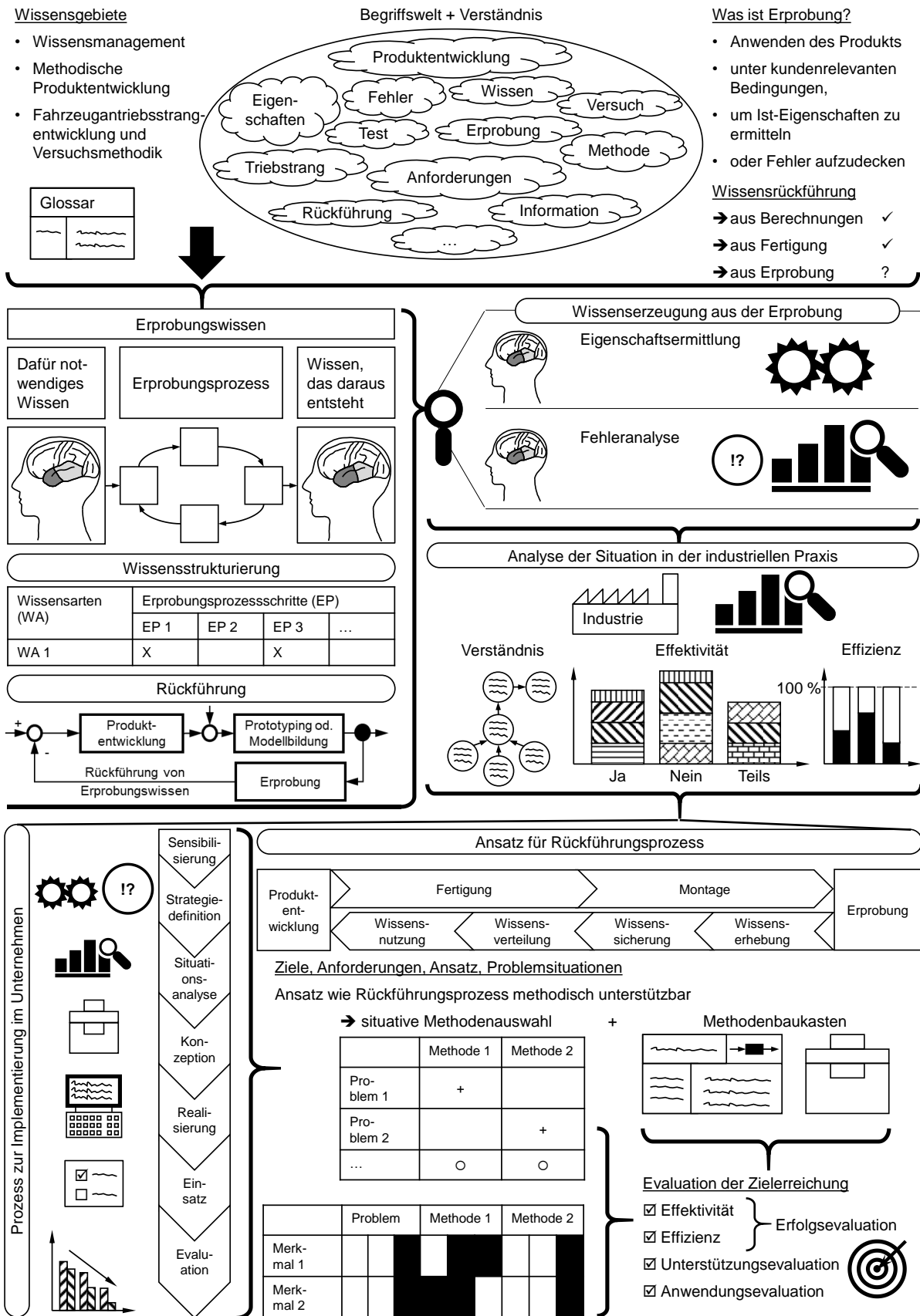


Bild 1.3: Übersicht und Struktur der Inhalte dieser Arbeit

Die **deskriptive Studie II (DS II)** dient der Bewertung der beschriebenen Lösung durch empirische Analysen [ROTH13, S. 5-2]. Bewertet wird hierbei die Abweichung zwischen dem gewünschten Soll-Zustand und dem Ist-Zustand durch die erreichte Lösung [LINDEMANN12, S. 27]. Diese „Evaluation am Beispiel Fahrzeugtriebstrang“ wird in **Kapitel 7** dargestellt. Diskutiert werden die Ergebnisse in **Kapitel 8**. Dort werden die Erkenntnisse der gesamten Arbeit im Kontext des wissenschaftlichen Arbeitens reflektiert. In **Kapitel 9** erfolgt abschließend die Zusammenfassung der Arbeit und der Ergebnisse. Im Anschluss daran wird in **Kapitel 10** ein Ausblick darauf gegeben, welche Auswirkungen auf andere Forschungsbereiche denkbar sind, wie die Ergebnisse weiterverwendet werden können und welche Weiterentwicklungsmöglichkeiten es gibt.

Der „rote Faden“ der Inhalte der Arbeit wird ergänzend in Bild 1.3 skizziert. Dieser „rote Faden“ startet im Bild 1.3 oben bei der Begriffswelt und bei den Ergebnissen der Literaturrecherche und folgt den geschweiften Klammern: Nach der Definition von Erprobungswissen werden erste Ansätze der Strukturierung von Erprobungswissen und dem Rückführungsprozess verfolgt, um danach die Möglichkeiten aufzuzeigen, Wissen in der Erprobung zu erzeugen. Es schließen sich empirische Analysen der Situation in der industriellen Praxis an. Danach wird das Gesamtbild der Methode, mit dem Ansatz für den Rückführungsprozess und dem Prozess zur Implementierung im Unternehmen, dargestellt (vgl. Kapitel 6, Bild 6.1, S. 104). Den Abschluss bildet die Evaluation der Methode.

1.3 Forschungsplan

Die Forschungsfragen dieser Arbeit wurden in Anlehnung an Blessing und Chakrabarti [BLESSING09] erarbeitet und sind in Tabelle 1.1 zusammengestellt. Nicht alle sind aus dem Stand der Technik ableitbar, manche bauen auf Zwischenergebnissen auf. Tabelle 1.1 zeigt auf, welche Forschungsfragen sich aus welchem Kapitel ergeben haben und in welche Hypothese die jeweilige Forschungsfrage mündet. Es gibt nach Blessing und Chakrabarti [BLESSING09, S. 60] sieben Forschungstypen zur Beantwortung der Forschungsfragen. Die Vorgehensweise nach **Forschungstyp fünf** wird angewendet bei geringem Verständnis der bestehenden Situation; er beruht auf der Entwicklung eines Verständnisses und der Entwicklung einer Unterstützung [BLESSING09, S. 62]. Aufgrund der Ergebnisse der Literaturrecherche wird der Forschungstyp fünf als angemessen beurteilt, um die aufgestellten Forschungsfragen zu beantworten, da das in der Literatur veröffentlichte Verständnis der bestehenden Situation gering ist und eine Unterstützung entwickelt werden muss. Damit stellen die DS I und die analytischen Forschungsfragen einen wesentlichen Teil der Arbeit dar.

Forschungsfrage	Grundlegende Hypothese	Phase Forschungsplan	Entstehung der Frage in Kapitel	Antwort in Kapitel
Analytische Forschungsfragen				
Welches Wissen entsteht während der Erprobung?	Die Erprobung liefert neues Produktwissen und Wissen darüber hinaus, z. B. für den Erprobungsprozess.	DS I	Kapitel 2.2	Kapitel 3 & 4.2
Welche Faktoren beeinflussen das relevante Wissen aus der Erprobung?	Das relevante Wissen aus der Erprobung ist von Produkt, Situation und Unternehmen abhängig.	DS I	Kapitel 2.3	Kapitel 4
Wie ist der aktuelle Stand in der industriellen Praxis bzgl. der Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung?	Die Rückführung von Erprobungswissen wird in der industriellen Praxis nicht als eigenständiger Prozess betrachtet.	DS I	Kapitel 2.3 & 2.5	Kapitel 4
Wie kann die Effektivität bei der Rückführung von Erprobungswissen gemessen und bewertet werden?	Die Effektivität ist durch die Anzahl der Fehlerwiederholungen oder der sich wiederholenden Fehler messbar.	DS I und II	Kapitel 3	Kapitel 4.3 & 7
Wie kann die Effizienz bei der Rückführung von Erprobungswissen gemessen und bewertet werden?	Die Effizienz ist durch den Anteil der wertschöpfenden Zeit des Versuchsingenieurs und durch den Anteil der Zeit, die er für Fehleranalyse und Fehlerdokumentation benötigt, messbar.	DS I und II	Kapitel 3	Kapitel 4.4 & 7
Synthetische Forschungsfragen				
Wie kann Erprobungswissen definiert und strukturiert werden?	Die vorhandenen Strukturierungsansätze für Wissen lassen sich auf die Wissensdomäne „Erprobungswissen“ übertragen und vergleichbar anwenden.	PS	Kapitel 2.2	Kapitel 3
Wie muss eine Methode zur Unterstützung der Rückführung von Erprobungswissen in der industriellen Praxis gestaltet sein, um eine Effizienz- und Effektivitätssteigerung zu ermöglichen?	Methoden zur Situationsanalyse, ein Methodenbaukasten mit Wissensmanagementmethoden und situativer Methodenauswahl, Evaluierungsmethoden sowie Methoden zur Integration von Wissensmanagementmethoden in die Unternehmenspraxis sind insgesamt geeignet, um die Rückführung von Erprobungswissen in die industrielle Praxis effektiver und effizienter zu gestalten.	PS	Kapitel 4.2	Kapitel 5 & 6
Welche Methoden sind geeignet, um Methoden zur Unterstützung der Rückführung von Erprobungswissen in Unternehmen einzuführen?	Methoden zur akzeptanzförderlichen Einführung von Wissensmanagement, die für den Ingenieur einfach zu erlernen und verständlich sind, die von ihm möglichst wenig Aufwand erfordern und die er bereits aus anderen Bereichen kennt, sind geeignet, um Methoden zur Unterstützung der Rückführung von Erprobungswissen in Unternehmen einzuführen.	PS	Kapitel 4.2	Kapitel 6.6

Tabelle 1.1: Forschungsfragen im Überblick

2 Stand der Forschung und Technik

Der Titel „Methode zur Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung am Beispiel Fahrzeugtriebstrang“ gibt die Themenfelder dieser Arbeit vor. Diese Themenfelder sind im „ARC-Diagramm“ (Areas of Relevance and Contribution Diagram) nach Blessing und Chakrabarti [BLESSING09, S. 63 ff.] in Bild 2.1 dargestellt: Es handelt sich um die „methodische Produktentwicklung“ (dunkelgrau), das „Wissensmanagement“ (hellgrau) und die „Fahrzeugantriebsstrangentwicklung und deren Versuchsmethodik“ (weiß). Da es sich bei dieser Übersicht um eine ganz allgemeine Darstellung handelt, wird der Begriff „Versuchsmethodik“ verwendet. Warum im Weiteren der Begriff „Erprobung“ verwendet wird, wird in Kapitel 3.1.1 erläutert.



Bild 2.1: „ARC-Diagramm“ in Anlehnung an Blessing und Chakrabarti [BLESSING09, S. 63 ff.]

Die Reihenfolge der Unterkapitel lehnt sich an den Titel der Arbeit an (vgl. Bild 2.2). Im Folgenden wird zuerst auf Begriffe aus dem Kontext der „Methode“ und auf den Begriff „Rückführung“ eingegangen. Anschließend werden der Stand der Technik und der Forschung im Bereich des Wissensmanagements, der Stand der Forschung der Produktentwicklung im Bereich der Erprobung und zum Schluss der Stand der Technik

der Entwicklung und Erprobung des Fahrzeugtriebstrangs betrachtet. Die Themenfelder können unabhängig voneinander vorgestellt werden, die Schnittstellen werden durch Verweise und entsprechende Kapitel berücksichtigt.

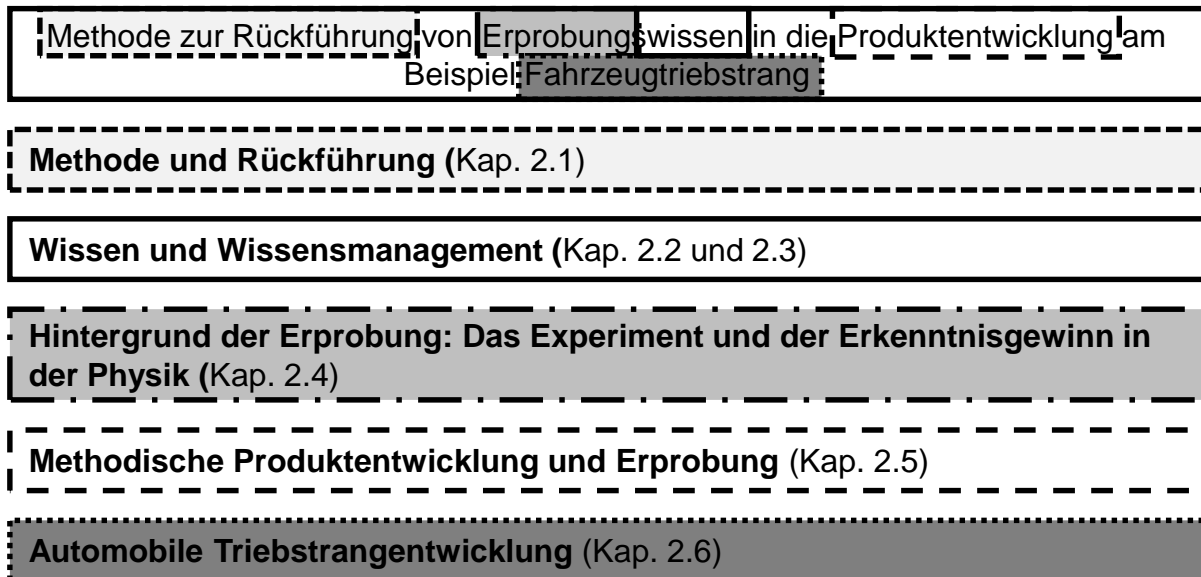


Bild 2.2: Strukturierung des Kapitels 2 „Stand der Forschung und Technik“

Da Begriffe wie z. B. „Erprobung“ und „Experiment“ oft synonym verwendet werden, folgt zunächst eine Definition der in dieser Arbeit verwendeten Begriffe auf Basis der etablierten Literatur.

2.1 Begriffsklärung Methode und Rückführung

Die Begriffe „Methode“ und „Rückführung“ sind für diese Arbeit von zentraler Bedeutung. Deren Definition ist notwendig, um ein tief greifendes Verständnis des hier vorgestellten Themenfelds zu ermöglichen. Die Abgrenzung der Begrifflichkeiten „Methode“ und „Methodik“ dient der Erläuterung, warum der Begriff „Methode“ verwendet wird. Weitere im Zusammenhang mit der Methode wichtige Begriffe werden im Anschluss daran behandelt. Den Abschluss bildet die Bestimmung des Begriffs „Rückführung“. Der inhaltliche Stand der Technik zur methodischen Produktentwicklung ist in Kapitel 2.5 beschrieben.

Die **Methode** ist ein „planmäßiges Vorgehen zum Erreichen eines bestimmten Ziels“ [PAHL77, S. 460]. Weitere, ähnliche Definitionen liefern Lindemann [LINDEMANN09A, S. 333], die VDI-Richtlinie 2222 [VDI 2222 1997, S. 22] oder Chroust [CHROUST92, S. 50]. Das bestätigt der Duden [DUDEN20] und liefert folgende Aussagen: auf einem Regelsystem aufbauendes Verfahren zur Erlangung von [wissenschaftlichen] Erkenntnissen oder praktischen Ergebnissen oder Art und Weise eines Vorgehens.

Eine **Methodik** ist dagegen (ergänzend) ein „planmäßiges Vorgehen unter Einschluss mehrerer Methoden und Hilfsmittel“ (siehe [PAHL77, S. 460] oder [EHRENSPIEL13, S. 748]) und schließt also die Methoden ein.

Die Abgrenzung zwischen Methode und Methodik ist nicht scharf, sondern eine Frage der Betrachtungsweise (siehe [CHROUST92, S. 50 ff.], [EHRENSPIEL13, S. 748] oder [LINDEMANN09A, S. 58]). Die Methodik kommt anscheinend bei komplexeren Konstrukten zur Anwendung, z. B. als Begriff „Konstruktionsmethodik“ (siehe [VDI 2222 1997]; [VDI 2221 1993], [PAHL05, S. 10] oder [EHRENSPIEL13]) oder als „Entwicklungsmethodik“ [VDI 2206 2004]; diese stellen umfassende Methodiken zu einem Wissens- oder Forschungsgebiet dar. Die Methode hat einen mehr heuristischen Charakter zum Erreichen praktischer Ergebnisse [LINDEMANN09A, S. 57 f.]. Auch wenn gemäß den oben genannten Definitionen der Begriff „Methodik“ für diese Arbeit zutreffend sein könnte, so erscheint im Vergleich mit den Begriffen „Konstruktionsmethodik“ [VDI 2222 1997] oder „Entwicklungsmethodik“ [VDI 2206 2004] der Begriff „Methodik“ für den Umfang des Wissensgebiets dieser Arbeit zu umfangreich. Deshalb gilt für die Betrachtungen in dieser Arbeit der Begriff „Methode“ sowohl für den Gesamtkontext als auch für die Einzelmethoden.

Bevor auf den Begriff „**Rückführung**“ eingegangen wird, sind im Zusammenhang mit dem Begriff „Methode“ weitere Begriffe, z. B. „Methodenbaukasten“, „Hilfsmittel“, „Werkzeuge“, „Tools“, „Prozess“ und „Vorgehensmodell“, der Vollständigkeit halber zu erläutern.

Unter einem **Methodenbaukasten** oder einer **Methodensammlung** ist eine „systematische Sammlung von Methoden, die für bestimmte Arbeitsabschnitte eines Prozesses (alternativ) eingesetzt werden können und für deren Auswahl Hilfen angegeben sind“ [EHRENSPIEL13, S. 748] zu verstehen. Ähnliche Begriffe sind „Methodenkataloge“, „Methodenset“ oder „Methodenpool“ [PONN07, S. 94].

Hilfsmittel sind „einfache Methoden, gekennzeichnet durch geringen Aufwand, mit wenigen Schritten zur Durchführung“ [STRASSER04, S. 8]. Es können auch „[...] die körperlichen Objekte zur Abwicklung der Informationsverarbeitung [...]“ [EHRENSPIEL13, S. 146] darunter verstanden werden. Im Rahmen dieser Arbeit erfolgt, wie bei Strasser [STRASSER04, S. 8], keine Unterscheidung der Begriffe „Methode“ und „Hilfsmittel“.

Werkzeuge und Tools sind „konkretere Teilmethoden, sehr oft Computer-Werkzeuge“ [EHRENSPIEL13, S. 146], um Methoden zu unterstützen. „Computeranwendungen werden oft als Tool bezeichnet“ [STRASSER04, S. 8].

Ein **Prozess** ist eine „[...] Menge von Handlungen sowie deren Verknüpfungen über Informations- und Materialflüsse, um ausgehend von einer Eingangssituation (Input) ein bestimmtes Ziel (Output) unter gegebenen Randbedingungen zu erreichen“ [LINDEMANN09A, S. 334]. Der Unterschied zur Methode ist der Einsatz „[...] von Ressourcen, wie Personal, Methoden, Softwarewerkzeugen, Anlagen etc. [...]“ [LINDEMANN09A, S. 334]. Das bestätigt die DIN EN ISO-Norm 9000 [DIN EN ISO 9000 2005, S. 8], wonach der Prozess jede Tätigkeit ist, die Ressourcen verwendet, um Eingaben in Ergebnisse umzuwandeln. Das **Vorgehensmodell** ist eine „Abbildung wichtiger Elemente einer Handlungsfolge“ [LINDEMANN09A, S. 337]. Vorgehensmodelle „[...] beschreiben wiederkehrende Muster im Vorgehen oder sind als Handlungsvorschrift anzuwenden“ [LINDEMANN09A, S. 337]. Die Methode unterscheidet sich davon in Anlehnung an Lindemann [LINDEMANN09A, S. 58] durch ihre formalisierte Beschreibung und ihren operativen Charakter [BRAUN05, S. 27 ff.], während ein Vorgehensmodell allgemeiner Natur ist.

Der zweite für das Verständnis dieser Arbeit wichtige Begriff ist die „**Rückführung**“. „Allgemein bezeichnet man mit Rückkopplung oder Rückführung einen Mechanismus in signalverarbeitenden oder informationsverarbeitenden Systemen, bei dem ein Teil der Ausgangsgröße direkt oder in modifizierter Form auf den Eingang des Systems zurückgeführt wird“ [WALTER09, S. 1]. „Ein Regelkreis ist ein rückgekoppeltes System, das mindestens aus einer Regelstrecke, einem Regler, einem Soll-Ist-Vergleich und einer Rückführung besteht“ [WALTER09, S. 166] (siehe Bild 2.3).

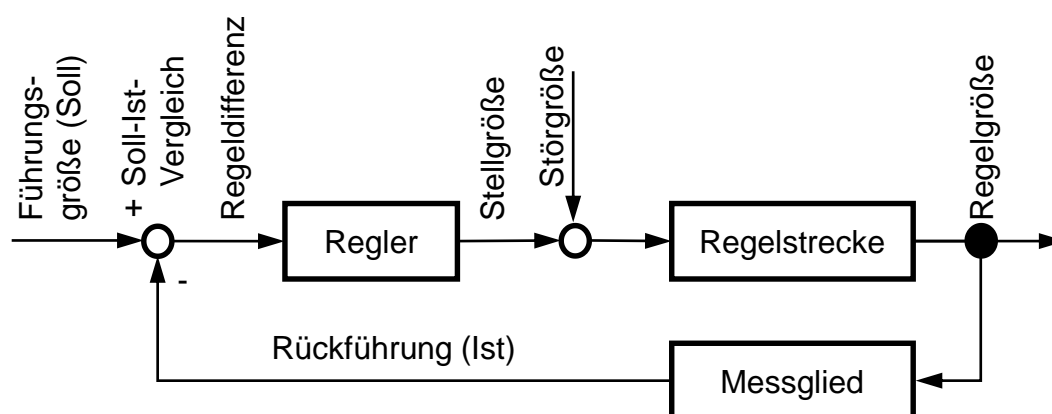


Bild 2.3: Standardregelkreis nach Walter [WALTER09, S. 167]

Diese Rückführung, Rückkopplung oder dieses Feedback [WALTER09, S. 1] ist kennzeichnend für den Unterschied zwischen Steuerung und Regelung [ORLOWSKI07, S. 3]; für die Regelung eines Prozesses ist die Rückführung eine zwingende Voraussetzung. „Die Iteration kann man auch als Rückführung im Sinne eines Regelkreises auffassen“

[EHRENSPIEL13, S. 94]. Die schrittweise Gestaltung verlangt Iterationen [FELDHUSEN13, S. 482 f.] und auch der Entwicklungsprozess verlangt ein iteratives Vorgehen [PAHL05, S. 165, oder FELDHUSEN13, S. 16 ff.]. Feldhusen und Grote fordern sogar die Rückführung von Informationen aus unterschiedlichen Fachbereichen [FELDHUSEN13, S. 300].

In der Standardliteratur der Produktentwicklung wird sowohl der Begriff „Rückkopplung“ (siehe [VDI 2247 1994], [AMBROSY96], [THEL07], [BRAESS13], [EHRENSPIEL13] oder [VAJNA14]) als auch der Begriff „Rückführung“ (siehe [VDI 2247 1994], [EHRENSPIEL13], [FELDHUSEN13], [VAJNA14]) verwendet, bei Herfelder [HERFELDER07] insbesondere zur Rückführung von Simulationsergebnissen.

Die Rückkopplung ist ein Fachbegriff [DUDEN13, S. 908], der vornehmlich die Kybernetik und die Elektrotechnik betrifft [DUDEN20]; nach Müller [MÜLLER72, S. 93] ist dieser im weitesten Sinne auch auf andere Prozesse in der Physiologie, der Psychologie und der Kommunikation übertragbar. Die Begriffe „Rückkopplung“ und „Rückführung“ werden in der Regelungstechnik synonym verwendet. Der Begriff „Rückführung“ ist allgemeinerer Natur, da darunter das Zurückführen von etwas [DUDEN20] zu verstehen ist. In der Literatur zur Produktentwicklung wird überwiegend der Begriff „Rückführung“ verwendet, daher wird dieser für diese Arbeit bevorzugt.

Der für diese Arbeit zentrale Begriff „Erprobungswissen“ ist bisher in der Literatur nicht definiert [FRÖBEL13], gehört aber zum inhaltlichen Teil der Arbeit (siehe Kapitel 3). Um zu dem Begriff „Erprobungswissen“ hinzuführen, ist es notwendig, den allgemeinen Wissensbegriff (siehe Kapitel 2.2) zu beschreiben und den aktuellen Kenntnisstand im Wissensmanagement (siehe Kapitel 2.3) darzustellen.

2.2 Wissen

In diesem Kapitel steht die Begrifflichkeit „Wissen“ im Vordergrund. Betrachtet werden die Dimensionen des Wissens, zudem wird aufgezeigt, wie Wissen klassifiziert, gegliedert und zuletzt, wie Wissen erworben werden kann (siehe Bild 2.4). Der Umgang mit Wissen wird in Kapitel 2.3 dargestellt.

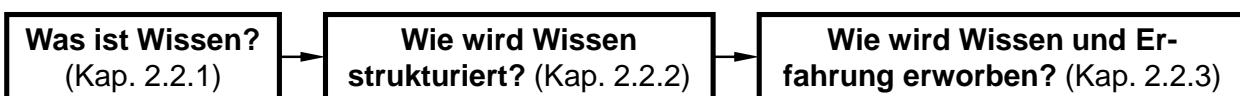


Bild 2.4: Strukturierung des Kapitels 2.2

In Kapitel 2.2.2 wird aufgezeigt, dass Erfahrung ein Teil von Wissen ist. Daher wird zunächst die Strukturierung von Wissen erläutert und darauf aufbauend, wie Wissen und Erfahrung erworben werden können.

2.2.1 Der Begriff Wissen

In Anlehnung an Aamodt und Nygard [AAMODT95, S. 193] ist eine allgemeine Definition von Wissen wohl eher eine philosophische Frage. Platon nahm sich vor mehr als 2300 Jahren dieser philosophischen Frage nach einer Definition von Wissen in einem fiktiven Dialog zwischen Sokrates und Theaitetos an [PLATON78]. Drei unterschiedliche Versuche der Definition von Wissen wurden diskutiert; der dritte Versuch definierte Wissen als eine wahre Meinung mit Erklärung, siehe [HEITSCH88, S. 173 f.]: „Danach ist Wissen eine zutreffende Meinung über X, verbunden mit der Erklärung von X, und das heißt, verbunden mit dem (sachverständigen) Wissen von den Elementen von X“ [HARDY01, S. 291]. Da Wissen durch Wissen erklärt wird, ist dieser Definitionsversuch zirkulär; es fehlt ein generelles Kriterium, wie es eine tatsächliche Definition von Wissen verlangen würde [HARDY01, S. 291]. Obwohl Sokrates und Theaitetos eine Definition von Wissen nicht gelang, kommen sie zu dem Schluss, dass alleine die Diskussion eines Themas und „das Schwangersein“ [PLATON78, 210, S. 1 a-d] zu Wissen und einem besseren Verständnis und folglich zu einer Differenzierung des Wissensbegriffs führt [HARDY01, S. 303].

Diese Exkursion in die Antike zeigt, wie lange sich Menschen schon mit dem Wissensbegriff beschäftigen, und soll beispielgebend sein für die Erläuterung des Begriffs „Wissen“ in dieser Arbeit. Wie bei Platon soll durch die Diskussion und das „Schwangersein“ mit dem Thema Wissen ein Verständnis und eine Differenzierung des Wissensbegriffs erreicht werden. Dazu werden die Begriffe „Wissen“ und „Information“ im wissenschaftlichen Bereich der Technik und Forschung dargestellt und Ansätze aus der Informatik, der Wirtschaftsinformatik und dem Wissensmanagement näher betrachtet.

In der Moderne ist dieser Begriff weniger von philosophischen als von praktischen Fragen geprägt. Nonaka und Takeuchi [NONAKA12] „[...] betrachten Wissen als dynamischen menschlichen Prozess der Erklärung persönlicher Vorstellungen über die ‚Wahrheit‘“ [NONAKA12, S. 74] und stellen Wissen und Information im Kontext des menschlichen Handelns dar [NONAKA12, S. 74 ff.]. Diese Vorgänge sind auf technische Bereiche übertragbar [FRÖBEL13, S. 6], doch wird in unterschiedlichen Disziplinen Wissen unterschiedlich definiert. Aamodt und Nygard [AAMODT95, S. 193] kommen zu dem Ergebnis, dass die Begriffe „Wissen“, „Information“ und „Daten“ in einem Kontext zu betrachten sind und

es keine allgemeingültige Definition von Wissen gibt. Dabei differieren die Begriffe Wissen, Information und Daten in ihrer Anwendung in Literatur und Praxis stark ([LIESE03, S. 5] oder [AAMODT95, S. 93], siehe auch [SEIFFERT71], [STEINMÜLLER93], [AAMODT95], [REHÄUER96], [FUCHS-KITTOWSKI10, S. 19 ff.] [DIN ISO/IEC 2382 TEIL 1 1997], [EDER08] oder [PROBST10]).

Für einige Autoren sind die Begriffe „Wissen“ und „Information“ synonym [HUBKA92, S. 130 f., oder EDER08, S. 28]. Björkstrand und Lallimo [BJÖRKSTRAND06, S. 244] weisen darauf hin, dass die Grenze zwischen Informationen und Wissen unscharf ist, weil Informationen das Wissen explizieren und, abhängig vom Informationsgehalt, wie Wissen erscheinen mögen. Auch die Begriffe „Daten“ und „Information“ werden oft gleichbedeutend verwendet, was zu einer wachsenden Verwirrung führt [AHMED99, S. 5]. „Die Schlussfolgerung ist, dass Wissen, Information und Daten nur relative Begriffe sind und dass diese nicht absolut definiert werden können“ [AHMED99, S. 6, übersetzt durch den Autor]. Daten definieren Probst et al. [PROBST10, S. 16] in Anlehnung an Glazer [GLAZER91, S. 2] als Zeichen, die durch Syntaxregeln gegliedert werden. Durch Interpretation werden Daten für den Empfänger zu Informationen [PROBST10, S. 16]. Die Vernetzung von Informationen ermöglicht die Nutzung in einem bestimmten Handlungsfeld, was nach Probst et al. [PROBST10, S. 16] und Bohn [BOHN94, S. 62] als Wissen bezeichnet werden kann. Die Definitionen von Probst entsprechen denen von Rehäuser und Krcmar [REHÄUSER96] und Aamodt und Nygard [AAMODT95].

Die Wissensdefinition von Probst et al. [PROBST10] deckt sich inhaltlich mit der Definition der VDI-Richtlinie 5610 [VDI 5610 2009, S. 4], wonach Wissen vernetzte Information ist. Dieses Wissen ermöglicht es, Vergleiche anzustellen, Verknüpfungen herzustellen und Entscheidungen zu treffen (siehe Bild 3.6, S. 71).

Katzenbach [KATZENBACH12, S. 26 ff.] geht über die Definition der VDI-Richtlinie 5610 [VDI 5610 2009] hinaus und definiert Wissen als die Summe von Inhalt (Daten und Informationen), Bezügen und Zusammenhängen (siehe [KRATZER14, S. 16]). Noch weitergehend ist die Wissenstreppe von North [NORTH11], siehe Bild 2.5, da Handeln und Kompetenz einbezogen werden. North [NORTH11] stimmt in seiner Betrachtung der Beziehungshierarchie weitestgehend mit den zuvor genannten Sichtweisen überein (siehe [FRÖBEL13, S. 11]). Wie Ahmed et al. [AHMED99, S. 7] ist er der Meinung, dass Informationen für einen Betrachter wertlos sind, wenn dieser die Informationen nicht mit anderen Informationen vernetzen kann [NORTH11, S. 37]: Ahmed et al. [AHMED99, S. 7] schreiben, dass Informationen Informationen bleiben, wenn diese nicht interpretiert werden können.

Teilweise gibt es Unterschiede zwischen den aufgezeigten Definitionen, z. B. darin, welche Stufe des Wissensbegriffs (Daten, Information oder Wissen) kontextabhängig ist: Informationen ([AHMED99, S. 5] oder [REHÄUSER96, S. 5]) oder Wissen [NORTH11, S. 2].

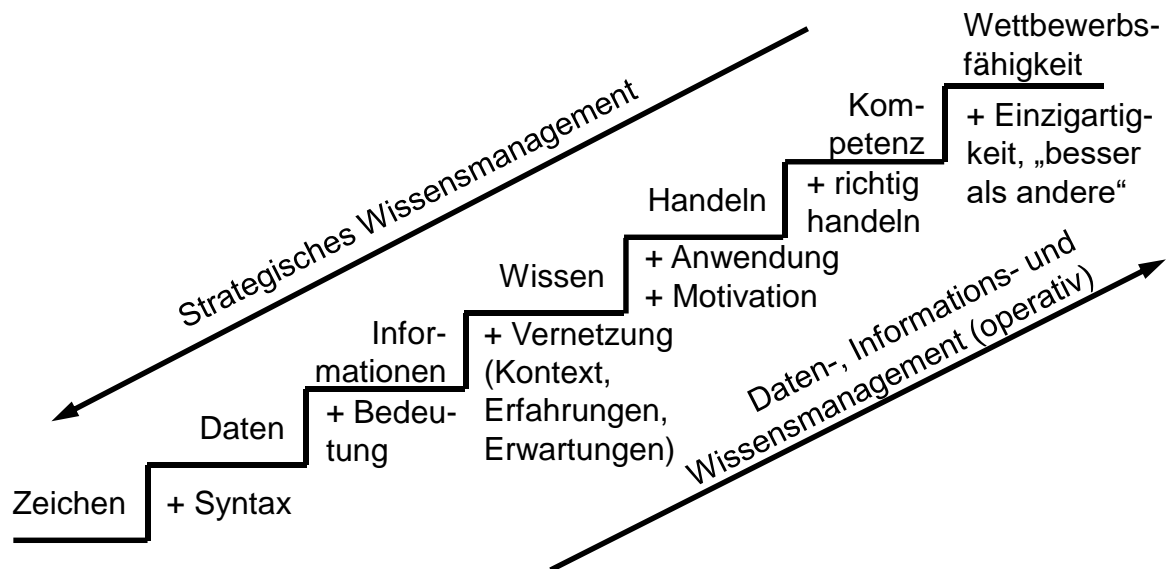


Bild 2.5: Wissenstreppe von North [NORTH11, S. 36]

Gemeinsam mit Probst et al. [PROBST10] definiert North ergänzend, um aus den Zusammenhängen die Wissenstreppe ableiten zu können, „[...] Wissen als die Gesamtheit der Kenntnisse und Fähigkeiten, die Personen zur Lösung von Problemen einsetzen. Dies umfasst sowohl theoretische Erkenntnisse als auch praktische Alltagsregeln und Handlungsanweisungen. Wissen stützt sich auf Daten und Informationen, ist im Gegensatz zu diesen jedoch immer an Personen gebunden. Wissen entsteht als individueller Prozess in einem spezifischen Kontext und manifestiert sich in Handlungen“ [NORTH11, S. 37].

Der Wissensbegriff nach Probst et al. [PROBST10] ist im deutschsprachigen Raum ein oft zitierter Ansatz (siehe [MERTINS09A, S. 18]), auch in wissenschaftlichen Arbeiten (z. B. [HEYNEN01], [STOEBER01], [REMUS02]). Auch der Ansatz von North wird in vielen wissenschaftlichen Arbeiten zum Thema Wissensmanagement als Grundlage verwendet (z. B. in [STOEBER01], [LIESE03], [THEL07], [MEINKE12], [WARTH12]).

Wie eingangs gezeigt, ist eine einheitliche Definition nicht möglich. Die vorliegende Arbeit lehnt sich an die Begrifflichkeiten und das Verständnis nach VDI-Richtlinie 5610 [VDI 5610 2009, S. 4], Probst et al. [PROBST10] und North [NORTH11] an, da sie weitgehend übereinstimmen und im deutschsprachigen Raum etabliert sind: „Wissen ist vernetzte Information, welches in die Lage versetzt, Vergleiche anzustellen, Verknüpfungen herzustellen und Entscheidungen zu treffen“ [VDI 5610 2009, S. 4].

2.2.2 Strukturierung von Wissen

Die Strukturierung von Wissen ist in unterschiedlichsten Weisen und mit unterschiedlichsten Begriffen möglich (vgl. [EVBUOMWAN97], [AHMED00], [ZAHN00], [LIESE03], [THEL07], [ROTH10], [NORTH11]). Von besonderer Relevanz für den Fortgang dieser Arbeit ist der Strukturierungsansatz von Roth et al. [ROTH10], aufgrund seiner generischen Eigenschaften und der Verankerung in der VDI-Richtlinie 5610 [VDI 5610 2017, S. 6 ff.].

Nach Mertins et al. [MERTINS09A, S. 17] können die Begriffe „Wissensdomänen“ und „Wissensgebiete“ synonym verwendet werden. Speziell für die Domäne des Konstruktionswissens (als Fachgebiet und Teilprozess des Produktentstehungsprozesses, vgl. Kapitel 2.5.1 und [VDI 2221 1993, S. 8]) gibt es Strukturierungsvorschläge, wie Kratzer [KRATZER14, S. 21] anhand von Beispielen ([KOLLER90], [HUBKA92], [SZYKMAN01], [HICKS02]) zeigt. Nach Meinung einiger Autoren gibt es für das Erprobungswissen (als ein anderes Fachgebiet des Produktentstehungsprozesses) keine Strukturierung und bis dato keine Definition dieses Begriffs (siehe [BAKELE12], [WICHNER12] und [FRÖBEL13]).

Wissenselemente (engl. chunks of knowledge) können nach dem Ansatz von Roth et al. [ROTH10] charakterisiert werden. Dabei stellt ein Wissenselement „[...] eine konkrete, abgegrenzte und abgeschlossene Einheit von Wissen dar [...]. Das Wissenselement ist das Ergebnis der Phase der Wissenserhebung“ [KRATZER14, S. 61 f.]. Doignon und Falmagne [DOIGNON88] sehen „[...] in einer Charakterisierung von Wissenselementen eine Voraussetzung für die Wissensakquise“ [KRATZER14, S. 18 f.]. Demnach ist auch für die Wissensakquise im Bereich der Erprobung eine Charakterisierung der Wissenselemente notwendig (siehe Kapitel 3.3). Um diese Voraussetzungen zu schaffen, wurden im Ansatz von Roth et al. [ROTH10] Strukturparameter entwickelt, die im Anhang A.1 beschrieben werden. Der Strukturierungsansatz von Roth et al. [ROTH10] wird anhand des Beispiels in Bild 2.6 für ein Wissenselement aus der DIN-Norm 7190 [DIN 7190 2001] und Kollmann [KOLLMANN84] erläutert [KRATZER14, S. 20]. Im Weiteren sind die Strukturparameter „Wissenstyp“ und „Wissensart“ nach dem Modell von Roth et al. [ROTH10] besonders relevant für die Strukturierung von Erprobungswissen und werden daher im Folgenden näher erläutert. **Wissenstypen** beschreiben die spezifische Domäne, die durch das Wissen repräsentiert wird [ROTH10, S. 1685]. Ein Beispiel ist das Wissen über Konstruktionsprinzipien. Das von Roth et al. [ROTH10] entwickelte generische Strukturmodell gibt einen Überblick über die Anwendung der verschiedenen Wissenstypen während der Produktentwicklung (siehe [FRÖBEL13, S. 37] und Anhang A.2). Roth et al. [ROTH10] ordnen diese Wissenstypen den einzelnen Schritten des Konstruierens nach Pahl und Beitz [PAHL05,

S. 168 ff.] zu. Damit wird aufgezeigt, welches Wissen für welchen Prozessschritt notwendig ist. Diese Darstellung ist relevant, da auch für den Erprobungsprozess (siehe Bild 3.4, S.69) Wissen notwendig ist. Die Zuordnung dieser Wissenstypen zu den Erprobungsschritten ist in Kapitel 3.3 dargestellt.

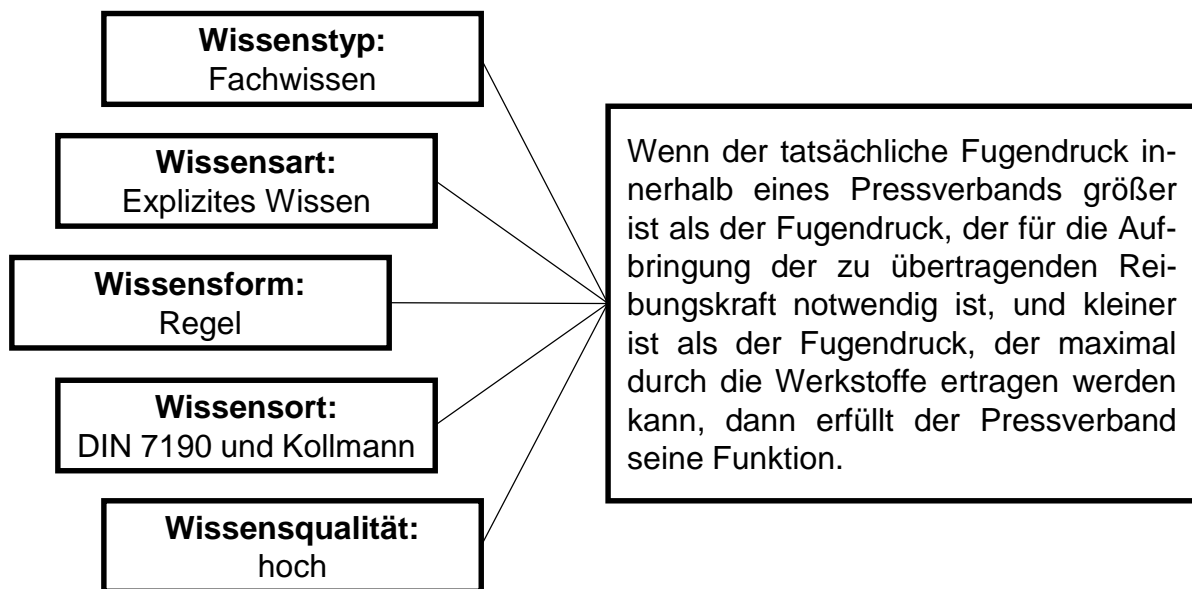


Bild 2.6: Wissensstrukturierungsansatz am Beispiel Pressverband [KRATZER14, S. 20]

Unter **Wissensart** wird die durch beschreibbare Eigenschaften vorhandene Form verstanden, in der das Wissen eines Wissenslements vorliegt [ROTH10, S. 1685], beispielsweise als explizites oder implizites Wissen. Den Unterschied machte Polanyi schon 1966 deutlich: „[...] we can know more than we can tell“ [POLANYI66, S. 4]; seiner Überzeugung nach gibt es also ein Wissen, das Menschen nicht mit Worten ausdrücken können, das sogenannte implizite Wissen. Die Unterscheidung zwischen implizitem und explizitem Wissen ist für die Forschung auf dem Gebiet der Rückführung von Erprobungswissen notwendig. Implizites Wissen erstreckt sich auf konkretes Know-how, handwerkliche Fähigkeiten und Fertigkeiten und wird im „Hier und Jetzt“ geschaffen und während „analog“ (Begriff wurde durch Bateson [BATESON81] geprägt) stattfindender Tätigkeiten zwischen Personen vermittelt, siehe [NONAKA12, S. 77]. Eine Charakterisierung von implizitem und explizitem Wissen nimmt Theil [THEIL07, S. 10] vor. Die in dieser Arbeit verwendeten Definitionen sind: „Implizites Wissen ist an Personen gebunden, schwer kommunizierbar und kaum formalisierbar. [...] Explizites Wissen ist auf verschiedenen Ebenen formalisierbar (z. B. Sprache, Schrift), damit kommunizierbar und in verschiedenen Medien speicherbar“ [VDI 5610 2009, S. 4]. Wissen ist personen-gebunden (siehe Kapitel 2.2.1). Der Widerspruch, dass externes Wissen auf Medien

gespeichert werden kann, löst sich durch die Betrachtung von explizitem Wissen als Information auf ([AHMED00, S. 18 und S. 39], [THEL07, S. 10], [ROTH10, S. 1681 f.], [NORTH11, S. 37]; vgl. Bild 2.7). „Extern gespeichert“ bedeutet, dass Wissen als Information auf einem Datenträger verfügbar ist, während „intern gespeichert“ bedeutet, dass Wissen in den Köpfen von Menschen vorhanden ist. Einige Autoren ([AHMED00, S. 39], [GRANT97]) gliedern Wissensarten noch in implizites und stilles Wissen weiter auf.

Extern gespeichert	Intern gespeichert		
Information	Explizites Wissen	Implizites Wissen	Stilles Wissen
Produkt- beschreibung	Erklärung zum Produkt	Verständnis über das Produkt	Intuitionen über das Produkt

Bild 2.7: Information vs. Wissen [THEL07, S. 12]

Ein Modell, das die unscharfe Trennung zwischen implizitem Wissen und stillem Wissen aufzulösen versucht, ist das HANSE-Modell (im englischen Sprachgebrauch ASHEN-Model) [SNOWDEN00, S. 15 ff.]. Dieses Akronym setzt sich aus den fünf Anfangsbuchstaben der Begriffe „Heuristiken“, „Artefakte“ (Dokumente), „Natürliche Begabung“, „Skills“ und „Erfahrungen“ zusammen. „Diese Gliederung des Wissens in fünf Komponenten macht das Wissen in der Praxis wesentlich greifbarer [...]“ [THEL07, S. 11]. Erfahrung ist dabei zu verstehen als die „[...] erworbene Fähigkeit sicherer Orientierung [und] das Vertrautsein mit bestimmten Handlungs- und Sachzusammenhängen ohne Rekurs auf ein hiervon unabhängiges theoretisches Wissen“ [MITTELSTRAß80, S. 569].

Vor allem die Erfahrung der Versuchingenieure ist ein wichtiger Aspekt der hier vorliegenden Arbeit und ein essenzieller Bestandteil für die Rückführung von Erprobungswissen. Das Erfahrungswissen soll nutzbar gemacht werden; dazu ist zu wissen, welche Art von Wissen Erfahrung darstellt. Dass Erfahrung fast den gesamten Bereich zwischen explizitem und stillem Wissen abdeckt [SNOWDEN00, S. 6 f.], macht die Externalisierung des Erfahrungswissens von Versuchingenieuren zur Herausforderung.

Wie zu Beginn des Kapitels kurz erläutert, gibt es keine Strukturierung und keine Definition der Wissensdomäne Erprobungswissen. Für die spätere Anwendung und Wissensakquise scheint eine solche Strukturierung jedoch sinnvoll. Aus diesem Grund wurde in diesem Kapitel eine Strukturierungsmöglichkeit vorgestellt, die im weiteren Verlauf (siehe z. B. Kapitel 3.3) verwendet wird.

2.2.3 Entstehung von Wissen und Erfahrung

Die Begriffe „Wissen“ und „Erfahrung“ wurden in den vorherigen Kapiteln beschrieben. Die Entstehung von Wissen beruht nach Ahmed et al. [AHMED05, S. 1] auf drei Prinzipien:

1. Beobachten und Erleben,
2. Interpretieren von Daten und Informationen (siehe Bild 2.8) und
3. logisches Denken, Interpretieren und Kombinieren von Informationen und Wissen (siehe Bild 2.5 und [AAMODT95, S. 198], [THEL07, S. 9] und [FRÖBEL13, S. 6 f.]).

Die erste Stufe beim Interpretieren von Daten und Informationen, die Bewusstseins-ebene, beschreibt, wie ein Nutzer Kenntnis von Daten erhält. Ist diesem der Kontext der Daten bewusst, dann haben die Daten eine Bedeutung für den Nutzer und stellen Informationen dar. Kennt dieser den Kontext der Daten nicht, sind es weiterhin nur Daten ohne Bedeutung [AHMED99, S. 6 f.]. Die zweite Stufe ist die Interpretationsebene: Ist der Nutzer in der Lage, die Informationen zu interpretieren – das bedeutet, dass er die Sprache, die Begriffe und Auffassungen verstehen und lesen kann –, dann wird aus den Informationen personengebundenes Wissen. Wenn nicht, bleiben es Informationen, die das Potenzial haben, zu Wissen zu werden, wenn der Nutzer lernt, diese zu interpretieren [AHMED99, S. 7].

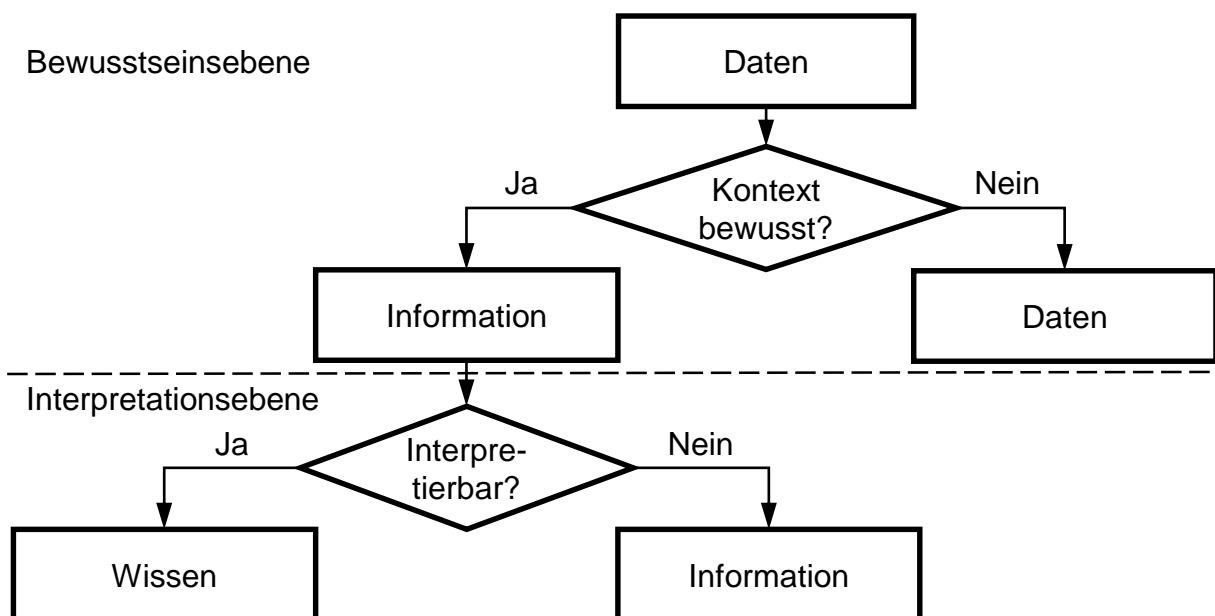


Bild 2.8: Daten, Information und Wissen in Bezug auf die potenziellen Nutzer [AHMED99, S. 6]

Ahmed et al. [AHMED05] haben untersucht, welche Rolle Wissen und Erfahrung in der Produktentwicklung spielen. Dabei haben sie [AHMED05, S. 5] verschiedene Wissenstypen (siehe Bild 2.9) differenziert und deren Wichtigkeit von Führungskräften von Ingenieuren beurteilen lassen. Die Wissensdomäne „Analyse und Verifikation“ (siehe Bild 2.9) kommt der Wissensdomäne Erprobungswissen (siehe Kapitel 3) inhaltlich nahe, da es prinzipiell um die Ermittlung von Produkteigenschaften geht. Diese wird als wichtig angesehen, aber im Vergleich werden andere Wissensdomänen, wie z. B. die von ihnen so bezeichnete Wissensdomäne der „Konzeptentwicklung“, als wichtiger oder sehr wichtig betrachtet [AHMED05, S. 8].

Bei dieser Befragung von Führungskräften im Ingenieursbereich fanden Ahmed et al. [AHMED05] heraus, dass es lange dauert, um ein Experte auf einem bestimmten Gebiet zu werden (siehe Bild 2.9) – im Einklang mit Turki und Albers [TURKI14, S. 86], die feststellten, dass Erfahrungswissen während der Dauer der Tätigkeitsausübung entsteht. Bis ein Ingenieur auf dem Gebiet „Analyse und Verifikation“ im Durchschnitt über alle Befragten als erfahren angesehen wird und als Experte gilt, dauert es im Vergleich mit anderen Wissenstypen – abgesehen von der Konzeptentwicklung – am längsten.

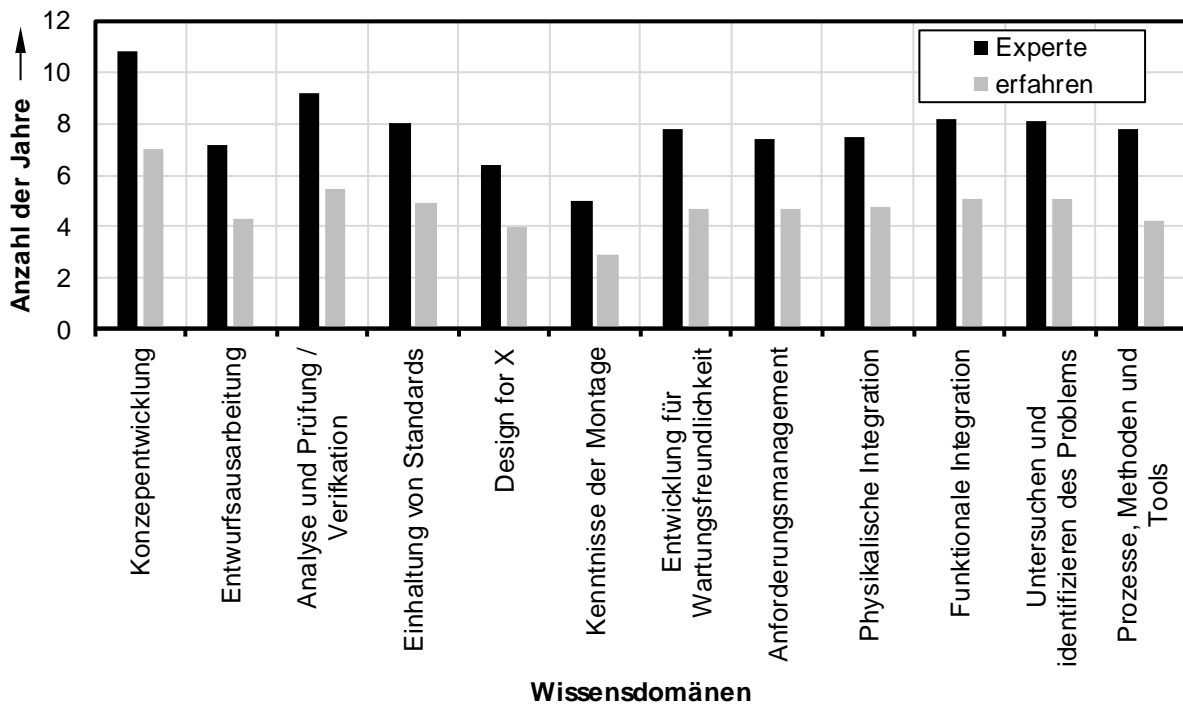


Bild 2.9: Anzahl der Jahre, um Experte oder erfahren zu werden [AHMED05, S. 9]

Ahmed et al. [AHMED05] liefern aber keine Definitionen der Begriffe „Experte“ und „erfahren“ und diskutieren auch keine Ursachen als Erklärungsmöglichkeiten für den langen

Zeitraum. Es kann nur vermutet werden, dass sehr viel mehr Zeit als in anderen Wissenstypen benötigt wird, um auf dem Gebiet „Analyse und Verifikation“ Versuche durchführen und daraus resultierend Erfahrungen machen zu können. Aber um ein Experte zu werden, zählen neben der Dauer der Tätigkeit auch die persönlichen Eigenschaften, wie z. B. Kreativität oder Problemlösungskompetenz [AHMED05, S. 8 ff.].

Nachdem im Kapitel 2.2 darauf eingegangen wurde, was unter „Wissen“ verstanden werden kann, welche Möglichkeiten der Strukturierung von Wissen es gibt und wie es entstehen kann, wird im folgenden Kapitel gezeigt, wie mit diesem Wissen im Unternehmen umgegangen werden kann.

2.3 Wissensmanagement

Die Produktentwicklung gehört zu den komplexesten und wissensintensivsten Geschäftsprozessen [EPPLER99, S. 377 f.]. Gerade der Prozess der Erprobung hat den Sinn und Zweck, Daten zu erzeugen, und ist daher prädestiniert für die Anwendung von Wissensmanagement (WM). Nach der VDI-Richtlinie 5610 [VDI 5610 2009, S. 8] ist Wissensmanagement definiert als „das Organisieren aller Prozesse, in denen Informationen, Erkenntnisse und Erfahrungen identifiziert, erzeugt, gespeichert, verteilt und angewendet werden“.

Eine Unterscheidung und Abgrenzung der Begriffe, Ansätze, Konzepte, Modelle und Strategien des Wissensmanagements nimmt Reinmann [REINMANN09] vor. Die Begriffe unterscheiden sich zwar je nach Disziplin, in der sie entstanden sind, der Begriff „Modell“ hat sich in der Wissensmanagement-Literatur aber durchgesetzt. Modelle werden dabei differenziert in (theoretisch entwickelte) Vorbilder und (aus der Praxis abgeleitete) Nachbildungen [REINMANN09, S. 59 ff.].

Die relevanten Schritte des Prozesses zur Rückführung von Erprobungswissen (siehe Kapitel 5.3.1) können nur auf Basis einer detaillierten und differenzierenden Darstellung unterschiedlicher Wissensmanagementmodelle erläutert werden. Diese Darstellung ist in Anhang A.3 zu finden. Sie zeigt anhand der Definitionen von Daten, Information, Wissen und Wissensmanagement für diese Arbeit relevante Ansätze von Wissensmanagement, basierend auf North [NORTH11, S. 200], auf. Die in Anhang A.3 betrachteten Ansätze sind: Wissensmanagement im Ingenieurwesen [VDI 5610 2009]; Wissensmanagement nach Probst et al. (siehe [PROBST10], [NORTH11, S. 184 ff.]); das Münchner Modell nach Reinmann-Rothmeier (siehe [REINMANN-ROTHMEIER01], [NORTH11, S. 186 ff.]); das Modell des integrativen Wissensmanagements nach Reinhardt und Pawlowsky (siehe

[REINHARDT97], [NORTH11, S. 188 ff.); das Lebenszyklusmodell des Wissensmanagements nach Rehäuser und Krcmar (siehe [REHÄUSER96], [NORTH11, S. 190 ff.); das Wissensmarktmodell von North [NORTH11, S. 265 ff.); das Modell des Managements technologischer Ressourcen nach Morin (siehe [MORIN85], [NORTH11, S. 193 ff.); das Modell des systemischen Wissensmanagements nach Willke (siehe [WILLKE98], [NORTH11, S. 195 f.], [MEINKE12, S. 75 ff.); das APQC/Andersen-Rahmenkonzept nach Artur Andersen (siehe [JAGER99], [NORTH11, S. 196 ff.], [MEINKE12, S. 105 f.); die Spirale des Wissens (siehe [NORTH11, S. 198 f.], [MEINKE12, S. 68 ff.); Wissensmanagement im Mittelstand ProWis nach Mertins et al. ([MERTINS09A], aufbauend auf [MERTINS01]).

Grundlage für die Ausführungen in den folgenden Kapiteln ist das Modell „Wissensmanagement im Ingenieurwesen“ nach der VDI-Richtlinie 5610 [VDI 5610 2009], da dieses im Rahmen dieser Arbeit angewendet wird. Vorgestellt werden zudem die zur Unterstützung des Wissensmanagements notwendigen Methoden, Methodenbaukästen und Werkzeuge sowie die Möglichkeiten, Wissensmanagement in Unternehmen einzuführen. In Kapitel 2.3.5 als Zusammenfassung und Fazit wird begründet, warum diese Arbeit die Ansätze der VDI-Richtlinie 5610 [VDI 5610 2009] berücksichtigt.

2.3.1 Wissensmanagement im Ingenieurwesen nach VDI-Richtlinie 5610

Ziele und Nutzen des Wissensmanagements sind gemäß der VDI-Richtlinie 5610 [VDI 5610 2009, S. 11 f.] Kostenersparnis, Produkt-/Qualitätsverbesserung, Steigerung der Mitarbeiterzufriedenheit und höhere Motivation durch kürzere Such- und Zugriffszeiten auf Informationen, bessere Vernetzung, erhöhte Wertschätzung der Mitarbeiter untereinander und Überwindung von Denkblockaden. Die Kernaktivitäten des Wissensmanagements nach VDI-Richtlinie 5610 [VDI 5610 2009] sind in Bild 2.10 dargestellt.

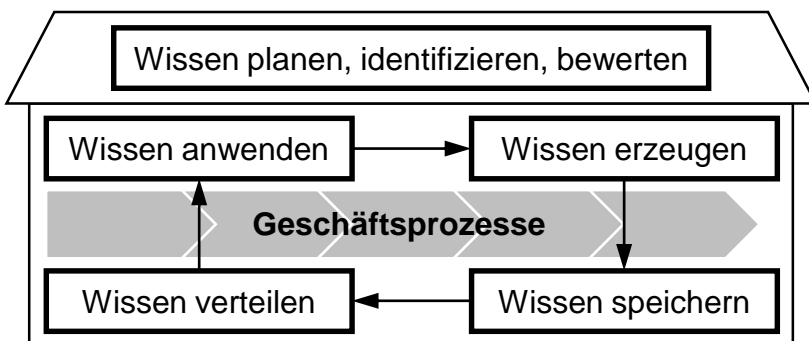


Bild 2.10: Kernaktivitäten des Wissensmanagements [VDI 5610 2009, S. 9]

Die vier für Geschäftsprozesse direkt relevanten Kernaktivitäten werden in diesem Zusammenhang, aus der VDI-Richtlinie 5610 [VDI 5610 2009, S. 8 f.] wörtlich zitiert, wie folgt verstanden:

- **„Wissen erzeugen** bedeutet, neues Wissen zu schaffen bzw. neue Erfahrungen zu machen. Dieses Wissen entsteht bei der Aufgabenbearbeitung durch einzelne Mitarbeiter, Gruppen oder Abteilungen.“
- **„Wissen speichern** bedeutet,
 1. explizites Wissen in Form von schriftlichen Dokumenten, Skizzen, Zeichnungen, Fotos bis zu multimedialen Dokumenten zu speichern und
 2. implizites Erfahrungswissen im kollektiven Gedächtnis einer Arbeitsgruppe zu bewahren“ (z. B. „Transactive memory“-Ansatz [WEGNER95, S. 319 ff.]; das bedeutet, Mitglieder eines Produktentwicklungsteams wissen, wer was weiß und wo sie nachfragen müssen).

Die VDI-Richtlinie 5610 [VDI 5610 2009, S. 8] zeigt, dass sich Wissensinhalte eines Fachgebiets sowohl auf Personen als auch auf Dokumente oder Datenbanken als Wissensträger verteilen:

- **„Wissen verteilen** bedeutet, Wissen zu verbreiten und von einem Wissensträger auf einen anderen zu übertragen. Damit ist gemeint, gezielt
 1. Wissen von einer Person zu einer anderen oder innerhalb einer Gruppe zu übertragen und
 2. materielle Wissensträger (z. B. Dokumente) bereitzustellen und zu verteilen.“
- **„Wissen anwenden** bedeutet, Wissen für die Aufgabenerfüllung, Problemlösung oder Entscheidungsfindung zu nutzen.“

Die Aktivitäten „Wissen planen, identifizieren, bewerten“ sind übergeordnet und nicht dem direkten Geschäftsprozess zugeordnet.

Unterschiedliche Perspektiven auf das Wissensmanagement – aus Sicht des Unternehmens, der Mitarbeiter, der internen und externen Kunden und der Geschäftspartner – ermöglichen eine differenzierte Betrachtung der gleichen Herausforderungen [VDI 5610 2009, S. 9]. Die VDI-Richtlinie 5610 baut auf den Wissensarten explizites und implizites Wissen auf und nutzt zur Veranschaulichung, in welchem Maß diese verwendet werden, das HANSE-Modell (siehe Kapitel 2.2.2).

Wesentliche Punkte bei der Einführung von Wissensmanagement sind die Hürden und Barrieren, die sich aus unterschiedlichsten Aspekten der Anwender, der Unternehmenskultur, der Prozesse oder der Infrastruktur ergeben [VDI 5610 2009, S. 13 ff.]. Diese sind

in Kapitel 4.1 in unterschiedlichen Studien herausgearbeitet. Die Einführung von WM im Unternehmen gemäß der VDI-Richtlinie 5610 wird in Kapitel 2.3.4 näher beschrieben.

Die VDI-Richtlinie 5610 [VDI 5610 2009] liefert keinen detaillierteren Überblick über einzelne Methoden oder Werkzeuge und deren Auswahl. Aus diesem Grund wird auf Methoden, Methodenbaukästen und Werkzeuge in den folgenden Kapiteln eingegangen.

2.3.2 Methoden und Methodenbaukästen des Wissensmanagements

Im Folgenden wird ein Überblick über etablierte Methodenbaukästen des Wissensmanagements (WM) gegeben, um daraus die speziell für die Rückführung von Erprobungswissen geeigneten herauszufiltern. Die theoretischen Grundlagen zu den Methodenbaukästen werden allerdings erst in Kapitel 2.5.9 beschrieben, um die Gliederung nach Bild 2.1, S. 14, zu erhalten und die Kapitel inhaltlich zusammenzufassen.

Die WM-Kernaktivitäten werden durch Methoden und diese wiederum durch Werkzeuge unterstützt. Für deren Auswahl sind die Kriterien Anwendungsgebiet, Kernaktivitäten, Wissensobjekte und Voraussetzungen zu berücksichtigen [VDI 5610 2009, S. 22].

Das Anwendungsgebiet für die Methoden in dieser Arbeit ist die Rückführung von Wissen aus der Erprobung in die Produktentwicklung; im Weiteren wird deshalb auf das Anwendungsgebiet als Auswahlkriterium nicht eingegangen. Kernaktivitäten, Wissensobjekte und Voraussetzungen werden in Kapitel 6.4 als Situation für die Methodenauswahl berücksichtigt.

In Tabelle A.4.1, S. 188 in Anhang A.4 ist ein Überblick über Methodenbaukästen im WM gegeben. Dieser Überblick erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern entspricht dem Stand der untersuchten Literatur. Die Strukturierung der Methodenbaukästen in Anhang A.4 ergibt sich in Anlehnung an Ponn [PONN07, S. 95].

Der einzige Werkzeugkasten in Papierform, der eine standardisierte Methodenbeschreibung bietet, ist der Methodenbaukasten von Mittelmann [MITTELMANN11]. Die Auswahl von Methoden erfolgt über den „semantischen Raum des Wissensmanagements“ [MITTELMANN11, S. 13 ff.]. Dieser spannt sich über neun sogenannte Entitäten auf, die Schwerpunkte im Wissensmanagement sind. Jeder Methode sind Entitäten zugeordnet, die diese Methode charakterisieren. Zur besseren Veranschaulichung sind die Methodenbeschreibung (siehe Tabelle A.5.1, S. 189), der semantische Raum (siehe Tabelle A.5.1 in der Grafik oben rechts) und die neun Entitäten in Anhang A.6 beschrieben. Eine Entität ist dabei als eine Repräsentation eines (konkreten oder abstrakten)

Gegenstands, der für ein gegebenes Anwendungssystem von Bedeutung ist, zu verstehen ([CHEN76, S. 9, zitiert nach [KRCMAR05, S. 113]).

Ein Beispiel für digitale Methodenkataloge ist der „ProWis-Shop“ [VOIGT14]. Die Auswahl bzw. Navigation im ProWis-Shop erfolgt [VOIGT09B, S. 51] nach den Kernaktivitäten, den Gestaltungsfeldern des Wissensmanagements (Personalmanagement, Unternehmenskultur, Führungssysteme, Prozessorganisation, Informationstechnologie und Controlling [MERTINS09A, S. 18 ff.]), dem TOM-Modell (Technologie, Organisation und Mensch, z. B. [BULLINGER97]) mit ganzheitlicher Sicht auf Wissensmanagement und nach aktuellen Fragestellungen aus der Praxis.

Die Methodenbeschreibungen im ProWis-Shop [VOIGT09B, S. 53] sind im Wesentlichen strukturell und inhaltlich deckungsgleich mit dem Vorschlag von Mittelmann [MITTELMANN11]. Die detaillierte Beschreibung findet sich in Anhang A.7.

Eine Analyse der Methodenbaukästen wird zeigen, dass diese speziell für die Rückführung von Erprobungswissen und für die entwicklungsspezifischen Situationen der Erprobung (siehe [KARTHAUS15B, S. 3] in Verbindung mit Kapitel 2.5.9) keine entsprechenden Auswahlmöglichkeiten anbieten. Ansätze einzelner Methodenbaukästen sind geeignet, um auf die Rückführung von Erprobungswissen übertragen zu werden. Da aber kein Methodenbaukasten vollinhaltlich die Anforderungen und Situationen berücksichtigt, die sich aus der Analyse der Erprobung (siehe Kapitel 5.2) ergeben, besteht die Notwendigkeit, einen angepassten Methodenbaukasten zu entwickeln.

2.3.3 Werkzeuge, Tools und Expertensysteme im Wissensmanagement

Die Begriffe „Werkzeuge“ und „Tools“ wurden im Sinne der Produktentwicklung in Kapitel 2.1 definiert. Dieses Verständnis ist auf das Gebiet des Wissensmanagements übertragbar [MEINKE12, S. 78 ff.], die Begriffe werden in gleicher Bedeutung verwendet.

Expertensysteme sind Werkzeuge mit speziellen Charakteristika ([PAHL89, S. 4], in Anlehnung an [SCHNUPP88], [VDI 5610 2017, S. 6 ff.]). Kennzeichnend für Expertensysteme ist nach Pahl [PAHL89, S. 4] eine Wissensbasis mit Fakten und Regeln, die Fähigkeit, Schlüsse ziehen und das Ergebnis erklären zu können, Erweiterungsfähigkeit und in begrenztem Maße Lernfähigkeit sowie das Vorhandensein einer komfortablen Benutzerschnittstelle, die es gestattet, in der Fachsprache einen vernünftigen Dialog zu führen.

Nach Kratzer [KRATZER14, S. 33 f.] können die Begriffe „Expertensystem“ und „wissensbasierte Systeme“ synonym verwendet werden, da in wissensbasierten Systemen Expertenwissen zum Einsatz kommt. Beispiele für Expertensysteme finden sich viele (z. B. in

[VDI 775 89], [NEESE91], [SPUR97, S. 699 ff.], [SEIFFERT08, S. 44 ff.] und [KRATZER14]). Bodendorf [BODENDORF06, S. 147] unterscheidet dabei zwei Arten von wissensbasierten Systemen: die Nachahmung der menschlichen Intelligenz und die Repräsentation von Wissen. Diese Unterscheidung ist für die spätere, zielgerichtete Entwicklung von WM-Werkzeugen im Anwendungsfall während der Evaluation (siehe Kapitel 7.3.2) relevant. Für die Entwicklungsprozesse von Softwaresystemen dienen in dieser Arbeit die bei Eppler [EPPLER04], Klos [KLOS04, S. 43 ff.] und Krypczyk [KRYPCZYK13] beschriebenen Prozesse als Vorbild.

Die in der industriellen Praxis eingesetzten Werkzeuge zur Ergebnistrückführung konnten anhand der untersuchten Literatur (siehe [BAKELE12] und [WICHNER12]) nicht aufgezeigt werden. Vermutlich sind die Anwendungsfälle unternehmensspezifisch, sodass eigenentwickelte Tools angewendet werden. Diese Hypothese wird im Rahmen von empirischen Studien in Kapitel 4 überprüft. Die Charakteristika von Expertensystemen müssen bei der Entwicklung von Werkzeugen zur Methodenunterstützung (Kapitel 6.5) als Anforderungen berücksichtigt werden.

2.3.4 Einführung und Anwendung von Wissensmanagement im Unternehmen

Die Einführung von Wissensmanagement in Unternehmen birgt besondere Herausforderungen (siehe [FINKE09, S. 23 ff.] und [KOHL09, S. 7. ff.]). „Die Hauptbarriere gegenüber geplanten Wissensmanagement-Aktivitäten ist der Mangel an Zeit und damit auch die fehlende Bereitschaft, einen Mehraufwand für neue Methoden oder Verfahren einzuplanen“ [FINKE09, S. 23]. Wesentliche Ursache für das Scheitern der Umsetzung ist oftmals eine unzureichende Kommunikation [FINKE09, S. 23].

Allgemeine Probleme und Barrieren, sprich: scheinbar unüberwindliche Hürden bei der Einführung von Wissensmanagement wurden der untersuchten Literatur entnommen und werden aus thematischen Gründen in Kapitel 4.1 dargestellt.

Um diese Hürden zu überwinden und erfolgreich Wissensmanagement in Unternehmen implementieren zu können, wurden unterschiedliche Prozesse bzw. Modelle entwickelt. Folgende WM-Ansätze bieten grundsätzlich einen Prozess zur Einführung von WM an: das Phasenmodell nach VDI-Richtlinie 5610 [VDI 5610 2009, S. 22 ff.], der Einführungsprozess für Wissensmanagement nach Finke [FINKE09, S. 23 ff.], die Verankerung des WM nach Probst et al. [PROBST10, S. 237 ff.] und die Implementierung nach North [NORTH11, S. 265 ff.].

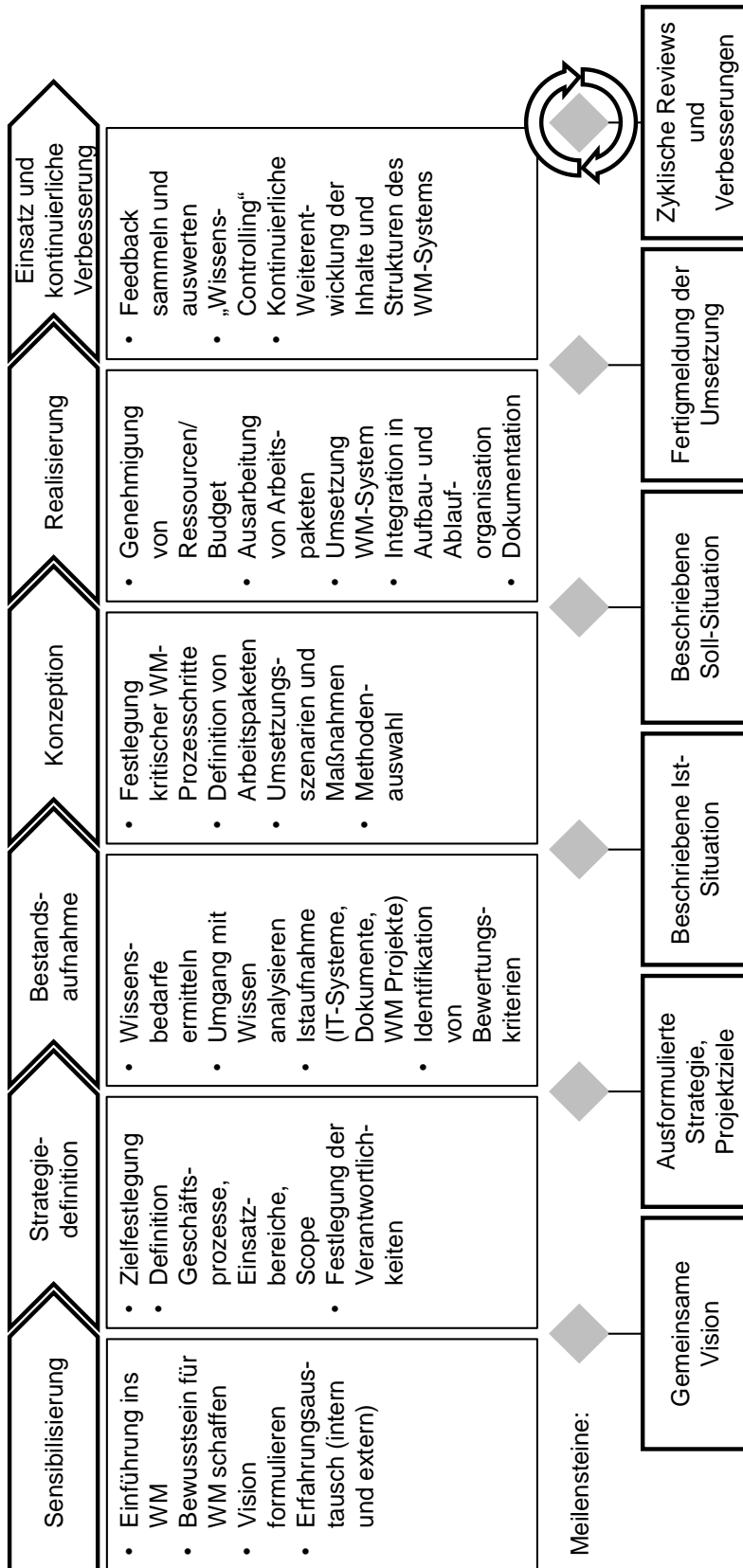


Bild 2.11: Phasenmodell zur Etablierung eines WM-Prozesses [VDI 5610 2009, S. 24]

Die VDI-Richtlinie 5610 [VDI 5610 2009] beschreibt ein prozessorientiertes, „praxiserprobtes Phasenmodell“ zur Etablierung eines WM-Prozesses (oder von Teilprozessen) in einem Geschäftsbereich. Dieses Phasenmodell (siehe Bild 2.11) beinhaltet folgende sechs Schritte [VDI 5610 2009, S. 22 ff.]:

- | | |
|------------------------|---------------------------------------------|
| 1. Sensibilisierung | 4. Konzeption |
| 2. Strategiedefinition | 5. Realisierung |
| 3. Bestandsaufnahme | 6. Einsatz und kontinuierliche Verbesserung |

Die Begründung für ein Vorgehen nach dem Modell des VDI erfolgt in Kapitel 2.3.5.

2.3.5 Fazit Wissensmanagement

Wissensmanagement wird heute in vielen wissenschaftlichen Disziplinen angewendet. Die Begrifflichkeiten sind häufig unterschiedlich, werden aber oft synonym verwendet, siehe Kapitel 2.3; deren im Rahmen dieser Arbeit geltende Bedeutung wurde in Kapitel 2.3.1 dargestellt. Um die unterschiedlichen Wissensmanagement-Ansätze vergleichen zu können, wurden die Bewertungsmöglichkeiten zur Auswahl von WM-Ansätzen nach North [NORTH11, S. 199 ff.] und Meinke [MEINKE12, S. 72 ff.] betrachtet. Als Basis der Bewertung diente dann die ausführlichere Bewertungsmatrix nach North [NORTH11, S. 200]. Verglichen wurden die weiteren WM-Ansätze von ProWis [VOIGT14] und [VDI 5610 2009]. Die Wahl des Ansatzes „Wissensmanagement im Ingenieurwesen“ [VDI 5610 2009] wurde auf Basis der Bewertungsmatrix in Anhang A.3 getroffen. Gründe dafür sind die praktische Anwendbarkeit und die Abstimmung auf die Geschäftsprozesse im Ingenieurwesen sowie die geringsten Hürden und Barrieren der Umsetzung in der industriellen Praxis durch das Phasenmodell der Etablierung. Die Anwendbarkeit in der industriellen Praxis ist dabei eine der wichtigsten Voraussetzungen für den Erfolg von Wissensmanagement in Unternehmen, wie die Kapitel 4.1 und 4.2 zeigen werden.

2.4 Hintergrund der Erprobung: das Experiment und der Erkenntnisgewinn

Dieses Kapitel bildet die Grundlage, um vom allgemeinen Begriff „Experiment“ den speziellen Begriff „Erprobung“ (siehe Kapitel 3.1.1) ableiten zu können. Als Schnittstelle zwischen dem Fachgebiet Wissensmanagement und dem Experiment zeigt es zudem auf, wie Wissen aus Experimenten entstehen kann.

Das **Experiment** ist allgemein „ein wissenschaftlicher Versuch, durch den etwas entdeckt, bestätigt oder gezeigt werden soll“ [DUDEN20]. Das Ziel aller Experimente ist,

„...Gesetzmäßigkeiten aufzufinden, die die Fülle der Beobachtungen in einen größeren, überschaubaren Zusammenhang bringen“ [DEMTRÖDER08, S. 1]. Daraus ergibt sich, dass es ohne Experiment oder Beobachtung nicht möglich ist, objektives Wissen zu produzieren [KORN73, S. 8], kurz: Experimente erzeugen Wissen.

Um einen Gesamtzusammenhang herzustellen, sind die Begriffe „Daten“, „Informationen“ und „Wissen“ des Wissensmanagements (welche zuvor in Kapitel 2.2 und 2.3 ausführlich erklärt wurden) mit denen des Experimentierens zu verknüpfen.

Im Fachgebiet Messtechnik wird der Unterschied zwischen Messdaten und Informationen im Kontext von Experimenten klar. Messen ist der experimentelle Vorgang, durch den der Zahlenwert einer physikalischen Größe ermittelt werden soll [LERCH12, S. 4]. Die Aktivitäten, um nichtelektrische Informationen, z. B. Eigenschaften eines Produkts, der elektrischen Messwerterfassung zugänglich zu machen, werden in einer Messkette zusammenfasst [PARTHIER08, S. 111]. Die Messkette übernimmt die Aufgaben des Erfassens der Messgröße aus der Umwelt (Aufgabe des Sensors [HERING12, S. 1]), das Weitergeben, Anpassen und Verarbeiten des Messsignals und das Ausgeben des Messwerts (Einrichtung der Ausgabe) [LERCH12, S. 5], siehe Bild 2.12. Die Messgröße ist „die physikalische Größe, der die Messung gilt“ [DIN 1319 TEIL 1 1995, S. 2], z. B. das Drehmoment.

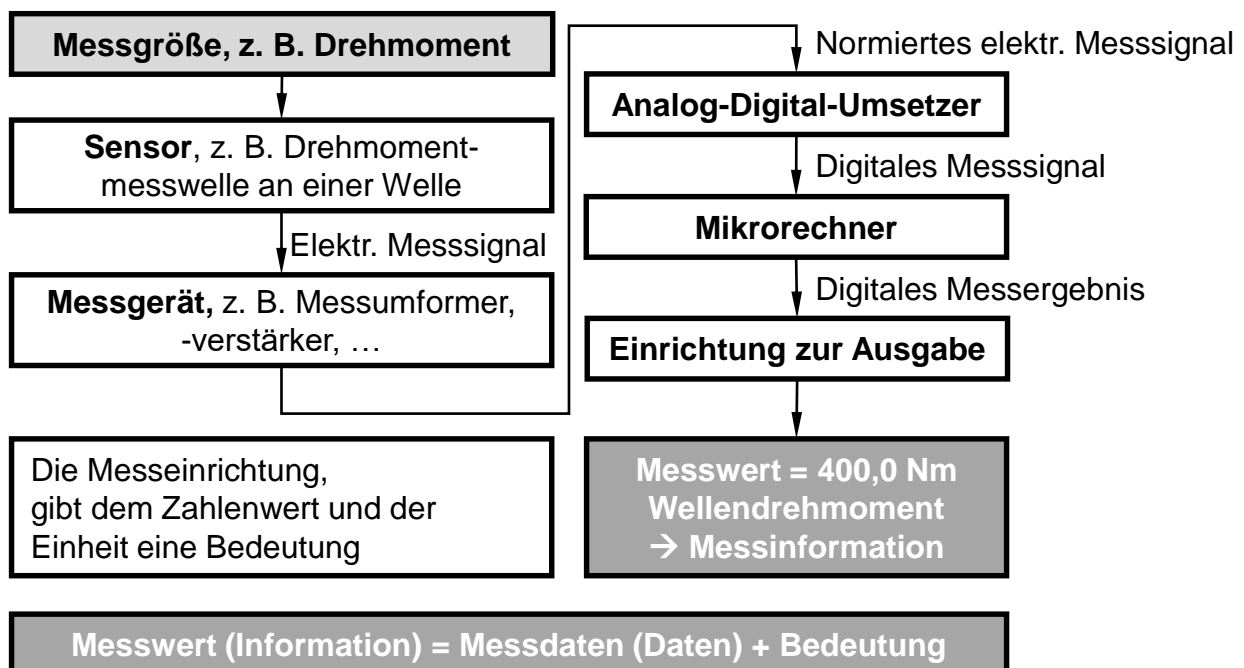


Bild 2.12: Informationsentstehung aus Messdaten (nach [DIN 1319 TEIL 1 1995, S. 31])

Die Ausgabe ist eine „durch ein Messgerät oder eine Messeinrichtung bereitgestellte und in einer vorgesehenen Form ausgegebene Information über den Wert einer Messgröße“

[DIN 1319 TEIL 1 1995, S. 9]. Der Träger der Information ist in der Regel das Messsignal [LERCH12, S. 9 f.]. Der Messwert ist das Produkt aus Zahlenwert und Einheit (siehe [LERCH12, S. 4], [DIN 1319 TEIL 1 1995, S. 2]). Die Folge aus Ziffern der Zahlenwerte und Buchstaben der Einheit sind in Anlehnung an North [NORTH11, S. 36 ff.] Messdaten. Die Messgröße, deren Einheit (vorgegeben durch den Messbereich des Sensors) und der Aufbau der Messkette (z. B. Ort des Sensors, Art der Signalverarbeitung (Filter, Transformationen, Korrelationsverfahren, ...)) geben den Messdaten eine Bedeutung (Daten mit Bedeutung sind Information [AHMED99, S. 6 f.]; vgl. Kapitel 2.2.1). Der ausgegebene Messwert stellt als Messgröße mit Einheit im Kontext der Messkette eine Information im Sinne des Wissensmanagements dar (siehe Bild 2.12 unten) [LERCH12, S. 435 f.]. Ohne den Kontext der Messkette bleiben die Messdaten Daten ohne Bedeutung.

Ein anschauliches Beispiel hierfür sind CAN-Bussysteme; diese übertragen Daten z. B. zwischen den Steuergeräten eines Automobils. Erst durch eine sogenannte „Beschreibungsdatei“ werden aus diesen übertragenen Daten Informationen, da diese durch die Beschreibungsdatei einen Signalnamen, eine Signalquelle und eine Einheit erhalten und damit einen interpretierbaren Kontext [WALLENTOWITZ11, S. 212 ff.].

Im Bereich der Experimente sind die Begriffe „Daten“ und „Information“ nun noch mit dem Begriff „Wissen“ zu verknüpfen. „Erst durch den Vergleich mit den experimentellen Ergebnissen wird eine Hypothese zur gesicherten Theorie und vermehrt unser Wissen über die Wirklichkeit“ [DEMTRÖDER08, S. 4]. Das zeigt, dass der Vergleich von Ergebnissen eines Experiments (Informationen) mit anderen Informationen (der Hypothese), also das Vernetzen der Informationen und das Interpretieren, zu Wissen führt. Diese Vorstellung stimmt mit den Begrifflichkeiten des Wissensmanagements überein (vgl. Bild 2.8, S. 25 und Kapitel 2.2.1). Auch Korn beschreibt, wie aus dem Experiment und dem Messergebnis Wissen entsteht (siehe Bild 2.13; [KORN73, S. 5 ff.]): Wissen über die Wirklichkeit soll objektiv, also immer gültig sein. Das erfordert die Reproduzierbarkeit von Ergebnissen; so müssen Wissenschaftler bei demselben Problem mit derselben Methode unabhängig voneinander zum gleichen Ergebnis kommen. Je öfter die Schleife in Bild 2.13 durchlaufen wird, desto mehr wächst das objektive Wissen [KORN73, S. 8]; daraus folgt, dass objektives Wissen additiv ist [KORN73, S. 6]. Das bedeutet, dass durch die Interpretation der Messwerte (Informationen, die aus einem Experiment gewonnen werden) und die Vernetzung mit anderen Informationen Wissen entsteht (siehe Kapitel 3.1.3). Eine allgemeingültige Methodik zur Ergebnisinterpretation gibt es nicht; diese hänge von der Fragestellung, dem Detaillierungsgrad und anderen Randbedingungen ab [VDI 3633 1996, S. 6].

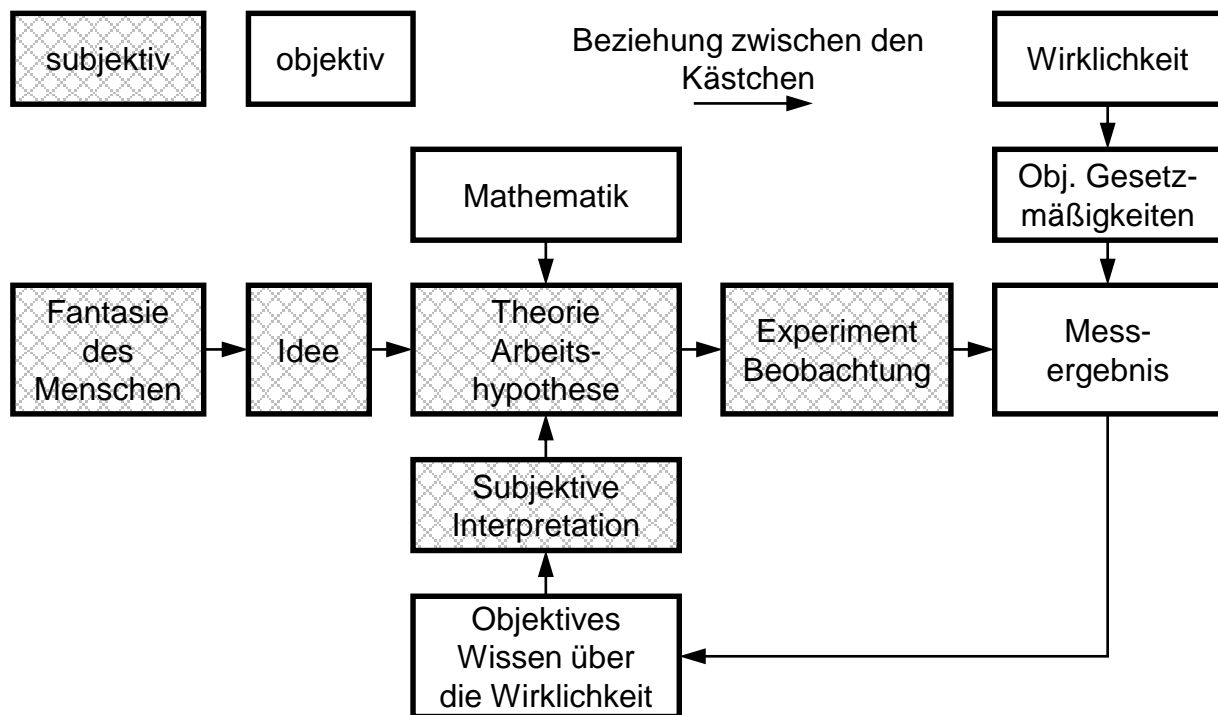


Bild 2.13: Wie man Wissen schafft (nach [KORN73, S. 6])

Doch das „[...] Experiment allein reicht aber nicht aus. Man braucht Ideen, um die Versuche abzuändern, das heißt, ohne subjektive Elemente funktioniert die Wissenschaft nicht“ [KORN73, S. 8]. Daraus lässt sich die Notwendigkeit für Wissensmanagement zum Umgang mit Wissen aus Experimenten ableiten.

In Naturwissenschaft und Messtechnik kann also auf Basis von Experimenten Wissen entstehen. Eine Differenzierung zwischen dem Begriff „Experiment“ und dem in den Ingenieurwissenschaften gebräuchlicheren Begriff „Erprobung“ sowie die Definition des Letzteren erfolgen in Kapitel 3.1.1. Zuvor werden im Folgenden noch Begrifflichkeiten und der Stand der Forschung und Technik in den Wissensgebieten „Methodische Produktentwicklung“ und „Fahrzeugantriebsstrangentwicklung und Versuchsmethodik“ dargestellt.

2.5 Methodische Produktentwicklung

Aufbauend auf Kapitel 2.1, in dem Begriffe aus den Kontexten „Methode“ und „Rückführung“ geklärt wurden, werden nun zunächst weitere Grundlagen des Wissensgebiets „methodische Produktentwicklung“ dargestellt. Dazu gehören die Definition weiterer Begrifflichkeiten und die Beschreibung des Stands der Technik. Als Erstes wird die Einordnung des Erprobungsprozesses in die Produktentstehung betrachtet.

2.5.1 Produktentwicklung, Erprobung und Rückführung als Teile des Produktentstehungsprozesses

„Die Gesamtheit aller Prozessschritte wird als Produktentstehungsprozess (PEP) bezeichnet“ [FELDHUSEN13, S. 11]. Die Phasen der Produktentstehung sind in der VDI-Richtlinie 2221 [VDI 2221 1993] definiert. In Bild 2.14 ist zu erkennen, dass der Versuch und die Erprobung von der Entwicklung unterschieden werden.

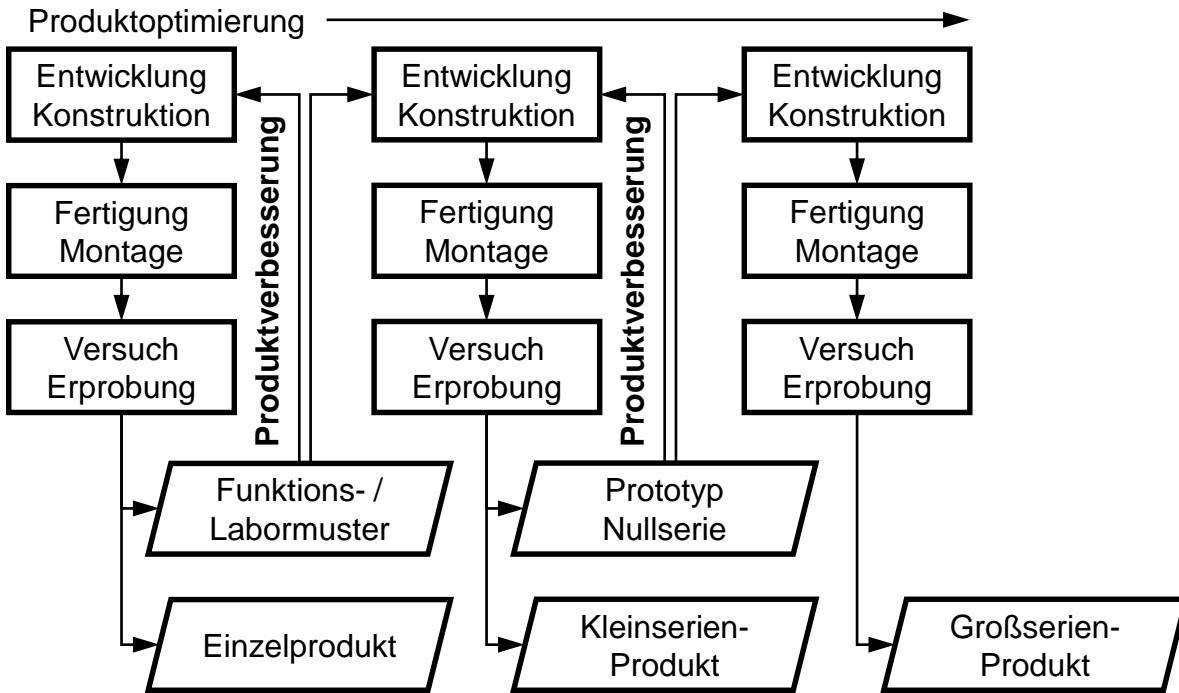


Bild 2.14: Phasen der Produktentstehung [VDI 2221 1993, S. 8]

Unter Produktentwicklung wird einerseits der „Prozess im Unternehmen, mit dem produzierbare und funktionsfähige Produkte gestaltet werden [...]“ (siehe [PONN11, S. 449] und [PULM04, S. 13]) verstanden, andererseits die Organisationseinheit, bei der dieser Prozess im Vordergrund steht. Teilweise werden die Begriffe „Produktentwicklung“ und „Produktentstehung“ synonym verwendet [EHRENSPIEL13, S. 749], ebenso wie die Begriffe „Produktentwicklung“ und „Entwicklung und Konstruktion“, wobei die Konstruktion der Teilprozess der Entwicklung ist, „der sich mit der Konzipierung und Gestaltung von Produkten befasst“ [PONN08, S. 393]. Die Abgrenzung ist also unscharf.

Für die wissenschaftliche Gesellschaft für Produktentwicklung (WiGeP) [WiGeP14, S. 75] ist der Prozess der Verifikation und Validierung, was an dieser Stelle mit Versuch oder Erprobung vergleichbar ist, ein Teil der Produktentwicklung im Rahmen von iterativen Analyse- und Syntheseschritten. Eine Differenzierung der Begriffe „Versuch“, „Verifikation“, „Validierung“ und „Erprobung“ erfolgt in Kapitel 3.1.1.

Der Versuch oder die Erprobung ist im Sprachgebrauch dieser Arbeit ein Teil der Produktentwicklung, in Anlehnung an [WiGEp14, S. 75]. Zwischen der Konstruktion (Produktsynthese) und dem Versuch liegt die Phase der Realisierung von Prototypen, sodass die Erprobung ein der Konstruktion zeitlich nachgelagerter Prozess ist (siehe Bild 2.14 und Bild 3.9, S. 77). Die Produktentwicklung ist der übergeordnete Prozess des Erprobens, in welchen die zeitliche Rückführung von Erprobungswissen erfolgen muss.

Das Modell nach VDI-Richtlinie 2221 [VDI 2221 1993] und weitere Vorgehensmodelle der Produktentstehung werden im Folgenden im Hinblick auf die Beschreibung der Rückführung aus dem Versuch oder der Erprobung untersucht.

„[...] eine erfolgreiche Produktentwicklung hängt stark von den Informationsflüssen zum und vom Umfeld ab“ [VDI 2221 1993, S. 8]. In Bild 2.14 wird die geforderte Rückführung der Produktverbesserungen angedeutet: Die Erprobung eines Funktions- oder Nullserienprototyps liefert gegebenenfalls Informationen zur Verbesserung der Konstruktion. Diese Informationen fließen in einen erneuten Entwicklungszyklus ein. Dabei wird unterschieden, ob die Informationen in die nächste Phase der Produktentwicklung weiterfließen oder ob diese innerhalb einer Phase der Produktentwicklung genutzt werden. Die Bedeutung dieser Informationsflüsse wird in Kapitel 2.5.5 näher untersucht.

Ein für die Automobilindustrie exemplarischer Produktentstehungsprozess wird in Kapitel 2.6.2 detaillierter beschrieben. Die mittlere Phase der Produktentstehung (siehe Bild 2.14) mit der Erprobung bis zur Nullserie erfolgt iterativ mit mehreren Chargen und Prototypen (vgl. [NAUNHEIMER07, S. 661 ff.], sodass die Rückführung von Informationen aus der Erprobung dieser Prototypen zuerst innerhalb einer Phase zu berücksichtigen ist. Albers und Braun [ALBERS11, S. 14] berücksichtigen in ihrem integrierten Produktentstehungsmodell (iPeM) die Aktivität „Verifizieren und Validieren“ als eine der „Modellierung von Prinzip und Gestalt“ (Produktsynthese) nachgelagerte Aktivität, die zum Prozess der Produktentstehung gehört [ALBERS07, S. 6]. Weitere Bestandteile des iPeM sind neben den der Produktentstehung zugehörigen Aktivitäten diejenigen der Problemlösung: Der Produktentstehungsprozess wird als ein Problemlösungsprozess aufgefasst [BRAUN15, S. 90]; innerhalb jeder Aktivität der Produktentstehung sind die Aktivitäten der Problemlösung Teilaktivitäten. Die Aktivitäten der Problemlösung folgen dem Akronym SPALTEN und bestehen aus Situationsanalyse, Problemeingrenzung, Suche nach Alternativen, Lösungsauswahl, Tragweitenanalyse, Entscheiden und Umsetzen, Nachbereiten und Lernen [ALBERS05A, S. 4]. Die Rückführung der Informationen wird durch die Aktivität „Lernen“ gefordert. Speziell für die Aktivität „Validierung“ wurde als Handlungssystem ein

Validierungsframework „X-in-the-Loop“ (XiL) [DÜSER10, S. 85] entwickelt, um zukünftigen Herausforderungen der Automobilindustrie, wie z. B. Individualität, Flexibilität, Globalisierung und Urbanisierung, zu begegnen. Die virtuelle Validierung (Simulation) und die reale Validierung (Test) werden dabei integriert betrachtet [ALBERS05B], [ALBERS09], [SCHYR06].

Gefordert wird auch beim V-Modell der VDI-Richtlinie 2206 [VDI 2206 2004, S. 29 ff.] (siehe Bild 3.2 auf S. 66), dass es eine Rückführung zur Produktverbesserung geben muss. Die Rückführung von Informationen aus der Erprobung und dem Versuch, die mit den Anforderungen abgeglichen werden, dient der Absicherung von Produkteigenschaften (vgl. [VDI 2206 2004] und [BICHLMAIER00], zitiert nach [LINDEMANN09A, S. 161]). Aus diesem Grund werden in den folgenden Kapiteln die Begriffe „Anforderung“, „Merkmale“ und „Eigenschaften“ betrachtet. Wenn die Produkteigenschaften die Anforderungen nicht erfüllen, entstehen Fehler (siehe Kapitel 2.5.4).

Die Rückführung von Informationen oder Wissen aus dem Versuch oder der Erprobung wird in den vorgestellten Vorgehensmodellen (siehe [VDI 2221 1993], [NAUNHEIMER07], [ALBERS11] oder [VDI 2206 2004]) gefordert, aber nicht detailliert beschrieben. Daraus ergibt sich der Forschungsbedarf, diese Rückführung zu untersuchen. Weiter wird die Notwendigkeit einer detaillierteren Betrachtung von allgemeinen Rückführungsprozessen aus einem der Produktentwicklung nachgelagerten Prozess sichtbar (siehe Kapitel 2.5.6). Auf Basis der ausgewerteten Literatur ist nicht zu ermitteln, wie effektiv oder effizient die geforderte Rückführung in der industriellen Praxis ist. Um das Bewerten zu können, sind weitere empirische Studien notwendig (siehe Kapitel 4.2, 4.3 und 4.4).

2.5.2 Anforderungen an Produkte

Die Spezifikation ist das „Dokument, das Anforderungen festlegt“ [DIN ISO 3534 Teil 2 2013, S. 48 f.]. Anforderungen sind Eigenschaften oder Bedingungen an ein Produkt, die dieses qualitativ und/oder quantitativ – möglichst zahlenmäßig mit geeigneten Maßeinheiten und deren Grenzen [DIN ISO 3534 Teil 2 2013, S. 49] – festlegen (siehe [VDI 2221 1993, S. 39], [LINDEMANN09A, S. 329] oder [EHRENSPIEL13, S. 743]). Anders gesagt: Produkthanforderungen sind die Vorgabe von zu erfüllenden Eigenschaften und Merkmalen oder die Vorgabe vorhandener Lösungen [MAYER-BACHMANN07, S. 41].

Die Anforderung setzt sich „[...] aus Merkmal und Ausprägung zusammen“ [PONN08, S. 35]. Das Merkmal ist die textuelle Beschreibung der Anforderung, die Ausprägung wird – wenn möglich – durch einen Zahlenwert und eine Toleranz ausgedrückt [LINDEMANN09A,

S. 109]. Die Sollwerte für die Ausprägung der Produkteigenschaft werden durch die Anforderungen definiert [LINDEMANN09A, S. 160 f.]. Die Begrifflichkeiten „Merkmale“ und „Eigenschaften“ werden in Kapitel 2.5.3 mit dem Fokus auf Erprobungsaspekte erklärt.

Die allgemeine Beschreibung von Anforderungen wird nun für den Anwendungsfall des Fahrzeugtriebstrangs beispielhaft gegliedert. Kundenanforderungen an Automatikgetriebe lassen sich nach Brandt [BRANDT93, S. 23 ff.] den fünf Bereichen „Elementaranforderungen“, „Sicherheit“, „Umweltverträglichkeit“, „Qualitätsstandards“ und „Individualität“ zuordnen. Die Erfüllung der Anforderungen muss durch Erprobungen sichergestellt werden [BRANDT93, S. 23 ff.]. Deshalb sind Anforderungen testbar zu beschreiben [IEEE 830 2009, S. 4 ff.]; idealerweise ist die zugehörige Untersuchungsmethode definiert – was meist (nach Erfahrungen des Autors in Prüffeldern der Automobilindustrie) nicht in ausreichender Form erfolgt, solange die Prüfung der Anforderungserfüllung nicht durch Normen, Richtlinien, Gesetze, durch Erfahrungswissen oder anderweitig in der Literatur definiert ist. So führt nicht jeder entdeckte Fehler zu einer neuen Anforderung, wie z. B. im Fall des „Elchtest“ [BRAESS11, S. 624 f.].

Anforderungen stellen also Informationen, auch im Sinne des Wissensmanagements, über Produkteigenschaften eines zu entwickelnden Produkts dar, beschreiben einen Sollzustand des fertigen Produkts [HUBKA76, S. 7] und müssen mit zugehöriger Untersuchungsmethode testbar beschrieben sein.

2.5.3 Merkmale und Eigenschaften von Produkten

Der Begriff „Eigenschaft“, der für die Definition des Begriffs „Erprobung“ in Kapitel 3.1.1 relevant ist, wird für diese Arbeit in diesem Kapitel definiert und vom Begriff „Merkmal“ abgegrenzt, da für beide Begriffe keine allgemeingültigen Definitionen existieren.

Produktmerkmale werden nach der DIN-Norm 2330 [DIN 2330 2013, S. 7 ff.] in drei Hauptgruppen zusammengefasst: Beschaffenheitsmerkmale, Funktionsmerkmale und Relationsmerkmale. Die Beschaffenheitsmerkmale, auch „direkte Merkmale“ genannt [LINDEMANN09A, S. 160], sind hierbei die in großer Zahl unmittelbar oder direkt vom Konstrukteur festgelegten Merkmale. Funktions- und Relationsmerkmale, auch „indirekte Merkmale“ genannt [LINDEMANN09A, S. 160], ergeben sich dadurch mittelbar [EHRENSPIEL13, S. 30]. Anforderungen sind überwiegend als Funktions- oder Relationsmerkmale vorgegeben [EHRENSPIEL13, S. 30].

Weber (siehe [WEBER05, S. 162 f.] und [WEBER12, S. 31 f.]) unterscheidet zwischen „Merkmal“ und „Eigenschaft“ anhand der Beeinflussbarkeit durch den Produktentwickler.

Danach sind Merkmale (z. B. Struktur, Gestalt oder Beschaffenheit) direkt vom Produktentwickler beeinflussbar, Eigenschaften (z. B. Gewicht, Zuverlässigkeit, Prüfgerechtigkeit oder Fertigungsgerechtigkeit) als Verhalten des Produkts aber nicht [WEBER12, S. 31 f.]. Eigenschaften resultieren also aus den Merkmalen; daher können Änderungen der Eigenschaften nur durch Merkmalsänderungen herbeigeführt werden [WEBER12, S. 31 ff.]. Eigenschaften und Verhalten können mit Versuchen bestimmt werden [WEBER12, S. 37] und müssen somit messbar sein [EHRENSPIEL13, S. 30]. Eigenschaften sind damit Informationen im Sinne des Wissensmanagements (vgl. Kapitel 2.2 und 2.4).

Obwohl sich auch andere Autoren mit der Abgrenzung der Begriffe „Merkmal“ und „Eigenschaften“ auseinandergesetzt haben (z. B. [HUBKA92], [SUH90], [MAYER-BACHMANN07, S. 38] oder [WÄLDELE12]), werden im Folgenden die Begrifflichkeiten nach Weber (siehe [WEBER05], [WEBER12]) verwendet: Eigenschaften sind durch den Entwickler nicht direkt beeinflussbar, Merkmale kann er direkt beeinflussen.

Wenn die Anforderungen mit den gemessenen Eigenschaften übereinstimmen, sind die Anforderungen erfüllt. Im nächsten Kapitel wird erläutert, welche Begrifflichkeiten bei Abweichungen zwischen den Soll-Eigenschaften (Anforderungen) und den gemessenen Ist-Eigenschaften gelten.

2.5.4 Fehler in der Produktentstehung

Die Definition eines Fehlers, die Sicht des Wissensmanagements auf einen Fehler, der Umgang mit Fehlern und die Auswirkungen von Fehlern werden in diesem Kapitel vorgestellt. Der Begriff „Fehler“ ist ebenfalls für die Definition des Begriffs „Erprobung“ relevant (siehe Kapitel 3.1.1).

Fehler sind ein sensibles Thema für jedes Unternehmen, dennoch: „Ein gemachter Fehler muss sich lohnen“ (Prof. Dr.-Ing. Gustav Niemann, zitiert nach [EHRENSPIEL13, S. 141], siehe Kapitel 1.1). Ursache von Fehlern können im unterschiedlichen Verständnis von Begriffen liegen (vgl. z. B. [KLEINSMANN10, S. 25]) oder auch in unterschiedlichen Sichtweisen, beispielsweise zwischen Erprobung und Entwicklung, auf einen entdeckten Fehler [KARTHAUS15A, S. 26 ff.]. Außerdem werden Fehler unterschiedlich definiert (vgl. [DIN EN ISO 9000 2005, S. 27] und [DIN ISO 3534 Teil 2 2013]). Der Begriff „Fehler“ muss daher konkretisiert werden.

Mit Einführung der DIN ISO 3534-2 werden Fehler, Mangel und Nichtkonformität neu definiert. Der Fehler ist danach die „Nichterfüllung einer Anforderung in Bezug auf einen beabsichtigten oder festgelegten Gebrauch“ [DIN ISO 3534 Teil 2 2013, S. 50]; dieses

Verständnis gilt für den Rahmen dieser Arbeit. Der Gebrauch kann durch die vom Lieferanten bereitgestellten Informationen, z. B. Gebrauchsanweisungen, beeinträchtigt werden [DIN ISO 3534 Teil 2 2013, S. 50]. Die bisherige Fehlerdefinition der DIN EN ISO-Norm 9000 [DIN EN ISO 9000 2005] entspricht nun der Nichtkonformität; sie ist demnach die „Nichterfüllung einer Anforderung“ [DIN ISO 3534 Teil 2 2013, S. 50]. Der Mangel ist die „Abweichung eines Merkmals von seinem bevorzugten Niveau oder Zustand, die als annehmbar oder nicht-annehmbar angesehen wird, je nach Auslegung einzelner Bedürfnisse und Erwartungen des Abnehmers“ [DIN ISO 3534 Teil 2 2013, S. 51].

Fehler sind im Sinne des Wissensmanagements im Vergleich zu Anforderungen und Eigenschaften keine Informationen, sondern Wissen. Um Fehler zu erkennen, müssen mindestens zwei Informationen, nämlich Anforderung und gemessene Ist-Eigenschaft, vernetzt werden und es ist Vorwissen notwendig. Bei diesem Analysevorgang entsteht Wissen, das als explizites Wissen in Form von Informationen dokumentiert/gespeichert werden kann. Auf diese Art der Wissenserzeugung geht Kapitel 3.2.2 ein.

Im Umgang mit Fehlern sind die Begriffe „Fehlerursache“ und „-wirkung“ relevant. Fehler, Ursache und Wirkung hängen kausal miteinander zusammen. Das bedeutet in Anlehnung an Lindemann [LINDEMANN09A, S. 332], dass zwei Zustände A und B in Beziehung stehen, und zwar in der Weise, dass A die Ursache einer Wirkung B ist, wenn A der Grund ist, der B herbeiführt.

Die Auswirkungen von Fehlern ergeben sich anhand der „rule of ten“: Je früher Fehler erkannt und abgestellt werden, desto geringer sind die Änderungskosten [EHRENSPIEL13, S. 142 ff. oder S. 518]. Eine detaillierte Literaturrecherche zur „rule of ten“ findet sich bei Karthaus (siehe [KARTHAUS15A, S. 33 ff.]). Um Fehler früher abstellen zu können, ist die Eigenschaftsfrüherkennung notwendig, womit entweder „mehr Wissen“ und/oder „früher Wissen“ entsteht (siehe Bild 2.15).

Das Wissensmanagement soll diesen Effekt unterstützen, denn eine frühe Erkennung von Fehlern und deren Beseitigung trägt zum Unternehmenserfolg bei (siehe [EHRENSPIEL14, S. 10 ff.], [JARRATT11, S. 112 f.]). Die Erkenntnisse über die Auswirkung von Fehlern sind notwendig, um deren Einfluss auf den Unternehmenserfolg auch im Hinblick auf die im weiteren Verlauf vorgeschlagene Unterstützung in einem Referenzmodell (siehe Bild 4.5, S. 87), wie von Blessing und Chakrabarti [BLESSING09, S. 21] gefordert, zu bewerten.

Die allgemeine Betrachtung der Rückführung von Information und Wissen, um im Sinne von Bild 2.15 „früher zu wissen“, erfolgt im nächsten Kapitel.

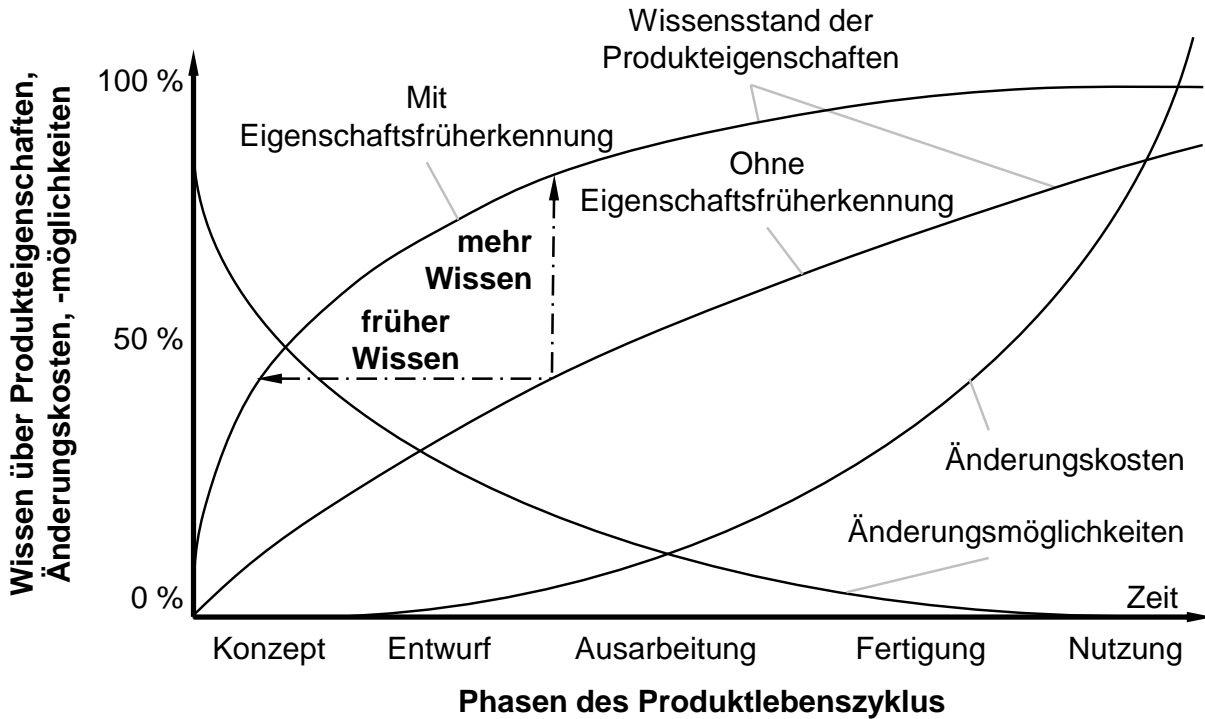


Bild 2.15: Bedeutung der Eigenschaftsfrüherkennung (nach [LINDEMANN09A, S. 159])

2.5.5 Rückführung von Wissen aus Sicht des Produktentwicklers

Auf Basis der Ergebnisse aus Kapitel 2.5.1 werden nun allgemeine Rückführungsprozesse mit dem Ziel, früher Eigenschaften „zu wissen“ (vgl. Kapitel 2.5.4), näher betrachtet. Die Rückführung von Wissen kann aus zwei Sichtweisen betrachtet werden: aus Sicht des Versuchingenieurs (Sender) und aus Sicht des Produktentwicklers (Empfänger). Es wird zuerst die Sichtweise des Produktentwicklers gewählt, um einen Vergleich mit anderen Rückführungsprozessen vorzunehmen.

Das Paradoxon der Konstruktion besagt, dass zu Beginn des Produktentstehungszyklus – in den Phasen der Planung und Konstruktion – die Merkmale vergleichsweise einfach festgelegt werden können, die Erkenntnismöglichkeiten über die sich ergebenden Eigenschaften aber am geringsten sind [EHRENSPIEL13, S. 202] (siehe Bild 2.15). Aus diesem Grund wünscht sich der Konstrukteur Prädiktionsmöglichkeiten, um frühzeitig zu wissen, welche Eigenschaften sich aufgrund der von ihm festgelegten Merkmale ergeben werden [EHRENSPIEL13, S. 202 f.]. Erprobungsmethoden könnten einen Teil solcher Prädiktionsmöglichkeiten darstellen; beispielhafte Erprobungsmethoden werden in Kapitel 2.6 speziell für den Bereich der Antriebsstrangentwicklung gezeigt.

Die Rückführung von Wissen ist für die Steuerung von wissensintensiven Geschäftsprozessen notwendig [HILBERT12, S. 3]. Trojan [TROJAN05, S. 262 ff.] weist im Allgemeinen, zur Wahrung der Wertschöpfung, auf die Rückführung von Wissen hin. Dabei betrachtet er die Rückführung als Teil der Wissensbewahrung und definiert hierfür einen Prozess aus den Schritten „Selektieren“, „Speichern“, „Aktualisieren“ (in Anlehnung an [PROBST99] aus [TROJAN05, S. 262 ff.]).

Es gibt aus Sicht des Produktentwicklers viele Rückführungsprozesse aus der Entwicklung nachgelagerten Prozessen, wie z. B. der Berechnung/Simulation oder der Fertigung (untersucht wurden z. B. die engere Zusammenarbeit zwischen Simulation und Entwicklung ([ALBERS03] oder [HERFELDER07]), der Bereich des Wissensmanagements im Berechnungsprozess [HEYNEN01], das Zusammenspiel und der Informationsaustausch von Konstruktion und Berechnung [KREIMEYER06], die Zusammenarbeit zwischen Entwicklung und Produktion ([MEERKAMM98], [WARTZACK99], [LUCKO12]) und die Anwendung von Wissensmanagementansätzen zwischen Entwicklung und Produktion ([SCHNEIDER11], [FRIEDEWALD06, S. 45 ff.])). Die am häufigsten genannten Probleme und Handlungsbedarfe für eine effiziente Zusammenarbeit von Konstruktion und Berechnung sind die Themen „Kommunikation“ und „Ergebnisrückführung“ [KREIMEYER06, S. 11].

Schröter [SCHRÖTER13, S. 135 ff.] zeigt die Notwendigkeit und die Möglichkeit der Rückführung von Ergebnissen aus der Validierung auf (siehe Kapitel 2.5.1), aber nicht, wie diese Rückführung zu gestalten oder methodisch zu unterstützen ist.

Dieses Kapitel zeigt, ebenso wie die im Rahmen der Arbeit ausgewertete Literatur (siehe [BAKELE12] und [WICHNER12]), dass die eingangs vermutete Wissenslücke der Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung besteht. Untersuchungen zur Rückführung von Wissen aus anderen der Konstruktion nachgelagerten Prozessen in die Entwicklung liegen dagegen vor. Für die Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung ist ein Rückführungsprozess und, wie in Kapitel 2.3.2 beschrieben, auch eine methodische Unterstützung mit Wissensmanagementmethoden zu entwickeln.

Die Sichtweise des Versuchsingenieurs auf die Rückführung von Erprobungswissen ist in der analysierten Literatur nicht dargestellt und wird in einer empirischen Studie [KARTHAUS15A, S. 33 ff.] näher untersucht. Die Bedeutung des Informationsflusses als Teil der Rückführung für die Produktentstehung wird im nächsten Kapitel vorgestellt.

2.5.6 Bedeutung des Informationsflusses in der Produktentstehung

Nach North [NORTH11, S. 37] ist Information die Form, in der Wissen kommuniziert und gespeichert wird. Daher spielen der Informationstransfer und die Kommunikation eine zentrale Rolle im Bereich der Produktentstehung [BINZ11, S. 79]. Der Umgang mit Informationen und die Kommunikation allgemein sind zentrale Einflussfaktoren für die Effektivität und die Effizienz der Produktentwicklung (siehe [SALZBERG90], [FRANKENBERGER97], [ECKERT01], [KREIMEYER06], [KLEINSMANN10], [GOPSILL13], [TURKI14]). Dass Ingenieure zwischen 25 und 75 % ihrer Arbeitszeit für den Austausch von Informationen nutzen [GOPSILL13, S. 270], zeigt quantitativ, welche Bedeutung die Kommunikation für Unternehmen hat.

Insbesondere die Bedeutung des Erfahrungswissens für die Produktentwicklung wurde von Turki und Albers [TURKI14] untersucht. 80 % der von ihnen befragten Produktentwickler sahen Erfahrungswissen als wichtig bis sehr wichtig für den eigenen Unternehmensbereich an. 25 % der Interviewten bewerteten allerdings die Effektivität der Nutzung vorhandenen Erfahrungswissens im eigenen Unternehmensbereich als schlecht oder eher schlecht [TURKI14, S. 86 ff.].

Die Hypothese, dass die Bedeutung der Rückführung von Erprobungswissen für die Industrie hoch ist, ergibt sich aus den vorangegangenen Kapiteln. Die Notwendigkeit aus Sicht der industriellen Praxis ist allerdings in der untersuchten Literatur nicht beschrieben und muss ermittelt werden. Dies erfolgt in Kapitel 4.2.

2.5.7 Situationen, Probleme und Aufgaben

Aus dem Wissensgebiet der methodischen Produktentwicklung müssen die grundlegenden Begriffe „Situation“, „Problem“ und „Aufgabe“ definiert werden. Diese Begriffe sind für die entwickelte Methode zur Unterstützung der Rückführung von Erprobungswissen, deren Strukturierung und das Verständnis der zugehörigen situativen Methodenauswahl notwendig (vgl. Kapitel 6.4).

Der Begriff „Situation“ ist nicht eindeutig definiert [PONN07, S. 43 ff.], aber wichtig, da es im Weiteren um die situative Auswahl von Methoden geht. Einen Anhaltspunkt gibt die von Ponn definierte Entwicklungssituation als „konkreter Zeitpunkt im Entwicklungsprozess, der sich durch den Zustand des zu entwickelnden Produkts und des Entwicklungsprozesses sowie durch Einflussfaktoren auf Produkt und Prozess beschreiben lässt“ [PONN07, S. 206]. Diese Situationen fordern adäquate Handlungen und Entscheidungen, was als situationsgerechtes Handeln zu bezeichnen ist [PONN07, S. 14]. Dies bestätigt

Birkhofer et al. [BIRKHOFER05, S. 9]: „Meet the design situation!“ Das heißt, Methoden müssen zur Situation passen, also situativ ausgewählt werden. Die Einflussfaktoren auf die Auswahl wurden in zahlreichen Arbeiten (z. B. [DYLLA91], [FRANKENBERGER97], [GRÖßER92] oder [PONN07]) mit teils auch konträren Ergebnissen untersucht. Ponn [PONN07, S. 50 ff.] liefert einen Überblick über die Literatur, führt die Einflussfaktoren auf und stellt diese einander gegenüber [PONN07, S. 225]. Die Begründung der situativen Auswahl erfolgt im inhaltlichen Teil der hier vorliegenden Arbeit. Ob eine Entwicklungssituation ein Problem oder eine Aufgabe darstellt, ist eine philosophische Frage, die subjektiv zu beantworten ist. Der Unterschied zwischen Problem und Aufgabe wird thematisiert, da mit Problemen anders zu verfahren sein wird als mit Aufgaben.

„Eine Aufgabe ist eine Anforderung, ein eindeutig präziertes Ziel durch bekanntes Vorgehen mit Sicherheit zu erreichen“ ([RUTZ85], zitiert nach [EHRENSPIEL13, S. 53]). Zur Bewältigung von Aufgaben sind Methoden und Mittel bekannt; Barrieren bestehen nicht – auch wenn das Erledigen mancher Aufgabe viel Zeit und Anstrengung erfordert.

„Ein Individuum steht einem Problem gegenüber, wenn es sich in einem inneren oder äußeren Zustand befindet, den es aus irgendwelchen Gründen nicht für wünschenswert hält, aber im Moment nicht über die Mittel verfügt, um den unerwünschten Zustand in den wünschenswerten Zielzustand zu überführen“ [DÖRNER76, S. 10].

Das Problem zeichnet sich durch drei Merkmale aus [EHRENSPIEL13, S. 53]:

- a. unerwünschter Anfangszustand;
- b. erwünschter End- oder Zielzustand, der aber durchaus noch unklar sein kann;
- c. Barriere, welche die Überführung von (a) nach (b) momentan verhindert.

Beim Problem sind Ziel und Weg unklar. Das bedeutet, Probleme erfordern Kreativität, um die Barriere zu überwinden, es muss Neues geschaffen werden, um das Problem zu lösen. Die Bewertung ist stark subjektiv und hängt von dem Wissen der Person ab, die in den unerwünschten Ausgangszustand kommt (vgl. [DÖRNER76, S. 10] oder [EHRENSPIEL13, S. 53]). Das Wort „Problem“ wird nach Wahrnehmung des Autors in der industriellen Praxis vermieden, weil es in seiner Wirkung negativ wahrgenommen wird. Aus diesen Überlegungen folgt: Ein Problem kann durch kreatives Nachdenken und neues Wissen gelöst werden, während eine Aufgabe durch einen bekannten Algorithmus in endlichen Schritten erledigt wird. Diese Erkenntnis ist relevant für die Verknüpfung der Begriffe „Methode“, „Problem“ und „Aufgabe“ in Kapitel 2.5.8 und für die entwickelte Methode in Kapitel 6. Die Probleme bei der Rückführung von Erprobungswissen sind in der untersuchten Literatur nicht beschrieben und müssen empirisch untersucht werden.

2.5.8 Methoden

Methoden sind als Handlungsvorschrift zu verstehen und zielen auf die Lösung eines Problems oder einer Aufgabenstellung ab [LINDEMANN09A, S. 57]. Sie sind Hilfsmittel zur besseren Handhabung von Komplexität, zur unterstützenden Handhabung von Wissen und Information, zur Zerlegung von Problemen in Teilprobleme, zur Überwindung von Denkbarrieren, zur Förderung von Kreativität, zur Verbesserung der Kooperation zwischen vielen Beteiligten oder zur Förderung einer nachvollziehbareren Dokumentation [LINDEMANN09A, S. 58 f.]. Der Einsatz von Methoden ist mit Aufwand verbunden, z. B. bei der Einführung und Schulung von unerfahrenen Mitarbeitern in die Anwendung neuer Methoden [LINDEMANN09A, S. 58], denn Methoden „... müssen zielgerichtet unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen der Situation und der Anforderungen der Anwender eingesetzt werden“ [LINDEMANN09A, S. 58].

Zur Strukturierung der Anforderungen an Methoden wurden mehrere Vorschläge publiziert [KELLER09, S. 212 ff.]. Keller und Binz haben eine Systematik entwickelt [KELLER09], welche diese Anforderungen in acht in Tabelle 2.1 dargestellte Gruppen gliedert. Diese Strukturierung wird am IKTD eingesetzt und ist für die Gliederung der Anforderungen an die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Methode relevant (siehe Kapitel 5.2).

Gruppe	Beschreibung der Anforderungsgruppe	Untergruppen
A	Überprüfbarkeit	Validierung und Verifizierung
B	Praktische Relevanz & Konkurrenzfähigkeit	Innovativität und Konkurrenzfähigkeit
C	Wissenschaftliche Sinnhaftigkeit	Validität, Zuverlässigkeit und Objektivität
D	Nachvollziehbarkeit	Verständlichkeit, Erlernbarkeit, Anwendbarkeit und Wiederholbarkeit
E	Nützlichkeit	Effektivität und Effizienz
F	Problemspezifität	Problemspezifität
G	Strukturierung und Kompatibilität	Strukturierung, Komplexitätsbewältigung, Problemlösen und Kompatibilität
H	Flexibilität	Flexibilität

Tabelle 2.1: Anforderungsgruppen für Produktentwicklungsmethoden [KELLER09, S. 2-205]

Unter den vielen publizierten Verfahren zum Einsatz von Methoden sei das Münchner Methodenmodell [LINDEMANN09A, S. 59 ff.] erwähnt, wonach ein erfolgreicher Methodeneinsatz auf der Auswahl, der Anpassung und der Anwendung von Methoden [LINDEMANN09A, S. 60] beruht. Diese Dreiteilung ist für die Konzeption der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Methode relevant. Speziellere Verfahren zur Methodenauswahl anhand von Methodenbaukästen sind im nachfolgenden Kapitel 2.5.9 beschrieben.

2.5.9 Methodenbaukästen

Einen Überblick über Methodenbaukästen im Wissensmanagement gibt Anhang A.4. In der Produktentwicklung gibt es eine Reihe von Methodenbaukästen für die unterschiedlichsten Situationen der Produktentwicklung (z. B. [VDI 2221 1993], [KUHLENKÖTTER01], [STRASSER04], [BRAUN05], [PAHL05], [PONN07], [LINDEMANN09A], [EHRENSPIEL13]). Eine Übersicht über diese Methodenbaukästen gibt Anhang A.8.

Ein Methodenbaukasten muss nach Ehrlenspiel und Meerkamm folgende Anforderungen erfüllen [EHRENSPIEL13, S. 360 f.]: eine identifizierbare Beschreibung der Methoden liefern, Hinweise geben, wie und mit welchen Quellen mehr über die Methoden erfahren werden kann bzw. wie die Methode erlernt werden kann, Aufgaben (Arbeitssituationen) mit den dafür zweckmäßigen Arbeitsmethoden verknüpfen (Vorauswahl), Auswahlkriterien und Hinweise für den Methodeneinsatz liefern (ressourcenspezifische Endauswahl) und erweiterbar und aktualisierbar sein.

Detailliertere Beschreibungen von Methodenbaukästen finden sich z. B. bei Ponn [PONN07], Kühlenkötter [KUHLENKÖTTER01] oder Strasser [STRASSER04]. Um die Anforderungen „identifizierbare Beschreibung von Methoden“ und „Hinweise auf weiterführende Quellen“ zu erfüllen, existieren in der Literatur mehrere Ansätze. Eine beispielhafte Methodenbeschreibung findet sich in Anhang A.9 in Tabelle A.9.1, S. 194. Nach Ponn [PONN07, S. 126 ff.] werden drei essenzielle Bestandteile der Methodenbeschreibung unterschieden: Methodensteckbrief (Name, Kurzbeschreibung, Zweck, Voraussetzung/Situation, Wirkung) (ausführliche Erläuterung in Anhang A.9 in Tabelle A.9.2, S. 194); Anwendungsdetails (Vorgehen, Hinweise, Werkzeuge, Methodenverknüpfung, Literatur) mit Kriterien, die für die Anwendung bzw. Vertiefung der Methode relevant sind (ausführliche Erläuterung in Anhang A.9 in Tabelle A.9.3, S. 194); Kontextbedingungen (Neuheitsgrad der Aufgabe, Komplexität der Aufgabe, notwendige Methodenerfahrung der Anwender, Zahl der Anwender, zeitliche Restriktionen).

„Der Methodensteckbrief dient der Identifikation von für den Nutzer interessanter Methoden innerhalb eines Methodenpools, der Erlangung einer schnellen Übersicht über die wesentlichen Aspekte einer Methode und somit auch dem Vergleich und der Auswahl von Methoden“ [PONN07, S. 127].

Nach Strasser [STRASSER04, S. 46] gibt es einen direkten Zusammenhang zwischen der Beschreibung des Aufwands und der Methodenakzeptanz der Anwender: Ohne Beschreibung des Aufwands findet keine Anwendung statt. Der Aufwand kann z. B. in Schulungs-, Personal-, Sach- oder Zeitaufwand (für die Durchführung) gegliedert werden

[STRASSER04, S. 37 ff.]. Dieser Aufwand ist bei Ponn [PONN07] in den Kontextbedingungen (der Begriff wird im weiteren Verlauf dieses Kapitels erläutert) nicht enthalten. Des Weiteren berücksichtigen die betrachteten Quellen die Rechnerunterstützung der Methoden und deren Automatisierbarkeit bisher nicht als Kontextbedingungen.

Die situative oder situationsgerechte Methodenauswahl ist eine etablierte Methode (siehe [VDI 2221 1993], [KUHLENKÖTTER01], [STRASSER04], [PONN07] oder [ALBERS15A]). Dabei erfolgt „die Konkretisierung und Detaillierung der Entwicklungsaktivitäten [...] kurzfristig auf operativer Ebene in der konkreten Entwicklungssituation“ [PONN07, S. 213] oder auch auf Basis von Zielsystem, Handlungssystem und Objektsystem [ALBERS14]. Ponn [PONN07, S. 155 ff.] und Braun [BRAUN05, S. 172] schlagen ein zweistufiges Verfahren mit Vorauswahl von Methodenalternativen und ressourcenspezifischer Endauswahl vor. Eine Vorauswahl von Methoden erfolgt anhand einer geeigneten Methodenübersicht, der Klassifikation von Methoden und des Bezugs zu Situationen; dies steigert die Akzeptanz und den Einsatz in der industriellen Praxis [STRASSER04, S. 21 und S. 105], [BIRKHOFER05]. Aus den vorhandenen Methoden müssen dem jeweiligen Zweck und der Situation entsprechend mehrere alternative Methoden vorausgewählt werden.

Für die ressourcenspezifische Endauswahl der unterschiedlich vorausgewählten Methoden stehen nach Ponn [PONN07, S. 156] wiederum zwei Möglichkeiten zur Verfügung: Sie erfolgt entweder anhand einer absoluten Bewertung mit Bewertungskriterien (siehe [EHRENSPIEL13, S. 362]) oder anhand eines relativen Vergleichs der Methodeneignung im Kontext der Situation. Kriterien für diesen relativen Vergleich zur ressourcenspezifischen Endauswahl von Methoden sind die Kontextfaktoren, welche die vorherrschende Situation beschreiben (siehe obere Hälfte in Bild 2.16), und die Kontextbedingungen, welche Teil der Methodenbeschreibungen sind (siehe untere Hälfte in Bild 2.16). Die Kontextbedingungen drücken Merkmale und Ausprägung(en) von Methoden in Bezug zum Kontext aus [PONN07, S. 128]. Durch Kontextbedingungen und Kontextfaktoren erfolgt der Abgleich zwischen der vorherrschenden Situation und den Situationen, in denen die Methode anwendbar ist, oder, anders ausgedrückt: „Die Prüfung der Eignung in Bezug auf den Kontext wird realisiert, indem die Ausprägungen der vorliegenden Kontextfaktoren mit den Ausprägungen der Kontextbedingungen der vorausgewählten Methoden verglichen werden“ [PONN07, S. 260 ff.], stimmen die Ausprägungen überein, wird ein „+“ als Bewertung vergeben (angedeutet durch die Pfeile in Bild 2.16). Die Merkmale der Kontextfaktoren sind in diesem Fall der Neuheitsgrad der Aufgabe, die Komplexität, die menschliche Erfahrung (M-Erfahrung), die Teamgröße und die Zeit-Restriktionen. Jedes

Merkmal muss in einer von drei Stufen (niedrig, mittel, hoch), bewertet werden. Die Stufe „hoch“ schließt nicht automatisch die unteren Stufen ein.

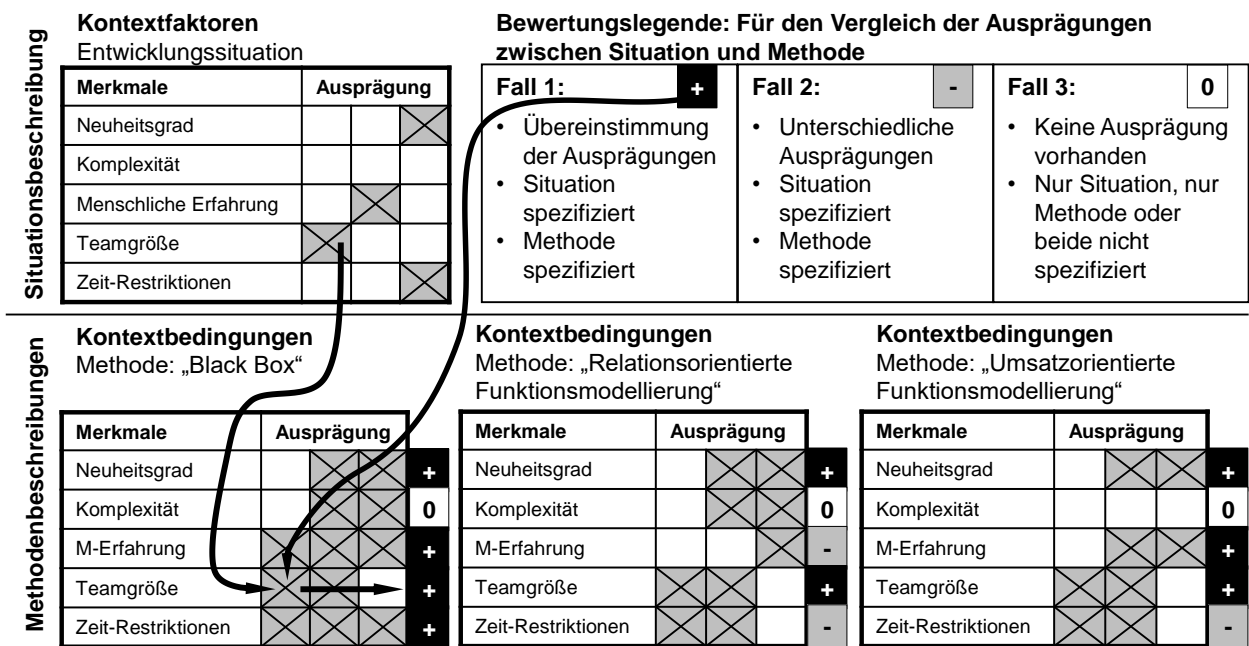


Bild 2.16: Beispielhafte ressourcenspezifische Endauswahl von vorausgewählten alternativen Methoden hinsichtlich der Kontexteignung [PONN07, S. 156]

Eine Methode kann für kleine und mittlere Teams geeignet sein, andere Methoden können nur bei sehr großen Teams angewendet werden. Entscheidungshilfen stehen in der Literatur zur Verfügung (z. B. [STRASSER04, S. 37 ff.]).

Die Methode, welche die meisten Übereinstimmungen („+“ rechts neben jeder Methodenbeschreibung in Bild 2.16) zwischen Kontextfaktoren und Kontextbedingungen aufweist, ist unter den vorausgewählten Methoden die geeignetste, um die vorliegende Situation zu bewältigen. Beispielsweise hat in Bild 2.16 die „Relationsorientierte Funktionsmodellierung“ zwei Übereinstimmungen mit der Situation, im Vergleich dazu die „Black-Box-Methode“ vier Übereinstimmungen.

In dieser Arbeit wird die Vorgehensweise nach Ponn [PONN07] aufgrund der relativen Vergleichbarkeit und ihrer Praxistauglichkeit [PONN07, S. 182] angewendet.

2.6 Automobile Triebstrangentwicklung/-erprobung

Seit der Fahrt von Berta Benz 1888 mit dem Motorwagen ihres Mannes von Mannheim nach Pforzheim werden Fahrzeuge erprobt [ADLER08, S. 18 ff.]. Mit ihrer Fahrt überzeugte Berta Benz die Menschen von einer neuen Technologie und zeigte so die Wichtigkeit der Erprobung zum Aufbau von Vertrauen. Eine kurze historische Einordnung

erscheint sinnvoll, um die Entwicklungsgeschichte darzustellen und weitere mögliche Trends der Erprobungsmethodik aufzuzeigen.

Der Begriff „Triebstrang“ beinhaltet im Rahmen dieser Arbeit im Gegensatz zum Begriff „Antriebsstrang“ alle Komponenten des Antriebsstrangs, außer den Antrieb (in diesem Fall den Verbrennungsmotor) selbst (vgl. [TRZESNIEWSKI14, S. 677] und [GÖTZ13, S. 9]).

2.6.1 Entwicklung der Prüfstandstechnik

Bereits im Jahr 1931 wurden die Vorteile der Prüfstandserprobung anhand eines 1928 gebauten Fahrzeugrollenprüfstands festgestellt: „Das Einfahren und Erproben des Kraftwagens auf dem Prüfstand statt auf der Straße bringt technisch und wirtschaftlich so außerordentliche Vorteile mit sich, daß mit wachsender Anwendung der Prüfstände in Fabriken, Reparaturwerkstätten und Laboratorien gerechnet werden muß“ [KLUGE31]. Die Strategie „Road to Rig“ [HELLMUND98], welche die Verlagerung von Erprobungsumfängen von der Straße auf den Prüfstand beschreibt, verstärkt dieses Wachstum der Anzahl von Prüfständen und Prüfzentren weiter (siehe z. B. [PALAND05], [PILLAS14] oder [GERSTER16]). Die Geschichte der Prüfstandstechnik (siehe Bild A.11.1, S. 196) begann mit Fahrzeugrollenprüfständen (vgl. z. B. [ENOCH30], [KLUGE31], [EBERAN-EBERHORST68], [HOMANN68], [HOYLER68]). Erste Teilsystemprüfstände, z. B. für Getriebe mit Reibbremse als Belastungsmaschine am Getriebeausgang, folgten ([THIEMING61, S. 239 ff.]). Es gab mechanische Weiterentwicklungen zu der geforderten dynamischen gegenüber der anfänglich stationären Erprobung. Im weiteren Verlauf wurden statt Reibbremsen, Schwungscheiben mit Wirbelstrombremsen [BLEY70, S. 48 ff.], Prüfstände mit hydraulischer Verspannung [LINDEMANN88, S. 80 ff.] oder mit Gleichstrommaschinen entwickelt [THUN88, S. 5 ff.]. Zunächst am Motoren- [GEBAUER88, S. 57 ff.], später am Antriebsstrangprüfstand setzten sich Asynchronmaschinen aufgrund der höheren Dynamik und Leistungsfähigkeit durch [BRODBECK01, S. 142 ff.]. Dank der im Folgenden beschriebenen Verbesserungen der Regelungstechnik entstanden sogenannte Fahrzeug-Antriebsstrangprüfstände (F-ATS) [BAUER11A, S. 104 ff.].

Nicht nur der Prüfstandsaufbau, sondern auch die Sollwertvorgabearten und -systeme [SCHENK13, S. 42 ff.] und die Simulationstechnik haben sich entwickelt, angefangen von magnetbandgesteuerten Prüfständen [BENDEL67, S. 322 ff.] über den Einsatz von Prozessrechnern [HILDEBRANDT74, S. 33 ff.] bis hin zu ersten Regelungen und Simulationen des Antriebsstrangs und der Räder [THUN88, S. 8 ff.]. Die Entwicklung ging weiter mit der Simulation von Fahrer und Verkehr [WILLMERCING92A, S. 286 ff. und WILLMERCING92B,

S. 342 ff.] über die höchstdynamische Reifenschlupfsimulation [BRODBECK01, S. 142 ff.] und die Onlinesimulation der Sollwertvorgaben in Echtzeit am Prüfstand [KLOS11A, S. 169 f.] bis hin zur Fahrwiderstandssimulation mit Drehzahlregelung und Trägheitskompensation [BAUER11A, S. 104 ff.] im 10-kHz-Regelungsbereich [BAUER11B, S. 3].

Diese Beispiele zeigen: In der Vergangenheit lag der Fokus auf der Verbesserung der Prüftechnik, die Zusammenarbeit zwischen Konstruktion, Berechnung und Versuch [BRAESS85, S. 327] wurde erst spät Thema der Mess- und Versuchstechnik (vgl. Bild A.11.1, S. 196). Beim Vergleich der Entwicklungen einerseits der Mess- und Versuchstechnik (Bild A.11.1, S. 196) und andererseits der Entwicklungs- und Konstruktionshilfsmittel (Bild A.11.2, S. 197) zeigt sich, dass das Thema Wissensverarbeitung im Bereich der Entwicklung zur Forschungsaktivität wurde. Im Bereich der Versuchstechnik scheint dies dagegen nicht im Fokus zu stehen (siehe Bild A.11.1). Aufgrund der steigenden Menge an Daten und Informationen, welche die Erprobung liefern kann, muss Wissensmanagement auch zum Forschungsthema im Bereich der Mess- und Versuchstechnik werden. Dieser Schluss lässt sich aus dem Vergleich ableiten.

2.6.2 Erprobungsmethodik Fahrzeugantriebsstrang

Der Produktentstehungsprozess ist am Beispiel Pkw-Automatikgetriebe in Anhang A.10 in Bild A.10.1, S. 195 ergänzend zu Tabelle 2.2 dargestellt. Die Unterstützung der Entwicklung durch die Erprobung mit physikalisch vorhandenen Prototypen beginnt schon während der Konzeption und begleitet den gesamten Produktentstehungsprozess bis zur Serie und zur Freigabe der Serienproduktion (Start of Production, SOP). Dabei nimmt der Konkretisierungsgrad der Prototypen vom Funktionsprototyp bis hin zum Vorserienprototyp zu (siehe Bild A.10.1, S. 195). Beispiele für die Dauer der einzelnen Projektphasen zeigt Tabelle 2.2; bei Pkw-Automatikgetrieben hat die Erprobung einen Anteil von 25 % an der gesamten Entwicklungsdauer, bei Synchrongetrieben liegt dieser sogar bei 33 %. Weitere Studien zeigen ähnliche prozentuale Anteile, z. B. kann der Anteil der Erprobung am wirtschaftlichen Gesamtaufwand der Getriebeentwicklung 35 % betragen [KÜCÜKAY95, S. 52].

Einer weiteren Studie zufolge werden bei der Dr. Ing. h. c. F. Porsche AG in 60 % der Prüfstandsbelegzeit Erprobungen durchgeführt; in 37 % der Zeit sind das Dauererprobungen, 17 % davon unbemannt [ALBERS02, S. 803 f.]. Die Zahlen zeigen Potenziale einer effizienteren Antriebsstrangerprobung auf.

Entwicklungsphasen	Pkw Synchrongetriebe	Pkw Automatikgetriebe	Nkw Synchron- und Klauengetriebe	Nkw Automatikgetriebe
Konzeptphase	4	5	6	9
Entwurf und Ausarbeitung	5	7	6	12
Prototypenfertigung	6	9	9	12
Erprobung	12	12	15	15
Entwicklung zur Serienreife	9	15	12	18
Σ Monate	36	48	48	66

Tabelle 2.2: Entwicklungsdauern in Monaten bei Fahrzeuggetrieben [NAUNHEIMER07, S. 46]

Die Antriebsstrangerprobung kann in mehrere Dimensionen gegliedert werden, z. B. nach Erprobungsgegenstand, -umgebung oder -objekt. Wesentliche Erprobungsgegenstände in der Fahrzeugantriebsstrangentwicklung sind dabei die Funktions- und die Betriebsfestigkeitserprobung (auch Dauererprobung genannt) (vgl. [KLOS11A, S. 163], [BRAESS13, S. 1184] oder [BRANDT91, S. 568]). Bei der Funktionserprobung (diese beinhaltet auch die Applikation der Prüflinge) werden Prüfumfänge aus Lastenheftdefinitionen oder gesetzlichen Vorgaben untersucht [KLOS11A, S. 162 ff.]; dies kann einzelne Komponenten oder Teilsysteme bzw. Aggregate betreffen. Die Betriebsfestigkeitserprobung sichert die Haltbarkeit im Kundenbetrieb ab (siehe [KLOS11A, S. 163] und [BRAESS13, S. 1159 ff.]). Bei der Erprobungsumgebung werden nach Klos et al. die virtuelle (nicht echte, nicht in Wirklichkeit vorhandene, aber echt erscheinende [DUDEN20]), die experimentelle (auf Experimenten beruhende) und die reale (in der Wirklichkeit vorhandene [DUDEN20]) Umgebung unterschieden [KLOS11A, S. 162] (siehe Kapitel 3.1.1). Entsprechend der Umgebung unterscheiden sich auch die Erprobungsobjekte; sie werden in Modell (virtuelles Fahrzeug), Komponente/Aggregate und reales Fahrzeug differenziert.

Die Antriebsstrangerprobung erfolgt somit in drei unterschiedlichen Umgebungen (virtuell, experimentell oder real), mit drei unterschiedlichen Arten von Objekten (Modell, Komponenten/Aggregaten oder Gesamtfahrzeug) und bezieht sich auf zwei Erprobungsgegenstände (Betriebsfestigkeitserprobung oder Funktionserprobung). Diese Dimensionen und Abhängigkeiten sind ganzheitlich in Bild 2.17 dargestellt. Bei einem virtuellen Versuch wird das System mit Modellen beschrieben und das Verhalten simuliert. Beim realen Versuch muss das System physikalisch existent sein und die Lasten müssen realistisch dargestellt werden [VDI 2206 2004, S. 39]. In einer experimentellen

Umgebung können die Betriebsbedingungen für Versuche wie gewünscht eingestellt und variiert werden. In frühen Phasen erfolgt die Absicherung der Funktion mittels Simulationen, während in späteren Phasen die Absicherung der Betriebsfestigkeit am realen Objekt im Vordergrund steht (siehe Bild 2.17).

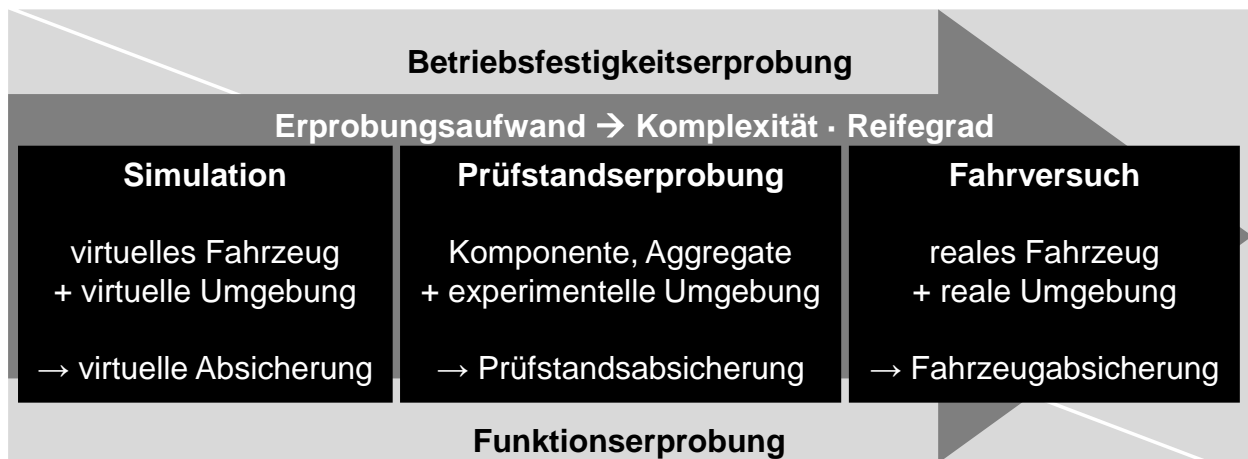


Bild 2.17: Anforderungen an die moderne Antriebsstrangerprobung [KLOS11B, S. 3]

Diese Methoden der Versuchstechnik lassen sich nach Braess und Seiffert [BRAESS13, S. 1184 f.] weiter unterteilen. Fahrversuche gliedern sich demnach in reale Straßenfahrten und Fahrten auf Mess-/Prüfgeländen, Prüfstandsversuche gliedern sich in physikalische Prüfstände, „Dummies-in-the-Loop“, „Software-/Hardware/X-in-the-Loop (SiL/HiL/XiL)“, „Man-in-the-Loop“ oder virtuelle Prüfstände. Die Prüfstandsabsicherung erfolgt auf Antriebsstrangprüfständen, die im weiteren Fokus der Arbeit stehen. Die Absicherung im Fahrzeug und mittels Simulationen wird nicht näher erläutert. Simulationen können in diesem Zusammenhang als Berechnungen betrachtet werden; hier besteht die Forderung (siehe Kapitel 2.5.5), die Berechnung durch Rückführung von Wissen stärker in die Produktentwicklung zu integrieren. Im Bereich der Erprobung wurde (siehe Kapitel 2.5.5) eine Wissenslücke zur Rückführung von Erprobungswissen aufgezeigt. Da die Evaluation der Arbeit am Antriebsstrangprüfstand zur Betriebsfestigkeitsabsicherung von Triebsträngen stattfindet, wird dieses Thema im folgenden Kapitel erläutert.

2.6.3 Absicherung der Betriebsfestigkeit des Fahrzeugtriebstrangs

„Das Erprobungsziel ist letztendlich die Prüfung der Umsetzung der Kundenanforderungen“ [BRANDT93, S. 24]. Die Absicherung der Betriebsfestigkeit oder Dauerhaltbarkeit als wichtigster Kundenanforderung ist so zu gestalten, dass realistische Randbedingungen und das vielfältige Kundenverhalten abgeprüft werden (siehe [BRANDT93, S. 23 ff.] und

[KÜCÜKAY95, S. 50]). Diese Randbedingungen können die Gesamtdynamik des Fahrzeugs, Störeffekte aus dem Fahrbetrieb oder die Beeinflussung durch die Kühlung infolge des Bauraums im Fahrzeug sein [BRANDT93, S. 27]. Die Absicherung der Dauerhaltbarkeit hat mit repräsentativen Lastkollektiven den beabsichtigten Gebrauch des Kunden zu testen [MÜLLER-KOSE02, S. 25 ff.]. „Ein repräsentatives Lastkollektiv umfasst die Belastungen hinsichtlich Amplitude und Häufigkeit, die an einem Bauteil während der Nutzung des Fahrzeugs im Kundeneinsatz die maximale Schädigung und damit die minimale Lebensdauer bewirken“ [MÜLLER-KOSE02, S. 28]. Repräsentativ bezieht sich auf die maximale Belastung im Kundeneinsatz und nicht auf ein „worst-case“-Szenario.

Das bedeutet aus Sicht der methodischen Produktentwicklung: Wenn die Dauerhaltbarkeitsabsicherung mit repräsentativen Lastkollektiven erfolgt, stellt diese eine Erprobung unter Kundenbedingungen dar und ist geeignet, „Produktfehler“ (im Sinne der Definition aus Kapitel 2.5) aufzudecken und somit Wissen (im Sinne von Kapitel 2.2) zu erzeugen. Wissen das auch über das Ziel der Dauerhaltbarkeitsabsicherung, der notwendigen Kilometer-Laufleistung, hinausgeht.

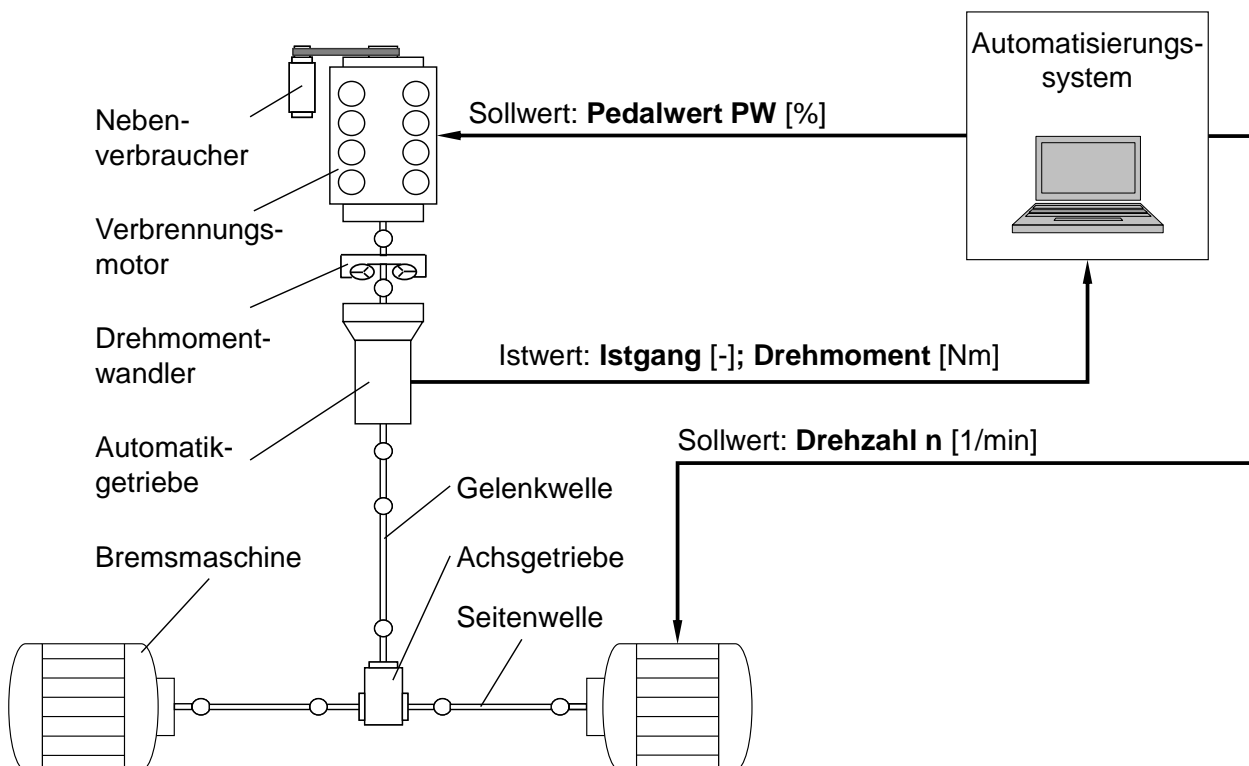


Bild 2.18: Schematischer Aufbau eines Antriebsstrangprüfstands mit Standardantrieb und „Drehzahl-Pedalwert Regelung“ ([SCHENK11] und [KARTHAUS15C, S. 39]) mit Drehmomentrückführung für die Onlinesimulation [KLOS11A, S. 170]

Als Umgebung für die Erprobung der Betriebsfestigkeit des Fahrzeugtriebstrangs wird ein Antriebsstrangprüfstand (siehe Bild 2.18) eingesetzt. Als Erprobungsobjekt steht der Triebstrang mit repräsentativem, evtl. gerafftem Lastkollektiv im Fokus, dennoch wird der „Antriebsstrangprüfstand“ als Erprobungsumgebung genutzt; der Verbrennungsmotor (nicht Teil des Triebstrangs) wird als Drehmomentquelle betrachtet und steht nicht im Fokus der Erprobung, da z. B. aufgrund der Raffung das Lastkollektiv für den Motor nicht mehr repräsentativ ist. Zur Information ist ein beispielhafter Aufbau eines solchen Antriebsstrangprüfstands in Bild 2.18 dargestellt. Einen detaillierteren Blick in das Automatisierungssystem aus Bild 2.18 zeigt Bild 2.19 mit dem prinzipiellen Aufbau und einem Vergleich unterschiedlicher Sollwertvorgaben.

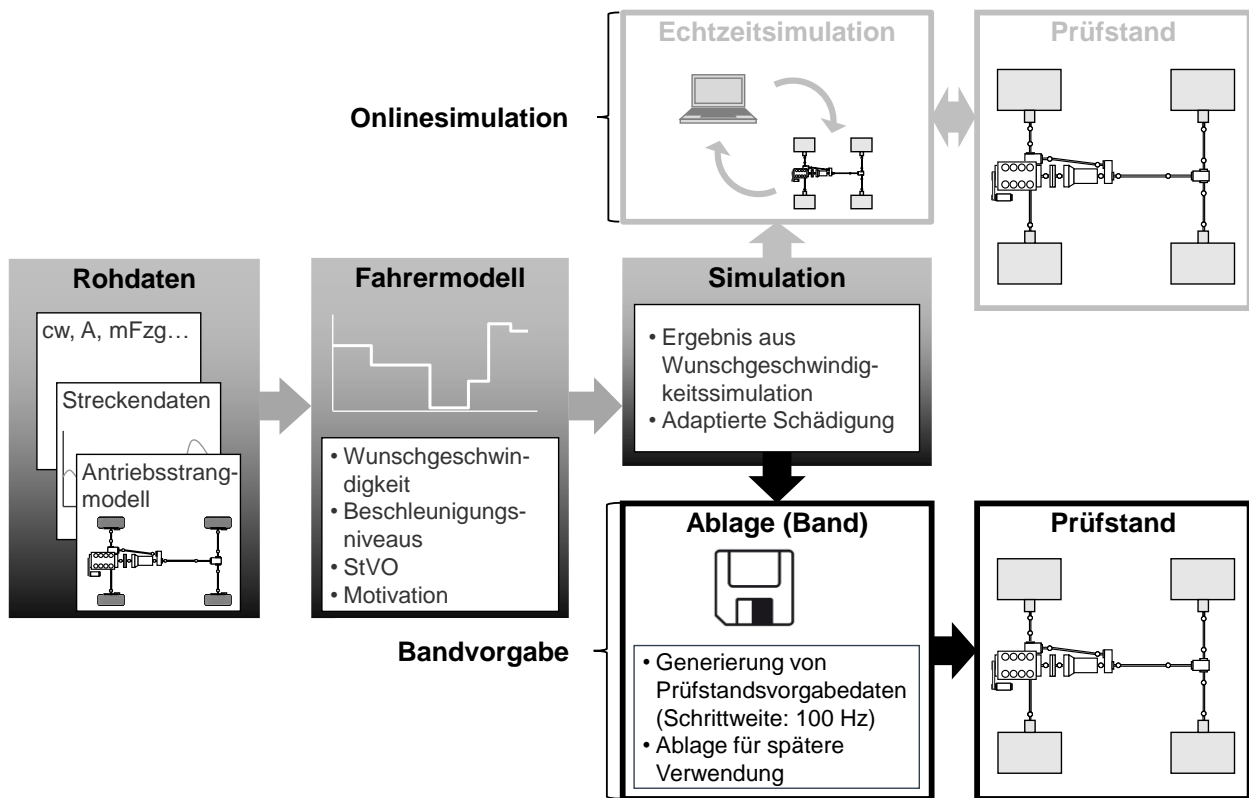


Bild 2.19: Vergleich der Sollwertvorgabearten „Onlinesimulation“ (oben) und „Bandvorgabe“ (unten) [SCHENK12, S. 432]

Die Simulation zur Ermittlung von Sollwerten für die Prüfstandsteuerung bildet alle wesentlichen Komponenten des Antriebsstrangs, des Fahrzeugs, der Strecken und des Fahrers ab. Die Ergebnisse der Simulation werden ständig mit Messungen aus dem Fahrversuch validiert, sodass eine repräsentative Erprobung sichergestellt ist [KLOS11A, S. 169]. Die Ergebnisse der Simulation werden bei der Bandvorgabe zuerst gespeichert und bei Bedarf durch die Automatisierungstechnik am Prüfstand „abgespult“ (siehe

Bild 2.19). Bei der Onlinesimulation wird die Antriebsstrangsimulation in die Automatisierungstechnik des Prüfstands integriert (siehe Bild 2.19), um das Verhalten des Prüflings durch die Rückführung von Drehmoment und Gang (siehe Bild 2.18) in der Simulation zu berücksichtigen und somit ein repräsentativeres Lastkollektiv zu erhalten.

2.6.4 Weitere Aspekte der Prüfstandsteuerung, Messtechnik und Überwachung

Die Automatisierungstechnik muss über die in Kapitel 2.6.3 genannten Aspekte hinaus noch weitere berücksichtigen. Dazu gehören die Aufgaben der Prüfstandsteuerung [WILLMERDING12, S. 376] mit der Steuerung, Aktivierung und Überwachung der Sicherheitssysteme mit den Warn- und Abschaltbedingungen oder in kritischen Situationen die Aktivierung der Löschsyste, der Prüftechniksysteme (z. B. Kraftstoff, Kühlwasser, Luft, elektrischen Versorgung), der Kommunikations- und Bussysteme inkl. der Restbussimulation, der Messsysteme sowie der Übertragung und Regelung der Sollwertvorgabe (Sollwertvorgabesystem).

Einen Teil der Prüfstandsteuerung stellen die Vorgabesysteme dar, die den Programmablauf und die Streckendurchmischung, das sogenannte Prüfprogramm abbilden und über die Automatisierungssysteme auf den Prüfaufbau übertragen.

Die Messtechnik dient dazu, die Zustände des Fahrzeugs aufzuzeichnen und zu überwachen, und ermöglicht später, die Daten entsprechend dem Erprobungsziel zu analysieren. Um sichere Aussagen auf Basis von Messdaten treffen zu können, sind die Datenreduktion und die Ergebnisdarstellung von entscheidender Bedeutung. Beide dienen dazu, die Messinformationen für den Entwicklungsingenieur praxisgerecht aufzubereiten [GAUS99, S. 8]. Die methodische Bedeutung der Messtechnik und die Einordnung der Messinformationen in das Fachgebiet Wissensmanagement ist in Kapitel 2.4 beschrieben.

Die Überwachungstechnik an Prüfständen sieht mehrere Arten von Überwachungswerten vor (vgl. [GABERSCIK02, S. 82 f.]): Alarmgrenzwerte (prüflings- und prüfstandspezifisch) sind Werte, bei deren Überschreitung ein betriebssicherer Zustand nicht mehr gewährleistet ist und deshalb ein Alarm mit entsprechender Reaktion ausgelöst wird. Versuchsgrenzwerte sind Werte, bei deren Überschreitung ein betriebssicherer Zustand gewährleistet ist, aber die Erprobungsbedingungen nicht eingehalten sind. Warngrenzwerte geben Hinweise, wenn Messsignale sich Grenzwerten nähern; es werden keine Maßnahmen am Prüfstand eingeleitet.

Allgemein ist ein Grenzwert ein für ein Merkmal festgelegter begrenzender Wert [DIN ISO 3534 Teil 2 2013, S. 49]. Grenzen für Anforderungen sind in der Spezifikation mit anzugeben [DIN ISO 3534 Teil 2 2013, S. 49]; damit stellen Grenzen von Anforderungen Grenzwerte dar. Eine Überschreitung von Grenzwerten entspricht somit einer Nichterfüllung oder einer Übererfüllung einer Anforderung.

Die Überwachungs- und Sicherheitssysteme bilden mit Warn- und Alarmgrenzen die Grenzen des betriebssicheren Zustands des Prüflings und des Prüfstands ab. Bei Überschreitungen dieser Alarmgrenzwerte leitet die Prüfstandsteuerung die sofortige Abschaltung des Prüfstands ein [GABERSCIK02, S. 82 f.]. Dank der Messtechnik verfügen moderne Prüfstandmess- und Steuerungssysteme über ein hohes Maß an Sicherheit durch die Definition von Grenzwerten auf drei Ebenen [GABERSCIK02, S. 82]: prüflingspezifische Grenzwertebene, prüflaufspezifische Grenzwertebene, betriebspunktspezifische Grenzwertebene.

Ringspeicher ermöglichen die Analyse von Prüfstandabschaltungen in Form einer „Post-Mortem-Analyse“ nach dem Ende des eigentlichen Ereignisses. Diese Ringspeicher enthalten Messdaten einer bestimmten Zeit vor und nach der Prüfstandabschaltung [GABERSCIK02, S. 83].

Die Dokumentation von überschrittenen Warn- und Abschaltgrenzen und das „Ausdrucken“ der Abschaltursache und der letzten Messwerte (nicht grafisch, sondern in Form von Zahlen) wurde von Hildebrandt und Lehl [HILDEBRANDT74, S. 36] an Motorenprüfständen beschrieben. Bei entsprechender sicherheitskonformer Ausführung des Prüfstands besteht die Möglichkeit, einen Antriebsstrangprüfstand unbemannt im 24-Stunden-Betrieb zu betreiben (vgl. [KAMMERER09, S. 858 ff.]).

Wenn es zu einer automatisierten Abschaltung des Prüfstands kommt, muss der Fehler analysiert und auf den Fehler reagiert werden. Die Reaktion auf den Fehler darf erst nach abgeschlossener Fehleranalyse erfolgen; so lange steht der Dauerlaufprüfstand still. Ansonsten werden nur die Auswirkungen des Fehlers abgeschwächt und nicht die Ursachen behandelt [SCHENK13, S. 44 ff.].

Im nächsten Kapitel wird der Aspekt des Umgangs mit Prüfstandabschaltungen betrachtet und die Bedeutung aus Sicht der methodischen Produktentwicklung aufgezeigt.

2.6.5 Fehleranalyse bei Prüfstandabschaltungen

In Kombination der Betrachtungen aus der DIN ISO-Norm 3534 [DIN ISO 3534 Teil 2 2013, S. 48 ff.], Kapitel 2.5.4, Kapitel 2.6.4 und der dargestellten Hauptaufgabe der Betriebsfestigkeitserprobung ist eine Grenzwertverletzung und damit Prüfstandabschaltung als ein Fehler zu betrachten. Das bedeutet, bei Prüfstandabschaltungen infolge von Grenzwertüberschreitungen ist von Fehlern und von Fehleranalyse zu sprechen. Damit ist die Bedeutung einer Prüfstandabschaltung infolge einer Grenzwertüberschreitung aus Sicht der methodischen Produktentwicklung aufgezeigt. Die Bedeutung dieser Fehleranalyse aus Sicht des Wissensmanagements ist allgemein in Kapitel 2.4 dargelegt. Die Frage, wie bei dieser Fehleranalyse Wissen entsteht, ist Teil der weiteren Arbeit in Kapitel 3.2.2.

Mehrere Studien (z. B. [AKKAYA12], [FRÖBEL13] und [GRUBER14]) zeigen, dass keine generischen Vorgehensweisen zur Fehleranalyse sowie zur Strukturierung und Dokumentation von Prüfstandabschaltungen vorliegen und die Auswirkungen der Fehleranalyse von Prüfstandabschaltungen auf die Effizienz und Effektivität der Produktentwicklung weder qualitativ noch quantitativ bekannt sind.

Das aus der Literatur abgeleitete Ergebnis ist im Verlauf der Arbeit anhand empirischer Studien in der Industrie zu verifizieren. Es besteht also weiterer Bedarf an empirischen Studien zur Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung.

2.7 Fazit zum Stand der Technik

Das „ARC-Diagramm“ (siehe Bild 2.1, S. 14) stellt die für diese Arbeit wichtigen Wissensgebiete samt den notwendigen Grundlagen aus diesen zusammenfassend dar. Die interdisziplinäre Fragestellung dieser Arbeit erfordert ein grundlegendes, gemeinsames Verständnis der beteiligten Disziplinen. Deshalb hat eine einheitliche, logisch verknüpfte Begriffswelt einen hohen Stellenwert.

2.7.1 Erkenntnisse aus dem Stand der Technik

Ein grundlegendes Verständnis für die Rückführung von Wissen aus der Erprobung fehlt ebenso wie eine Beschreibung der Zustände dabei. Viele Begrifflichkeiten sind ungeklärt und speziell für den Bereich der Erprobung liegen kaum methodische Ansätze, vergleichbar einer Konstruktionsmethodik, vor. Der Begriff „Erprobungswissen“ ist nicht definiert, somit auch nicht strukturiert, und die Frage, wie Wissen bei der Fehleranalyse in der Erprobung entsteht, ist ungeklärt. Diese Forschungslücke bezüglich der Rückführung von

Erprobungswissen konnte aufgezeigt werden. Sie besteht in der Anwendung von Methoden des Wissensmanagements und der Wissensrückführung bei der Erprobung unter sich ändernden Rahmenbedingungen, um systematisch und zielgerichtet die Effizienz und die Effektivität dieses Wissenstransfers zu steigern. Qualitative und quantitative Einflussfaktoren auf den Prozess der Wissensrückführung sind nicht bekannt. Die Auswirkungen der Rückführung von Erprobungswissen auf die Produkte und Prozesse im Unternehmen sind unklar. Die Potenziale, die in einer verbesserten Rückführung von Erprobungswissen liegen, konnten nicht aufgezeigt werden. Des Weiteren fehlt es an Aussagen über die Kommunikation von Ergebnissen aus der Erprobung, über die Wissensverarbeitung während der Erprobung, über die Hürden und Hemmnisse bei der Wissensnutzung von Erprobungsergebnissen und über die Auswirkungen auf die Effektivität und Effizienz der Erprobung und Produktentstehung insgesamt.

Ein Referenzmodell, das diese Einflussfaktoren, Auswirkungen und Potenziale für Veränderungen beinhaltet, kann auf Grundlage der herangezogenen Literatur nicht erarbeitet werden. Die untersuchte Literatur gibt auch keine Hinweise auf eine methodische Unterstützung der Rückführung von Erprobungswissen.

2.7.2 Schlussfolgerungen für die weitere Arbeit

Auf Basis der Recherchen im Kapitel „Stand der Technik“ ergeben sich weitere Fragen, die das Forschungsthema konkretisieren. Diese Forschungsfragen sind im Forschungsplan in Tabelle 1.1, S. 13 beschrieben.

Zu erarbeiten sind die Definitionen von Erprobung und Wissen, das aus der Erprobung entsteht, sowie eine entsprechende Terminologie. Zudem ist das fehlende grundlegende Verständnis der Zusammenhänge zu entwickeln. Zur Beantwortung offener Forschungsfragen, z. B. nach den Potenzialen für die Produktentwicklung insgesamt, sind empirische Studien in der industriellen Praxis notwendig. Mit diesen Ergebnissen ist ein Referenzmodell zu erarbeiten. Der Fokus dieser Studien liegt auf der Erprobung auf Prüfständen. Auf Basis von quantitativen und qualitativen Wirkzusammenhängen bei der Rückführung von Erprobungswissen, des Referenzmodells sowie von Potenzialen, Zielen und Anforderungen aus Sicht der Industrie auch im Hinblick auf Effektivität und Effizienz können anschließend ein Verbesserungsansatz und die eigentliche Unterstützung, die Methode, entwickelt werden.

Das folgende Kapitel 3 gibt einen Überblick über das Erprobungswissen inkl. einer Begriffsdefinition. In Kapitel 4 folgen die Ergebnisse der analytischen, empirischen Studien.

3 Erprobungswissen

In Kapitel 3 werden die Informationen, die beim Betrachten der Theorie und des Stands der Technik entstanden sind, neu strukturiert und zu Modellvorstellungen als Grundlage für die weitere Arbeit konkretisiert. Beantwortet werden im Folgenden mehrere Fragen, die zumindest im Ansatz in Kapitel 2 aufgeworfen wurden:

- Wie entsteht Wissen während der Erprobung und der Fehleranalyse?
- Wie kann Erprobungswissen definiert werden?
- Wie kann Erprobungswissen strukturiert werden und welche Wissenstypen sind für den Erprobungsprozess relevant?

Wie Wissen entsteht, ist in Kapitel 2.2 dargestellt, wie es aus Experimenten entstehen kann, in Kapitel 2.4. Nach einigen Begriffsdefinitionen (Kapitel 3.1) wird in Kapitel 3.1.3 Erprobungswissen definiert und in Kapitel 3.2 die Forschungsfrage „Wie entsteht Wissen während der Erprobung und der Fehleranalyse?“ anhand von Beispielen beantwortet. Die Strukturierung von Erprobungswissen erfolgt in Kapitel 3.3. Die Modellvorstellung der Rückführung von Erprobungswissen beschreibt Kapitel 3.4.

3.1 Begriffsdefinitionen

Im Folgenden wird definiert, was unter Erprobung und Erprobungsmethodik zu verstehen ist und was deren Ziele sind. Die Rückführung von Erprobungswissen wird konkretisiert, um die Verknüpfung zwischen Produktentwicklung und Erprobung zu veranschaulichen.

3.1.1 Der Begriff Erprobung

Für den Begriff „Erprobung“ gibt es keine eindeutige Definition [WICHNER12, S. 9]. Doch gibt es in der Begriffswelt der Ingenieurwissenschaften nach Wahrnehmung des Autors viele unterschiedliche Begrifflichkeiten, die im Fachgebiet „Versuch“ verwendet werden, siehe Bild 3.1. Teils herrscht wohl die Ansicht, dass Begriffe synonym verwendet werden können, z. B. „Prüfung“ und „Erprobung“ [MAYER-BACHMANN07, S. 34]. Diese Wahrnehmung und Erfahrung wird durch die in Kapitel 4 vorgestellte Studie untermauert. Daher erscheint es angebracht, für die Belange dieser Arbeit Begrifflichkeiten zu definieren und abzugrenzen, die interdisziplinär verstanden werden.

Die **Untersuchung** und der **Versuch** können nach Schenk als Überbegriffe angesehen werden, unter welche die restlichen Begriffe einsortiert werden können. Er selbst verwendet den Begriff „Versuchsmethodik“ als Überbegriff [SCHENK17, S. 47 ff.]. Etwas zu

untersuchen heißt, „etwas genau beobachten, betrachten und so in seiner Beschaffenheit, Zusammensetzung, Gesetzmäßigkeit, Auswirkung o. Ä. genau zu erkennen suchen“ [DUDEN20]. Der **Versuch** ist im Allgemeinen „das Schaffen von Bedingungen, unter denen sich Vorgänge, die Gegenstand des wissenschaftlichen Interesses sind, beobachten und untersuchen lassen“ [DUDEN20]. Daher erscheinen diese Begrifflichkeiten als Überbegriffe sinnvoll. Dies unterstützt die DIN EN ISO-Norm 9000 [DIN EN ISO 9000 2005, S. 30 f.], in der von „untersuchungsbezogenen Begriffen“ die Rede ist.



Bild 3.1: Synonym verwendete Begrifflichkeiten für Untersuchungen

Folgende Quellen liefern unterschiedliche, teils synonyme Bedeutungen für die übrigen Begrifflichkeiten aus Bild 3.1: [BAUMANN06, S. 3], [DIN EN ISO 9000 2005, S. 30], [DIN 1319 Teil 1 1995, S. 6], [MAYER-BACHMANN07, S. 34], [LOEW16, S. 465], [DIN EN ISO 17000 2005], [DIN EN ISO 9000 2005, S. 30], [VDI 3633 1996, S. 19], [BRAESS13, S. 1149]. Das Experiment wurde bereits in Kapitel 2.4 erläutert. Die im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Definitionen sind in Tabelle 3.1 zusammenfassend dargestellt. Da die Erprobung ein zentraler Begriff dieser Arbeit ist, wird dieser hier genauer betrachtet.

„Die Erprobung hat den Nachweis der Eigenschaften zum Ziel, orientiert an den vielfältigen Einsatzbedingungen des Fahrzeugs auf seinen unterschiedlichen Zielmärkten“ [BRAESS13, S. 1149]. Eine klare Abgrenzung der Begrifflichkeiten lässt sich nicht treffen, da sie sowohl in der industriellen Praxis (siehe Kapitel 4.2 und [KARTHAUS15A]) als auch der wissenschaftlichen Praxis [ALBERS16A, S. 541 ff.] unterschiedlich verwendet werden. Aus diesem Grund wird keine neue Definition vorgeschlagen, sondern auf Basis der vorangegangenen Erkenntnisse eine Erläuterung des Begriffs „Erprobung“, wie dieser innerhalb der Arbeit zu verstehen ist: **Erprobung** ist das virtuelle oder reale Anwenden von virtuellen oder realen Teilsystemen oder des Gesamtsystems/Produkts unter möglichst kundennahen Bedingungen in virtueller, experimenteller oder realer Umgebung, um Ist-Werte der Ausprägungen von Eigenschaften (z. B. hinsichtlich Betriebsverhalten, Funktionalität oder Dauerhaltbarkeit, siehe Kapitel 2.5.3) zu ermitteln oder Fehler (siehe Kapitel 2.5.4) zu entdecken.

Untersuchung/Versuch			
Begriff	Definition	Beispiel	Art oder Zeitpunkt der Forschung / Entwicklung
Experiment	„Das Experiment ist eine gezielte Frage an die Natur, auf die bei geeigneter experimenteller Anordnung eine eindeutige Antwort erhalten werden kann.“ [DEMTRÖDER08, S. 1]	Batterieexperimente über Zellchemie, DoE Brennverfahren	Grundlagen- oder industriennahe Forschung Sehr frühe Phase der Vorentwicklung
Test	„Durch einen Test wird festgestellt, ob die Eigenschaften einer Sache von den Erwartungen abweichen.“ [BAUMANN06, S. 3]	SiL-Tests, Komponententests	Vorentwicklung
Verifizierung	„Bestätigung durch Bereitstellung eines objektiven Nachweises (...), dass festgelegte Anforderungen (...) erfüllt worden sind.“ [DIN EN ISO 9000 2005, S. 30]	HiL-Tests zur Verifizierung von SiL-Ergebnissen	Vorentwicklung Serienentwicklung
Validierung	„Bestätigung durch Bereitstellung eines objektiven Nachweises, dass die Anforderungen für einen spezifischen beabsichtigten Gebrauch oder eine spezifische beabsichtigte Anwendung erfüllt worden sind.“ [DIN EN ISO 9000 2005, S. 31]	Prüfstand- und Straßenversuche zur Validierung von Lastenheftwerten z. B. Höchstgeschwindigkeit (v_{max})	Vorentwicklung Serienentwicklung
Erprobung	Die Erprobung ist das virtuelle oder reale Anwenden von Teilsystemen oder des gesamten Produkts unter möglichst kundennahen Bedingungen in experimenteller oder realer Umgebung, um Ist-Eigenschaften (z. B. hinsichtlich Betriebsverhalten, Funktionalität oder Dauerhaltbarkeit) zu ermitteln oder Fehler zu entdecken.	Prüfstanddauerlauf Dauerhaltbarkeit, Straßendauerlauf Emissionserprobungen	Serienentwicklung
Prüfung	„Feststellen, inwieweit ein Prüfobjekt eine Forderung erfüllt.“ [DIN 1319 Teil 1 1995, S. 6]	Parksperrprüfung	Serienentwicklung
Zertifizierung	„Überprüfung durch eine anerkannte (akkreditierte) Stelle, ob definierte Anforderungen eingehalten werden, und Ausstellung entsprechender Prüfbescheinigungen.“ [LOEW16, S. 465]	Zertifizierung von Emissionswerten auf Emissionsprüfständen	Am Ende der Serienentwicklung vor Beginn der Serienfertigung (SOP)

Tabelle 3.1: Begrifflichkeiten im Untersuchungs-/Versuchskontext, strukturiert anhand unterschiedlicher Arten der Entwicklung

Die Begriffe werden in Tabelle 3.1 gemeinsam mit Beispielen und den Erkenntnissen der Einordnung in den Produktentstehungsprozess (diese wird im Folgenden beschrieben; zuvor wird der Begriff der Erprobung näher betrachtet) zusammengefasst.

Die Ausprägung der Anforderung ist der Soll-Wert der Produkteigenschaft (siehe Kapitel 2.5.2). Damit ist die Erprobung geeignet, Fehler in Bezug auf den beabsichtigten Gebrauch aufzudecken. Die Nichterfüllung des Soll-Werts der Ausprägung einer Produkt-

eigenschaft (Anforderung) durch den Ist-Wert dieser Eigenschaft in Bezug auf den beabsichtigten Gebrauch ist ein „Fehler“ im Sinne dieser Arbeit. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt auf der Erprobung mit realen Versuchsträgern in experimenteller Umgebung. Was reale und virtuelle Anwendung bzw. experimentelle und reale Umgebung sind, wurde in Kapitel 2.6.2 erläutert. Der Test stellt gemäß der zuvor aufgeführten Formulierung und den Zitaten einen Abgleich von Produkteigenschaften mit den Anforderungen dar, während das Erproben eines Produkts dessen Validierung ist, ob es den Kundenanforderungen gerecht wird. Diese Festlegung des Begriffs der Erprobung gründet auch auf der durch Studien (siehe Kapitel 4.2; [KARTHAUS15A]) bestätigten Wahrnehmung des Autors, dass der Begriff „Erprobung“ im Bereich der industriellen Praxis des Maschinenbaus, speziell in der Fahrzeugtechnik, gegenüber den Begriffen „Test“ und „Prüfung“ häufiger verwendet wird. Der Wesenskern der Erprobung ist die Anwendung gemäß Kundenanforderungen, im Unterschied zu Test oder Prüfung.

Ein weiterer Unterschied in der Verwendung der Begrifflichkeiten ergibt sich aus dem Zeitpunkt oder der Art der Forschung oder Entwicklung, siehe Tabelle 3.1 rechte Spalte. Auf Basis der angeführten Zitate und angelehnt an die Phasen des Produktentstehungsprozesses im Fahrzeugbau nach Braess und Seiffert [BRAESS13, S. 1135 ff.] kann folgende Erkenntnis abgeleitet werden: Experimente werden in der „Forschung“ (wenn in einem Unternehmen vorhanden) durchgeführt, „Tests“ zu sehr frühen Zeiten im Produktentstehungsprozess, z. B. in der Vorentwicklung für Grundsatzuntersuchungen. Erprobungen oder Prüfungen erfolgen am Ende der Entwicklung, z. B. in der Serienentwicklung zur Absicherung des Produkts, Zertifizierungen finden zuletzt statt.

Hieraus ergibt sich die in der Einleitung und im Kapitel „Stand der Forschung und Technik“ erwähnte Abgrenzung der Erprobung gegenüber dem Experiment durch Vergleich der Begrifflichkeiten. Die Zielsetzung ist beim Experiment eine andere als bei der Erprobung: Nicht das Anwenden des Produkts steht beim Experiment im Vordergrund, sondern das Ermitteln einer Gesetzmäßigkeit. Im Verlauf dieser Arbeit wird im Allgemeinen der Versuch als Überbegriff verwendet und im Speziellen der Begriff Erprobung. Dadurch wird der Untersuchungsgegenstand klar eingegrenzt.

Im nächsten Kapitel folgt nun die Klärung des Begriffs der Erprobungsmethodik.

3.1.2 Der Begriff Erprobungsmethodik

Die Ergebnisse der Literaturrecherche (vgl. [BAKELE12] und [WICHNER12]) sowie der Studie von Karthaus et al. [KARTHAUS15A] (vgl. Kapitel 4.2) zeigen, dass eine allgemeine Erprobungsmethodik auf dem Detaillierungsniveau der Konstruktionsmethodik (nach [VDI 2221 1993] oder [FELDHUSEN13]) im Bereich der methodischen Produktentwicklung nicht etabliert ist. Vajna [VAJNA14] betrachtet zwar die Evaluierung und die Tests im Umfeld der Produktentwicklung und schlägt im Rahmen von „Integrated Design Engineering“ eine Systematik für Tests vor, welche die Tests in ihrer Durchführung unterscheidet und allgemeine Kriterien zur Bewertung (Objektivität, Reliabilität (Zuverlässigkeit), Validität und Signifikanz) von Ergebnissen angibt [VAJNA14, S. 471 ff.]. Eine generische Vorgehensweise des Testens aber wird nicht gegeben. Das V-Modell von Seiffert und Gotthard [SEIFFERT08, S. 288] bietet Ansätze zu einer Erprobungsmethodik (siehe Bild 3.2), die auch in der industriellen Praxis verfolgt werden (vgl. [KARTHAUS15A, S. 21 ff.]).

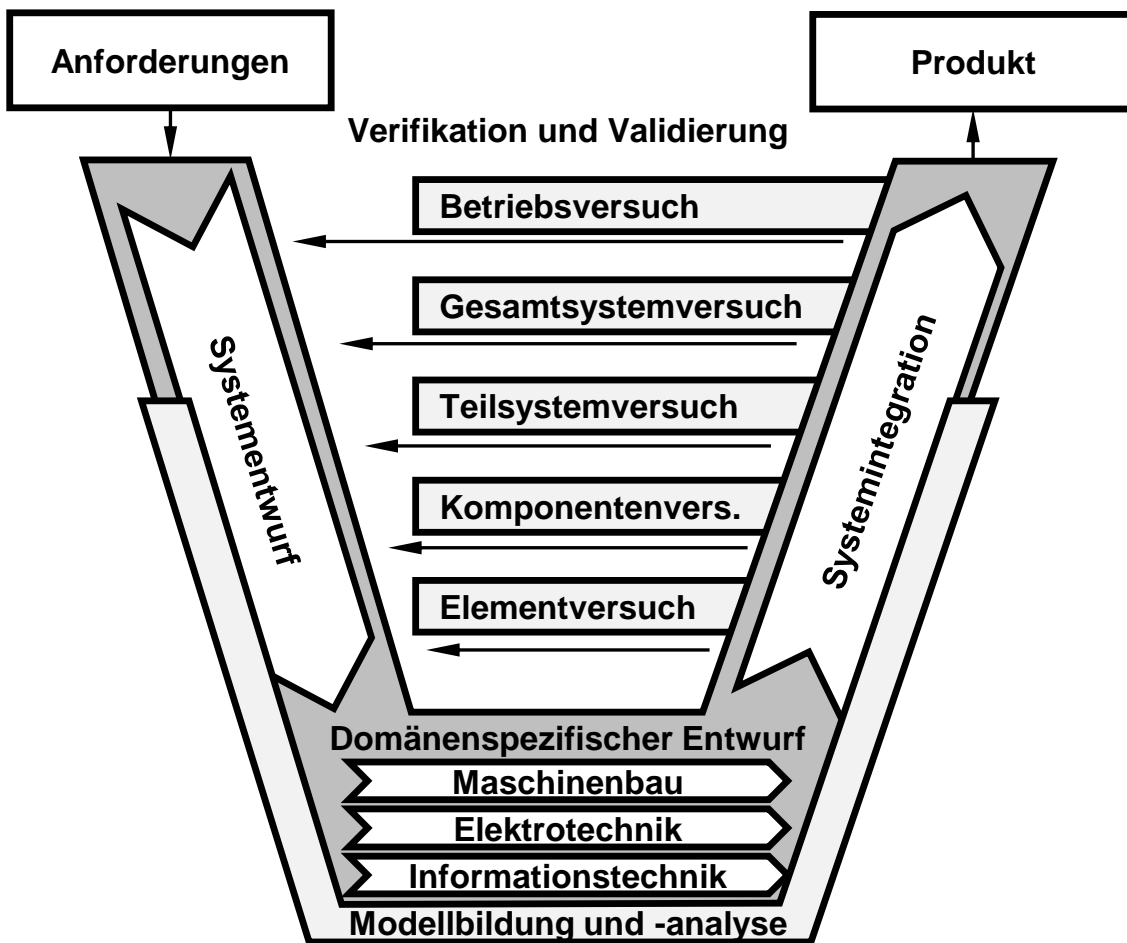


Bild 3.2: V-Modell mit abstrahierter Erprobungsmethodik (nach [SEIFFERT08, S. 288])

Für diese Arbeit wird eine Erprobungsmethodik mit einer Begriffshierarchie (siehe Bild 3.3) als grundlegendes Modell definiert.

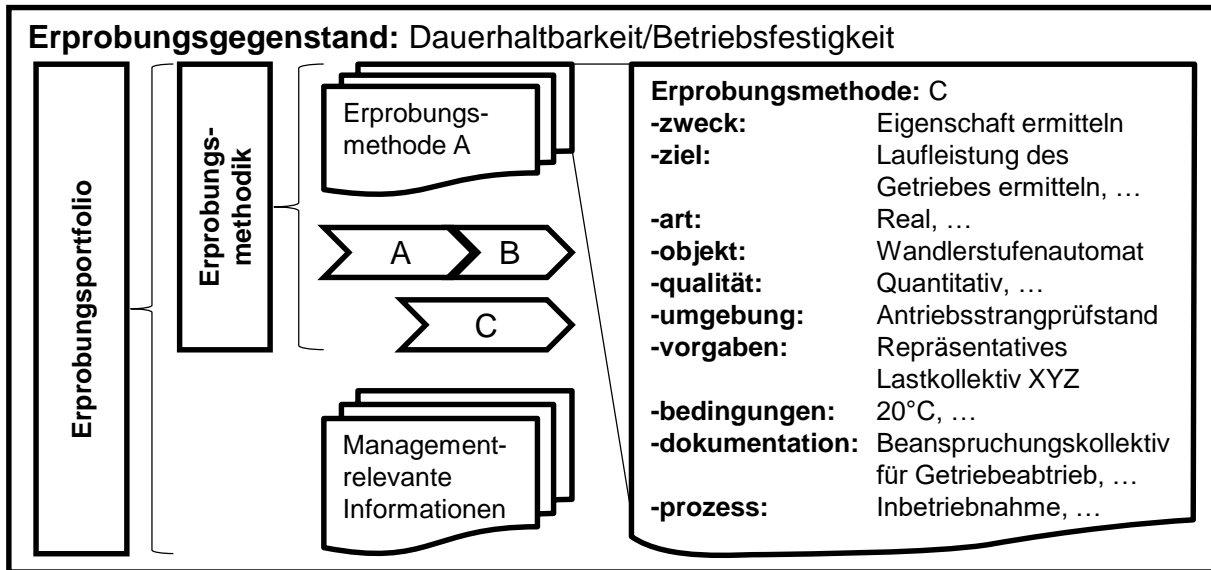


Bild 3.3: Begriffshierarchie zur Erprobungsmethodik

Die Überbegriffe der „Erprobungsmethodik“ aus Bild 3.3, „Erprobungsgegenstand“, „Erprobungsmethode“ und „integrative Erprobung“, sind in Tabelle 3.2 definiert. Die Begrifflichkeiten zur Beschreibung einer Erprobungsmethode aus Bild 3.3 sind gesondert in Tabelle 3.3 erklärt.

Erprobungsgegenstand	Der Erprobungsgegenstand ist das Themengebiet der Erprobung, das sich aus gleichartigen Anforderungen einer Anforderungsgruppe an das Produkt und einer darauf ausgerichteten Entwicklungstätigkeit zusammensetzt. Im Bereich der Fahrzeugantriebsstrangerprobung sind mögliche Erprobungsgegenstände z. B. die Dauerhaltbarkeit, die Funktionalität, die Applikation, die Softwareabsicherung, die Emissionen, oder das Gebiet Noise-Vibration-Harshness (NVH).
Erprobungsmethode	Eine Erprobungsmethode ist (analog zu [PAHL77, S. 460]) ein planmäßiges Vorgehen, um abhängig von der Erprobungsart unter Einhaltung von Erprobungsvorgaben für das zu erprobende Erprobungsobjekt in beliebiger Erprobungsumgebung ein Erprobungsziel zu erreichen.
Erprobungsmethodik	Die Erprobungsmethodik beschreibt (in Analogie zu [PAHL77, S. 460]) für einen definierten Erprobungsgegenstand ein ganzheitliches, planmäßiges Vorgehen unter Einschluss mehrerer Erprobungsmethoden. Dies beinhaltet bei mehreren Erprobungen innerhalb eines Erprobungsgegenstands die zeitliche Abfolge der einzelnen Erprobungsmethoden im Produktentstehungsprozess insgesamt.
Erprobungsportfolio	Das Erprobungsportfolio dokumentiert die Summe aller Erprobungsmethoden zu einem Erprobungsgegenstand und ist eine übersichtliche Darstellung mit erprobungs-, management- und prozessrelevanten Informationen der Erprobungsmethodik, um eine bessere Planbarkeit aller Erprobungen zu erreichen.
Integrative Erprobung	Bei einer integrativen Erprobung stehen mehrere Erprobungsobjekte im Fokus einer Erprobungsmethode.

Tabelle 3.2: Erläuterungen zu Überbegriffen der Erprobungsmethodik

Erprobungs-zweck	Der Erprobungszweck beschreibt übergeordnet, ob durch die Erprobung Fehler aufzudecken oder Ist-Eigenschaften zu ermitteln sind oder ob dies in Kombination erfolgen soll. Im Fall der Kombination werden besondere Anforderungen an die Messtechnik und die Dokumentation gestellt.
Erprobungs-ziel	Das Erprobungsziel beschreibt detaillierter als der Zweck, welche Informationen (Fehler oder Ist-Eigenschaften) und welches explizite Wissen durch die Erprobungsmethode erhoben werden sollen. Daraus ergeben sich die Erprobungsergebnisse.
Erprobungs-art	Die Erprobungsart beschreibt die Art, in der die Erprobung durchgeführt wird, virtuell oder real.
Erprobungs-objekt	Das Erprobungsobjekt (auch „Prüfling“ oder „Device under Test (DuT)“ genannt) bezeichnet das zu erprobende Objekt mit seinen Anforderungen, Merkmalen und prüflingsspezifischen Grenzwerten und steht im Fokus der Erprobung. Diese Objekte oder Merkmale können real oder virtuell sein. Erprobungsobjekte sind Komponenten, Aggregate, ein Teil- oder Gesamtsystem, eine Software oder ein virtuelles Modell. Für das Erprobungsobjekt müssen die Erprobungsvorgaben möglichst kundennah und repräsentativ sein. Hierzu gehört die Beschreibung, wie das Erprobungsobjekt vorbereitet werden muss.
Erprobungs-qualität	Die Erprobungsqualität zielt auf die Qualität der Ergebnisse und beschreibt, ob diese quantitativ oder qualitativ zu erzeugen sind. Bei qualitativer Erprobung kann es sich um Stich- oder Vorversuche handeln, die zur Entwicklung einer Erprobungsmethode dienen können. Bei quantitativer Untersuchung müssen definierte Werte des Erprobungsziels und der Erprobungsdokumentation gemessen und dokumentiert werden. Hierzu kann abhängig von der geforderten Reproduzierbarkeit, Häufigkeit und Wichtigkeit auch die Korrelation/Verifizierung der Ergebnisse mit Referenzmessungen gehören.
Erprobungs-umgebung	Die Erprobungsumgebung beschreibt die Umwelt, in der die Erprobung stattfindet, und damit in der realen Welt den Prüfstand (z. B. Prüfgelände, Fahrzeugantriebsstrangprüfstände, Triebstrangprüfstände, Komponentenprüfstände) und in der virtuellen Welt die Simulationsumgebung (z. B. HiL, SiL, Model-in-the-Loop). Hierzu gehören die prüfstands-spezifischen Grenzwerte, so die maximale Geschwindigkeit eines Rollenprüfstands oder das maximale Drehmoment einer Drehmomentmesswelle.
Erprobungs-vorgaben	Erprobungsvorgaben sind Grundlage jeder Erprobung. Regelungstechnisch betrachtet handelt es sich um Sollwertvorgaben, methodisch betrachtet um Anforderungen, z. B. ein Lastkollektiv, ein beschriebenes Fahrmanöver, ein Zyklus. Vorgaben beschreiben auch den Ablauf der Erprobung.
Erprobungs-bedingungen	Erprobungsbedingungen stellen die Randbedingungen und versuchsspezifischen Grenzen dar, innerhalb derer sich die Erprobung bewegen darf, sprich: den Versuchsraum. Aus den Erprobungsbedingungen lässt sich die Konditionierung, also die Vorbereitung für das Erprobungsobjekt ableiten. Beispielsweise muss ein Fahrzeug evtl. auf -20°C abgekühlt werden, bevor es getestet wird.
Erprobungs-doku-mentation	Die Erprobungsdokumentation beinhaltet alle Unterlagen, die vor, während und nach der Erprobung erstellt werden müssen. Hierzu gehören die aufzuzeichnenden und zu dokumentierenden Messdaten, deren Qualität, die Art und Weise, wie sie auszuwerten sind, sowie die Dokumentation der Auswertungen als explizites Wissen.
Erprobungs-prozess	Der Erprobungsprozess beschreibt die Abfolge aller Tätigkeiten, um die eigentliche Erprobung durchführen zu können (siehe Bild 3.4 oder detaillierter [SCHENK17, S. 47 ff.]).

Tabelle 3.3: Begrifflichkeiten zur Beschreibung der Erprobungsmethode

Die generische Vorgehensweise des Erprobungsprozesses ist in Bild 3.4 dargestellt. Die Hauptschritte der Erprobung stellen z. B. Zeller und Sonntag [ZELLER90, S. 517 ff.] dar (siehe Bild 3.4). Der Fokus liegt hier auf dem Informationsfluss. Schenk hat die Arbeitsschritte von Zeller und Sonntag [ZELLER90] detailliert und eine Versuchsmethodik

vorgeschlagen [SCHENK17, S. 49 ff. und S. 57 ff.]. Die Erkenntnisse sind auf die Erprobungsmethodik übertragbar. Die detaillierten Arbeitsschritte werden zur Einordnung des dazu notwendigen Wissens in Kapitel 3.3 in Tabelle 3.4, S. 75 genutzt.



Bild 3.4: Erprobungsprozess in Anlehnung an Zeller und Sonntag [ZELLER90, S. 517]

3.1.3 Der Begriff Erprobungswissen

Ausgehend von den zuvor definierten Begrifflichkeiten, speziell des Erprobungsprozesses wird der Begriff Erprobungswissen definiert.

Wissen wird nicht nur in der Erprobung generiert (siehe den eingangs in Kapitel 1.1 zitierten Satz von Rodenacker [RODENACKER70, S. 19] sowie die Kapitel 3.2.1 und 3.2.2), sondern muss auch für die Erprobung selbst erzeugt werden – beispielsweise, um Versuchspläne zu erstellen, die effizient abzarbeiten sind. Wenn für ein neues Produkt erstmals ein neuer Konstruktionsentwurf mit Mitarbeitern der Versuchsabteilung diskutiert wird, treffen die Informationen der Konstrukteure auf die Erfahrung der Versuchsingenieure und werden in einem neuem Kontext interpretiert. Die Effizienz der Erprobung spielt heute eine wichtige Rolle (siehe Kapitel 1.1), insbesondere in Bezug auf die Zeiträume für die Erprobung und den Anteil der Erprobung an der Gesamtproduktentstehung (siehe Kapitel 2.6.2), aber auch im Hinblick auf die teilweise immensen Investitionen in die Prüfstandstechnik [PAULWEBER14, S. 111].

Auf dieser Basis lässt sich für diese Arbeit folgende an die Definition von Konstruktionswissen [KOLLER90, S. 85] angelehnte Definition für Erprobungswissen aufstellen:

Unter dem Begriff „Erprobungswissen“ ist Wissen zu verstehen, das für eine erfolgreiche Durchführung des Erprobungsprozesses als Grundlage vorausgesetzt wird, und Wissen, das während der Erprobung gewonnen wird (siehe Bild 3.5).

Der Erprobungsprozess gliedert sich in die vier Phasen Erprobungsplanung, -vorbereitung, -durchführung und -auswertung [ZELLER90, S. 517 ff.] (siehe Bild 3.5 und

Kapitel 3.1.2); idealerweise ist er vorwiegend ein Wissenserzeugungsprozess, weil der primäre Zweck die Ermittlung von Eigenschaften oder das Entdecken von Fehlern ist und die Erzeugung von Information und Wissen über das Produkt im Fokus steht. Er ist auch ein Wissensverarbeitungsprozess, z. B. bei der Erprobungsplanung und -vorbereitung.

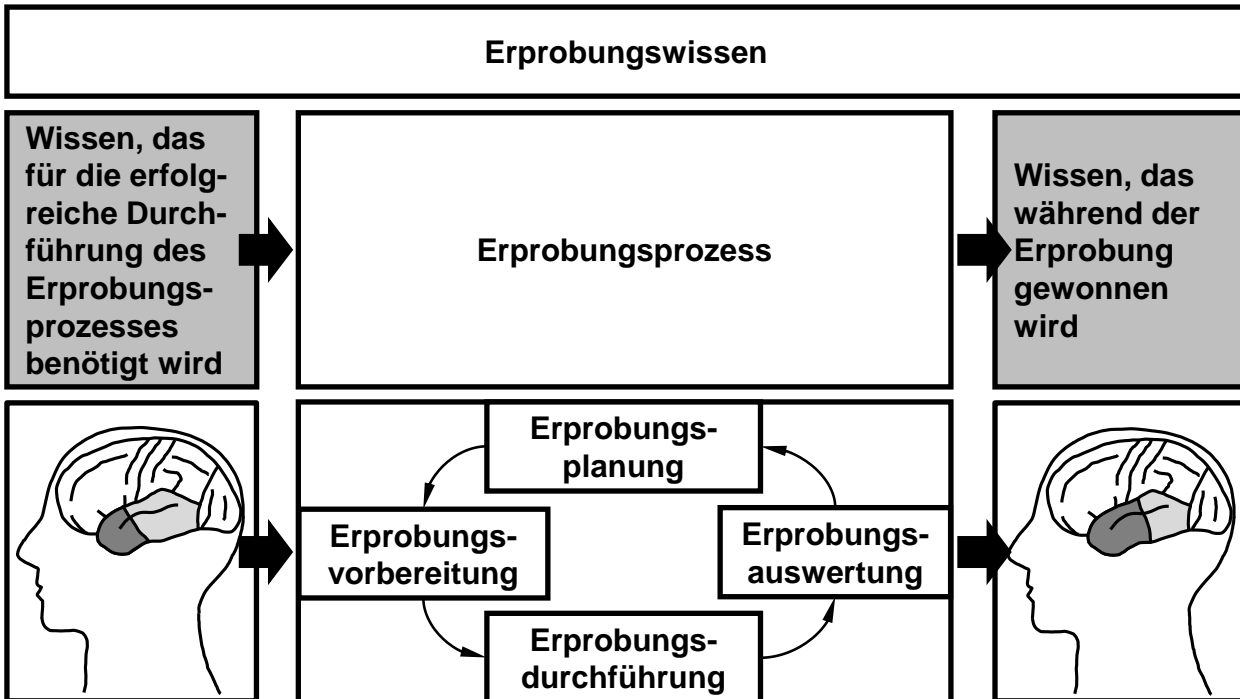


Bild 3.5: Definition von Erprobungswissen in der Produktentwicklung [KARTHAUS13B]

Erzeugt wird das neue Wissen überwiegend (vgl. [ZELLER90, S. 518]) in der Phase der Erprobungsdurchführung (z. B. durch festgestellte Fehler) und während der Erprobungsauswertung bei der Interpretation der Messergebnisse. Beide Arten der Wissenserzeugung werden beispielhaft im nächsten Kapitel 3.2 näher erläutert.

Der Fokus der Arbeit liegt auf dem Erprobungswissen, das aus der Erprobung gewonnen wird, im Allgemeinen durch Interpretation und Vernetzung von Messdaten und Informationen und im speziellen Evaluationsfall (siehe Kapitel 7) durch Fehler, die durch die Messtechnik entdeckt werden. Insbesondere Fehler versprechen Effizienz- und Effektivitätssteigerungen („rule of ten“), weswegen der Fokus so gewählt wurde. Erprobungswissen im Kontext dieser Arbeit beinhaltet demnach vorwiegend Messdaten, die Erprobungsdokumentation, Informationen aus Messergebnissen, Interpretationen von Messinformationen sowie Informationen über Fehler und Erfahrungswissen.

Eine Strukturierung des Erprobungswissens erfolgt in Kapitel 3.3 und die Modellvorstellung der Rückführung von Erprobungswissen in Kapitel 3.4.

3.2 Wissenserzeugung aus der Erprobung

Die Erprobung hat zwei grundlegende Zwecke/Zielsetzungen (vgl. Kapitel 3.1.1):

- die Ermittlung von Ist-Eigenschaften und
- das Entdecken von Fehlern.

Im Folgenden werden diese beiden Arten zur Erzeugung von Wissen anhand von Beispielen modellhaft erläutert. Ausgangspunkt ist, dass das Ergebnis aus Versuchen im Allgemeinen und Erprobungen im Speziellen Daten [FRÖBEL13, S. 32 f.] und Informationen sind (siehe Kapitel 2.4). Diese Daten und Informationen müssen interpretiert werden, damit Wissen entsteht. Dazu ist ein Interpretierer notwendig [AAMODT95, S. 198], in diesem Fall der Versuchingenieur.

3.2.1 Wissenserzeugung durch Ermittlung von Ist-Eigenschaften

Wissen kann durch die Ermittlung von Ist-Eigenschaften entstehen. Ein erstes Beispiel dazu ist in Bild 3.6 dargestellt. Der ermittelte Ist-Wert der Eigenschaft ist der Messwert von 66 %. Im Vergleich mit der Anforderung, der Wirkungsgrad sei größer als 65 % (Sollwert der Eigenschaft), erfolgt die Vernetzung mit anderen Informationen, woraus Wissen entsteht.

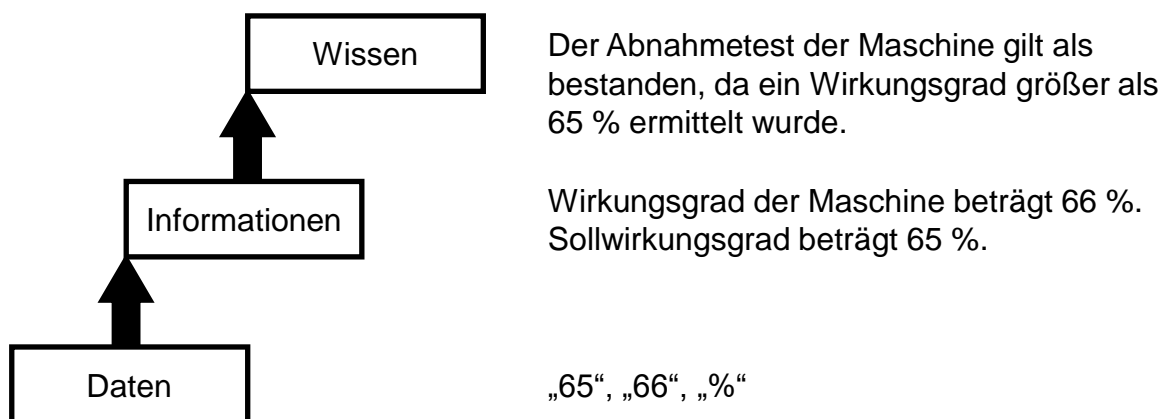


Bild 3.6: Beispiel 1: Zusammenhang zwischen Daten, Informationen und Wissen in Anlehnung an [VDI 5610 2009, S. 4] und [VDI 5610 2017, S. 3 ff.]

Als zweites Beispiel (siehe Bild 3.7) kann die Vernetzung von Ist-Werten mit Informationen zur Generierung von Wissen auch anhand der Wissensstreppe nach North [NORTH11] erläutert werden, vgl. [FRÖBEL13, S. 12 f.]. Im Fall von Bauteillastkollektiven kann aus dem Messsignal des Getriebeeingangsmoments einer Kundenanwendung durch eine Methode der Klassierung (Vernetzung mit anderen Informationen und

Darstellung in anderer Form) die Information in einen anderen Kontext gebracht und ein Lastkollektiv ermittelt werden. Wenn sich der Betrachter in Bild 3.7 der Darstellungsform und des Kontexts bewusst ist, kann er aus der Lastkollektivdarstellung des Kundenkollektivs im Vergleich mit den Versagensarten und der Festigkeit dieses Bauteils bei diesen Versagensarten (z. B. anhand einer Wöhlerkurve) unter den gegebenen Randbedingungen (und bei entsprechendem Vorwissen) die Schädigung und den wahrscheinlichen Schadensmechanismus, der beim Betrieb zu einem Schaden führen wird, ableiten [FRÖBEL13, S. 12 f.].

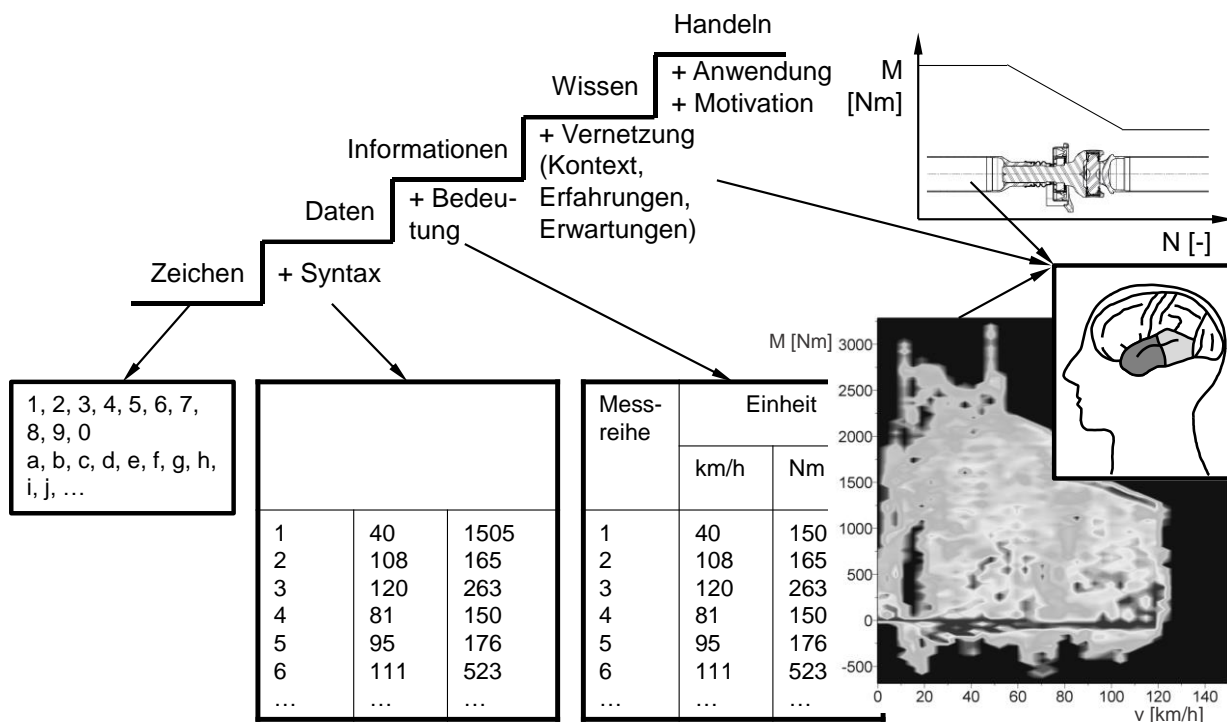


Bild 3.7: Beispiel 2: Wissen aus einem Versuch (in Anlehnung an [FRÖBEL13, S. 12])

Ein drittes Beispiel, das zu Erprobungswissen führt, ist der Messwert der Größe Drehmoment, gemessen an der Kurbelwelle eines Verbrennungsmotors in einem bestimmten Betriebspunkt an einem Prüfstand, das $M_{\text{Motor}} (n_{\text{Motor}} = 4250 \text{ min}^{-1}) = 460 \text{ Nm}$ beträgt. Mit der Vernetzung dieser Information und der zusätzlichen Information, dass das maximale Getriebeeingangsmoment im ersten Gang einen bestimmten Wert nicht überschreiten darf (z. B. 400 Nm), entsteht Wissen für weitere Entwicklungsschritte. Durch die Anwendung dieses Wissen können Maßnahmen generiert werden, z. B. die Entwicklung einer Getriebeschutzanforderung als Überlastschutz bzw. einer Drehmomentbegrenzung des Motors, die das Getriebe im ersten Gang an das Steuergerät des Motors übermittelt. Damit wird im ersten Gang das Drehmoment des Motors begrenzt.

3.2.2 Wissenserzeugung durch Fehleranalyse

Bei der Analyse der Fehler, welche im Speziellen z. B. durch Grenzwertüberschreitungen (wie in Kapitel 2.6.4 beschrieben) erkannt werden, lernt der Versuchs- oder Entwicklungsingenieur; der Wissensaufbau folgt dem in Bild 3.8 dargestellten Prozess. Der Versuchsingenieur interpretiert die ihm aus den Messdaten vorliegenden Informationen und stellt sich möglicherweise Fragen, wie z. B.:

- Welche Messsignale haben zu welchen Grenzwertüberschreitungen geführt?
- Welche Ursachen könnte das haben?

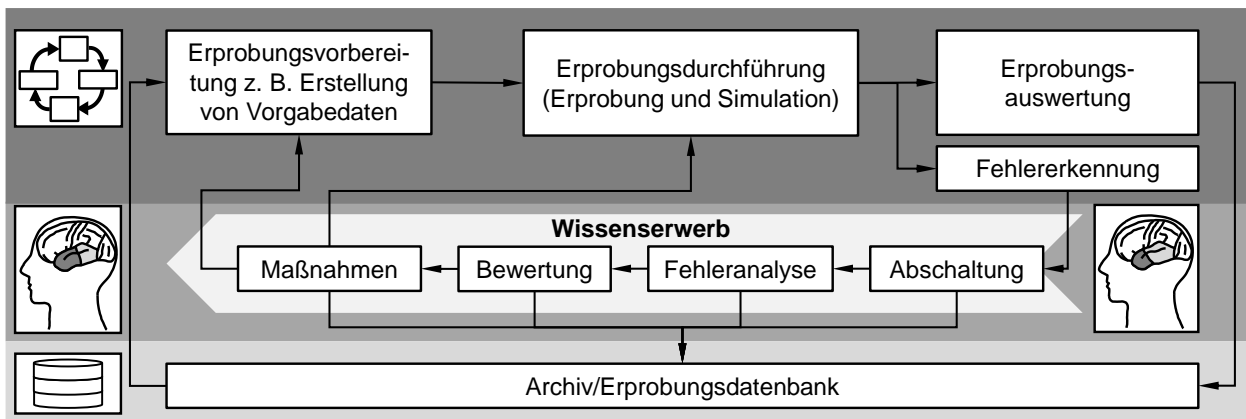


Bild 3.8: Wissenserwerb durch Fehleranalyse (nach [KARTHAUS13B, S. 2])

Dabei verknüpft er die Informationen aus den Messdaten mit anderen Informationen oder mit Erfahrungen, z. B.:

- Gab es diesen oder einen ähnlichen Fehler schon einmal?
- Werden für die Analyse weitere Informationen benötigt, z. B. eine Funktionsstruktur, um den Fehler analysieren zu können?

Otegui zeigt eine Vorgehensweise bei der Analyse von mechanischen Schäden auf [OTEGUI14, S. 20]. Die wesentlichen Schritte sind das Sammeln von Informationen, die Koordination der beteiligten Personen und der Arbeitsschritte, die Suche nach der Ursache, die Reparatur der Geräte, die Dokumentation des Schadens und das Unterbinden von Anlagenschäden. Auf diese oder ähnliche Weise versucht der Ingenieur, die ihm vorliegenden Informationen in einen größeren Kontext zu bringen, um die Ursache für den Fehler finden zu können. Dieses Vorgehen wurde bei erfahrenen Versuchsingenieuren durch den Autor beobachtet und später in Studien (vgl. Kapitel 4.3) bestätigt. Die einzuleitenden Maßnahmen hängen vom Bewertungsergebnis ab. Fallweise setzt bei

unkritischen und für den Prüfling irrelevanten Abschaltungen der Versuchingenieur aufgrund seiner Erfahrung mit bekannten, ähnlichen Fehlern den Prüflauf fort. Es können aber auch Vorgabedaten angepasst werden, um anschließend den Versuch fortzusetzen. Das bedeutet, dass Maßnahmen manuell nach Abschluss der Fehleranalyse durch den Versuchingenieur durchgeführt werden [KARTHAUS13B, S. 2 ff.].

Wie bereits in Kapitel 2.6.5 dargestellt, ist es unklar, wie viel Zeit eine solche Fehleranalyse beansprucht und wie mit dem Fehler in der industriellen Praxis verfahren wird. Dazu gibt es weitere Ausführungen in Kapitel 4.3.

3.3 Strukturierung von Erprobungswissen

Die Erprobung ist Teil des Produktentstehungsprozesses (siehe Kapitel 2.5.1). Das Erprobungswissen ist somit als eine Teilmenge des zur Produktentstehung notwendigen Wissens anzusehen und bildet ein eigenes Wissensgebiet, vergleichbar dem Konstruktionswissen. In Anlehnung an Mertins und Seidel [MERTINS09B, S. 289] kann Erprobungswissen als Wissensdomäne definiert werden. Das deckt sich mit der Begriffswelt von Mittelmann [MITTELMANN11] (siehe Anhang A.6). Zum Wissensgebiet Erprobungswissen gibt es nach Einschätzung des Autors nicht so viele Veröffentlichungen wie zum Wissensgebiet Konstruktionswissen; vermutlich enthalten Veröffentlichungen zu Erprobungen zu viele Produktdetails, weswegen diese als Schutz vor Verlust von Know-how vermieden werden. Vor diesem Hintergrund scheint es plausibel, dass das Wissensgebiet Erprobungswissen nicht so stark ausgeprägt ist.

In Kapitel 2.2 wird ein von Roth et al. unterbreiteter Strukturierungsvorschlag von für die Produktentwicklung relevanten Wissenstypen (vgl. [ROTH10, S. 1687] und Anhang A.2) für die Wissensdomäne Produktentwicklungswissen vorgestellt. Roth et al. [ROTH10] verwenden für diese Zuordnung der Wissenstypen zum Produktentwicklungsprozess die vier Phasen der Produktentwicklung nach Pahl und Beitz [PAHL05, S. 168 ff.]. Da die Erprobung Teil der Produktentwicklung ist (siehe Kapitel 2.5.1), aber nicht explizit von Pahl und Beitz berücksichtigt wird, kann das Erprobungswissen nicht explizit im Modell von Roth et al. [ROTH10] berücksichtigt werden. Daher wird dieses Modell wegen seines generischen Wesens auf die Wissensdomäne der Erprobung und den Erprobungsprozess übertragen. Für die vier Phasen der Erprobung (siehe Bild 3.4, S. 69) wird die Zuordnung der Wissenstypen vorgenommen (vgl. [FRÖBEL13]; siehe Tabelle 3.4). Beispiele und Begründungen, welcher Wissenstyp in welcher Phase des Erprobungsprozesses benötigt wird, liefern die vom Autor betreute Studienarbeit von Fröbel [FRÖBEL13,

S. 82 ff.] und der Anhang A.12. Die Tabelle 3.4 erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit; zu beachten ist, in welchen Phasen welches Wissen benötigt wird (E = erforderlich) und in welchen Phasen Wissen entsteht (N = neues).

Wissenstypen von Erprobungswissen	Phasen des Erprobungsprozesses														
	Erprobungsplanung		Erprobungsvorbereitung				Erprobungsdurchführung				Erprobungsauswertung				
	Strategische Erprobungsplanung	Operative Erprobungsplanung	Teilbereitstellung	Prüfstandanpassung	Bereitstellung von Prüfprogrammen und Prüfkollektiven	Dokumentation	Inbetriebnahme	Testphase	Erprobungsstart	Durchführung der Erprobung	Plausibilisierung der Messdaten	Lastanalyse	Signalanalyse	Schwingungs- und Funktionsanalysen	Dokumentation
Expertenwissen		E		E	E	E				E&N	E&N	E&N	E&N	E&N	
Normatives Wissen	E	E	E	E	E		E	E	E	E	E	E	E	E	E
Fach- und Faktenwissen	E	E		E	E		E	E			E&N	E&N	E&N	E&N	E&N
Erfahrungswissen		E	E	E	E	E				E&N	N	N	N	N	N
Episodisches Wissen		E								E	E	E	E	E	
Handlungswissen			E	E			E	E	E	E					E
Allgemeines Methodikwissen	E				E						E	E	E	E	E
Spezielles Methodikwissen					E	E					E	E	E	E	E
Operationales Wissen	E	E	E	E	E		E	E	E	E	E	E	E	E	
Konditionales Wissen	E						E	E	E	E					
Führungswissen	E					E									E
Produktwissen	E	E	E	E	E	E	E	E		N	E&N	E&N	E&N	E&N	E&N
Markt- und Kundenwissen		E			E						E				E
Geschäftsstrategisches Wissen	E														

Tabelle 3.4: Wissenstypen, verknüpft mit den Phasen des Erprobungsprozess nach Fröbel [FRÖBEL13, S. 45], mit Begründungen (siehe Anhang A.12), erweitert um die Arbeitsschritte der Versuchsmethodik von [SCHENK17, S. 49 ff.]

Die Detaillierung der von Schenk vorgeschlagenen Arbeitsschritte [SCHENK17, S. 49 ff.] und die Ergänzung, ob es sich um neues Wissen handelt oder ob Wissen nötig ist, geht über die Studie von Fröbel hinaus [FRÖBEL13, S. 45]. Im Erprobungswissen gibt es beide *Wissensarten*, sowohl explizit als auch implizit. Explizites Erprobungswissen können

Diagramme, Lastkollektive, Protokolle, Berichte u. v. m. („Artefakte“) sein. Dieses explizite Wissen kann beispielsweise in Datenbanken oder Product-Lifecycle-Management-(PLM-)/Produkt-Daten-Management-(PDM-)Systemen gespeichert werden. Implizites Erprobungswissen sind Erfahrungen, Skills und Heuristiken der Versuchingenieure mit gewissen Systemen und die Kenntnis darüber, wie diese zu erproben sind. *Wissensformen* und *Wissensorte* werden an dieser Stelle nicht explizit ausgeführt, da diese allgemein definiert sind (siehe Kapitel 2.2.3) und diese auf Erprobungswissen übertragen werden können. Die *Wissensqualität* wird nach Roth et al. [ROTH10] anhand folgender Kriterien gemessen: Korrektheit, Nachvollziehbarkeit, Aktualität, Vollständigkeit, Nützlichkeit und Konsistenz. Es ist davon auszugehen, dass Erprobungswissen eine hohe Wissensqualität hat, da zu erwarten ist, dass Korrektheit, Nachvollziehbarkeit, Aktualität und Nützlichkeit als hoch bewertet werden. Die Korrektheit ist gegeben, wenn die Messtechnikette kalibriert und „das Richtige“ mit „den richtigen“ Instrumenten gemessen wurde. Die Nachvollziehbarkeit ist durch einen definierten Versuchsprozess, inkl. Auswertung und Dokumentation, durch definierte Versuchspläne und gegebenenfalls die Reproduzierbarkeit der Versuche gegeben. Die Messdaten entstehen bei der Erprobung und das Wissen ist aktuell, sofern der Versuch zum frühestmöglichen Zeitpunkt im PEP durchgeführt wird. Die Nützlichkeit muss hoch sein, da ein Versuch angesichts der Kosten nur mit einer definierten Zielsetzung durchgeführt wird.

Erprobungswissen behandelt die Gesamtheit von Daten, Informationen und Wissen aus dem Prozess der Erprobung. Nachdem eine Strukturierung für dieses Wissen vorgeschlagen wurde, werden dieser Teilprozess und das Wissen analysiert. Für diese Analyse wird ein Modell in Anlehnung an die Wissenstreppe von North [NORTH11, S. 297] und die verwendete Begriffswelt nach Roth et al. [ROTH10] zugrunde gelegt.

Das nächste Kapitel zeigt die Modellvorstellung zur Rückführung von Erprobungswissen.

3.4 Rückführung von Erprobungswissen in der Produktentwicklung

Aus dem Paradoxon der Konstruktion heraus lässt sich die Forderung nach einem Regelkreis während der Produktentwicklung erklären. Dieser Regelkreis mit iterativem Vorgehen und Kontrolle wird in vielen Vorgehensweisen der Produktentwicklung gefordert (z. B. [FELDHUSEN13, S. 17 ff.], [PAHL05, S. 21 ff.], [LINDEMANN09A, S. 50 ff.], [VDI 2221 1993], [VDI 2206 2004]) und sogar als Regelkreis in abstrahierter Form beschrieben [WEBER12, S. 43 ff.]. In Bild 3.9 wird die Produktentwicklung exemplarisch als Regelkreis dargestellt, in Anlehnung an den Standardregelkreis (siehe Bild 2.3, S. 17).

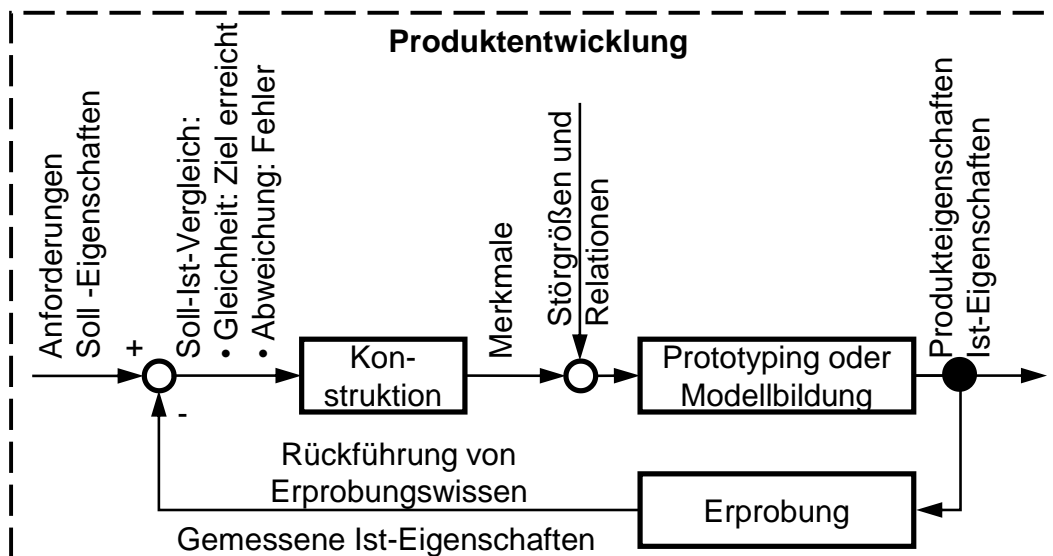


Bild 3.9: Regelkreis der Produktentwicklung in Anlehnung an den Standardregelkreis aus Bild 2.3, Weber [WEBER12, S. 43 ff.] und der WiGeP [WIGEP14, S. 75 ff.]

Mit den zuvor definierten Begrifflichkeiten und in Anlehnung an Weber [WEBER12, S. 43 ff.] kann dieser Regelkreis nun für die Erprobung und die Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung als grundlegende Modellvorstellung für diese Arbeit konkretisiert werden. Die Regelgröße sind die Produkteigenschaften, die in Form von Informationen und am Anfang des Prozesses als Anforderungen (Soll-Eigenschaften) definiert wurden und später durch die Erprobung als Messglied (Ist-Eigenschaften) ermittelt werden, um den Abgleich mit den Soll-Werten zu ermöglichen. Primär geht es um Produkteigenschaften und Fehler (als Abweichung von den Anforderungen). Fehler sind als Regelabweichung eine Möglichkeit, die Entwicklung und Konstruktion zu beeinflussen und eine Verbesserung des Produkts zu erreichen. Mit diesem konkretisierten Modell werden Produktverbesserungen iterativ erzielt, wie dies in Kapitel 2.5.1 prinzipiell gefordert wurde. Wie Albers [ALBERS10, S. 5] beschrieben hat, ist die Erprobung die zentrale Aktivität der Produktentwicklung. Diese Modellvorstellung, aus Bild 3.9 beschränkt sich auf die Entwicklung eines einzelnen Produkts. Diese Gültigkeitsbeschränkung wird eingeführt, da sich über Produktgenerationen (Begriff wurde von Albers [ALBERS15B] geprägt) hinweg weitere Abhängigkeiten (vgl. beispielsweise [ALBERS16B, S. 103 ff.]) entwickeln könnten. Diese sollen nicht Teil dieser Arbeit sind.

Ausgehend von den Modellvorstellungen in Kapitel 3 und den Forschungsfragen, die aus Kapitel 2 entstanden und in Tabelle 1.1, S. 13 strukturiert sind, wird das Vorgehensmodell (siehe Bild 1.1, S. 8) mit empirischen Analysen fortgesetzt. Die aufgeworfenen Forschungsfragen konnten anhand der Literatur nicht beantwortet werden. Aus diesem

Grund müssen sie empirisch untersucht werden, um das Verständnis für die Zusammenhänge zu verbessern und später synthetische Lösungsmöglichkeiten zu entwickeln. Daher folgen im nächsten Kapitel die Studien zur Rückführung von Erprobungswissen. Die Frage, welches Wissen entsteht, ist zentral und wird weiterverfolgt, ebenso wie die Frage, wie die Effektivität und die Effizienz bei der Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung bewertet werden können.

4 Studien zur Rückführung von Erprobungswissen

In Kapitel 2 wurden analytische Unterforschungsfragen zur Klärung der Forschungsfragen aus Tabelle 1.1, S. 13 aufgeworfen. Diese Unterforschungsfragen sind in Tabelle 4.1 zusammengefasst und werden durch empirische Studien im Folgenden beantwortet.

Nr.	Forschungsfragen In Klammern steht das Kapitel, aus welchem die Forschungsfrage entstanden ist.	Studie	Studienart	Studienumfang Zielgruppe	Veröffentlichte Ergebnisse
1	Welche Gründe, Barrieren und Probleme bestehen bei der Einführung von Wissensmanagement? (2.3.4)	Kap. 4.1	Zwei getrennte Umfragen	58 Produktentwickler 47 KMU	1. [TURKI14] 2. [VOIGT06]
2	Welches in Erprobungsbereichen generierte bzw. vorhandene Wissen unterstützt die Produktentwicklung und wozu wird es genutzt? (2.5.4, 2.5.5 und 3.1.3)	Kap. 4.2	Qualitative Untersuchung mittels Befragung; Einzelinterviews mit strukturiertem Fragebogen	40 Personen aus den Bereichen Entwicklung und Erprobung aus der Industrie	[KARTHAUS14A] [KARTHAUS15A]
3	Wird das Erprobungswissen in der Produktentwicklung ausreichend genutzt? (2.5.5, 2.5.6)				
4	Welche Probleme und Herausforderungen treten bei der Rückführung von Erprobungswissen auf? (1.3, 2.5.5, 2.5.7 und 3.4)				
5	Sind Fehlerwiederholungen eine mögliche Folge von nicht ausreichender Wissensnutzung? (2.5.4)				
6	Welche Verbesserungspotenziale bestehen bei der Rückführung von Erprobungswissen für eine effizientere Produktentwicklung? (2.5.5)				
7	Welche Werkzeuge werden genutzt, um die Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung zu unterstützen? (2.3.3)	Kap. 4.3	Quantitative Untersuchung anhand Datenbankauswertung	Datenbank des Projektpartners in der industriellen Praxis	[AKKAYA12] [SCHENK12]
8	Welchen Einfluss hat die Anzahl der Fehler am Pkw-Antriebsstrangdauerlaufprüfstand auf die Stillstandzeit des Prüfstands während eines Dauerlaufs? (2.5.4, 2.6.5)				
9	Wie kann die Effektivität bei der Rückführung von Erprobungswissen gemessen und bewertet werden? (1.3)				
10	Welchen Anteil seiner täglichen Arbeitszeit verbringt ein Versuchsingenieur mit der Analyse von Fehlern? (2.6.5)	Kap. 4.4	Befragung und Beobachtung	Sieben Versuchsingenieure	[GRUBER14] [KARTHAUS15B]
11	Wie kann die Effizienz bei der Rückführung von Erprobungswissen gemessen und bewertet werden? (1.3)				
12	Welchen Einfluss hat die Dauer der Fehleranalyse auf die Stillstandzeiten am Pkw-Antriebsstrangdauerlaufprüfstand? (2.6.5)				
13	Wie und mit wem kommuniziert der Versuchsingenieur? (2.5.5)				

Tabelle 4.1: Analytische Forschungsfragen für empirische Studien

4.1 Gründe, Barrieren und Probleme für Wissensmanagement

Allgemeine Gründe und Barrieren für Wissensmanagement (WM) in Unternehmen sind in Kapitel 2.3.4 skizziert. An dieser Stelle wird auf detailliertere Problemstellungen, die zur Vorbereitung der Studien herangezogen (vgl. [KARTHAUS15A]) wurden, eingegangen. Zwei publizierte Studien werden stellvertretend vorgestellt.

Die Einführung von Wissensmanagement ist aus mehreren Gründen sinnvoll (siehe z. B. [PAWLOWSKY99, S. 110 ff.], [SCHOLL03, S. 185 ff.]). Ein wichtiger Aspekt ist, die Wiederholung von Fehlern zu vermeiden (vgl. z. B. [HEYNEN01, S. 20], in Anlehnung an [PAWLOWSKY99, S. 110]). Für die Einführung von Wissensmanagementmethoden muss Zeit vorhanden sein. Dies wird vielfach als Barriere, sprich: scheinbar unüberwindlich Hürde bei der Einführung von Wissensmanagement gesehen. Neben der Barriere Zeit, bzw. dem „Ressourcenproblem“, werden noch „fehlendes Bewusstsein für die Bedeutung von Wissen im Unternehmen“, „Nutzen nicht nachvollziehbar“ und „Gewohnheit“ angeführt [KOHL09, S. 107 ff.]. Dies bestätigen Turki und Albers [TURKI14, S. 86] und stellen bei ihrer Umfrage unter 58 Produktentwicklern fest, dass 95 % ihrer Befragten Erfahrungswissen als wichtig bis sehr wichtig für die eigene Arbeit ansehen und „das größte Hindernis bei der Weitergabe von Erfahrungswissen der Mangel an Zeit ist“ [TURKI14, S. 89].

Folgende Barrieren sind von Relevanz und werden im Verlauf der Arbeit (siehe Kapitel 6.6) berücksichtigt:

- Die Bedeutung/Relevanz des Wissens für die Unternehmensziele ist unklar.
- Es werden keine Ressourcen (Arbeitszeit, Infrastruktur) für die Kernaktivitäten des WM (siehe Kapitel 2.3.1) bereitgestellt.
- Den Mitarbeitern mangelt es an Fähigkeiten in Bezug auf die WM-Kernaktivitäten.
- Den Mitarbeitern fehlt die Bereitschaft zur Unterstützung der WM-Kernaktivitäten, da die Aufwände als hoch empfunden werden und der Nutzen nicht unmittelbar ersichtlich ist.
- Technische WM-Lösungen oder einzelne Werkzeuge, die den WM-Prozess unterstützen sollen, werden nicht akzeptiert.
- Mitarbeiter fürchten, durch das WM austauschbar zu werden.
- Es fehlen Kriterien für die Überprüfung des Nutzens von WM.
- Der Nutzen von WM wird von verschiedenen Mitarbeitern oder in verschiedenen Organisationseinheiten unterschiedlich schnell wahrgenommen.

Hürden sind mit Aufwand überwindbare Herausforderungen und können aus unterschiedlichen Perspektiven betrachtet werden. Bei der Einführung von Wissensmanagement sind die in Tabelle 4.2 beschriebenen Perspektiven und Hürden relevant.

Perspektive	Hürden
Unternehmen	<ul style="list-style-type: none"> • Mitarbeiter verlassen das Unternehmen – mit ihnen geht ihr Wissen für das Unternehmen verloren. • Durch unzureichende Kommunikation und Transparenz entstehen Redundanzen und Doppelarbeiten.
Mitarbeiter	<ul style="list-style-type: none"> • Widersprüchliche und unvollständige Informationen erschweren die Entscheidungsfindung. • Wachsende Datenbestände und Informationsflut führen zu Intransparenz und zeitaufwendigen Suchaktionen. • Mitarbeiter wissen nichts oder zu wenig über die Aufgaben und Ergebnisse anderer Mitarbeiter, was zu Doppelarbeiten und Redundanzen führt.
Kunden	<ul style="list-style-type: none"> • Kunden/Geschäftspartner erhalten widersprüchliche Informationen.

Tabelle 4.2: Hürden bei der Einführung von Wissensmanagement (wörtlich zitiert aus der VDI-Richtlinie 5610 [VDI 5610 2009, S. 9 ff.]

Eine Umfrage bei 47 kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) aus den Branchen Automobilindustrie, Maschinen- und Anlagenbau sowie Elektrotechnik und Elektronikindustrie (vgl. [VOIGT06, S. 10]) ergab Probleme beim Umgang mit Wissen, siehe Bild 4.1.

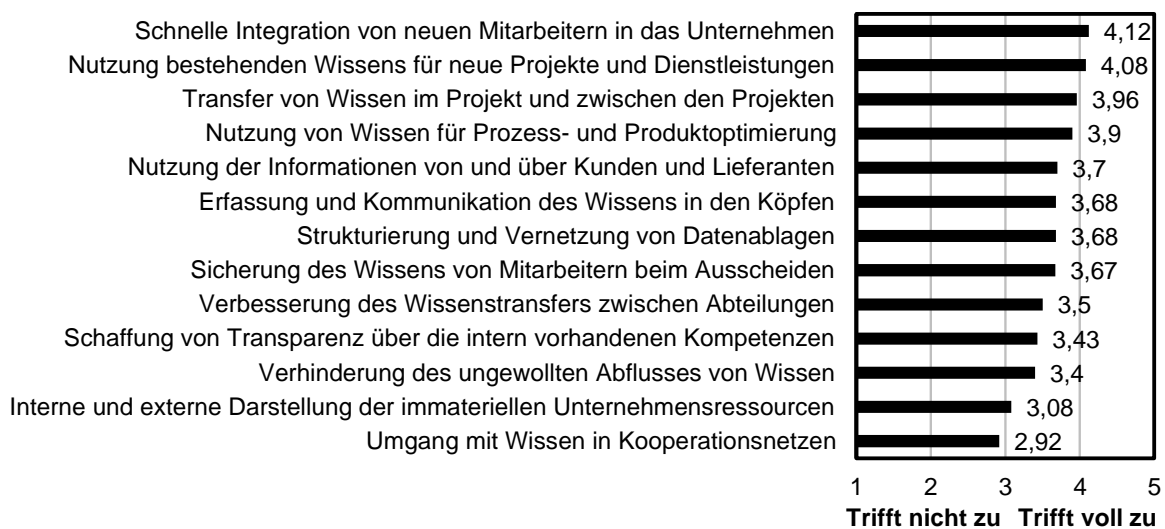


Bild 4.1: Probleme im Umgang mit Wissen ([VOIGT06, S. 20] und [VOIGT09A, S. 10])

Die angeführten Studien zeigen wesentliche Probleme auf, z. B. bei der Nutzung von Wissen für eine Prozessoptimierung oder bei dem Transfer von Wissen im Projekt und zwischen Projekten. Diese Aussagen sind zwar allgemein, könnten aber auch im speziellen Fall der Rückführung von Erprobungswissen relevant sein. Um zu untersuchen, ob diese relevant und übertragbar sind, werden einige der aufgezeigten Probleme, Hürden und Barrieren für eigene Studien (siehe Kapitel 4.2 bis 4.4) aufgegriffen.

4.2 Kooperation und Informationsaustausch zwischen Erprobung und Konstruktion

Gegenstand der qualitativen Untersuchung waren die Kooperation und der Informationsaustausch zwischen Erprobungs- und Konstruktionsabteilungen [KARTHAUS15A]. Insgesamt wurden 40 Personen aus unterschiedlichen Branchen (vgl. Bild 4.2 auf S. 83) befragt; weitere Einzelheiten zur Untersuchungsmethode, zur Struktur der Untersuchungsgruppe und zum Aufbau der Interviews sind Karthaus et al. [KARTHAUS15A, S. 10 ff.] zu entnehmen. Im Folgenden werden die wesentlichen Erkenntnisse und Ergebnisse präsentiert.

Die Forschungsfrage Nr. 2 aus Tabelle 4.1, S. 79, welches Erprobungswissen oder – wenn es als explizites Wissen vorliegt – welche Informationen aus der Erprobung die Entwickler/Konstrukteure am meisten unterstützen, beantwortet zusammengefasst Tabelle 4.3 [KARTHAUS15A, S. 22]. Diese Informationen sind darin nach Erprobungszielen (Ermittlung Ist-Eigenschaft und Fehleridentifikation) und prozessrelevanten Informationen, die das Management betreffen oder die für weitere Prozesse notwendig sind, strukturiert. Damit wird ersichtlich, welches Wissen, welche Informationen in der Produktentwicklung genutzt werden: So können Optimierungs- und Verbesserungspotenziale Schwachstellen aufzeigen und Verifizierungsversuche z. B. neue Geometrien einer Wasserturbinenschaufel liefern oder bestätigen.

	Erprobungsziele		Prozessrelevante Informationen	
	Ist-Eigenschaften	Fehler	Management	Weitergehende Prozesse
Inhalte von Erprobungswissen	Einzelne Produkteigenschaften zum Vergleich mit Anforderungen (1)	Schadens-/ Fehlersituation (2)	Reifegradentwicklung des gesamten Produkts (4)	Qualität von Berechnungsmodellen (Verifizierung Modell vs. Realität) (1)
	Lastkollektive und Betriebsbedingungen des Produkts (2)	Schadensentstehung/ Ursache (2)		Optimierungs-/Verbesserungspotenziale (1)
	Gesetzmäßigkeiten, Einflussparameter und deren Auswirkungen (1)	Schwachstellen und Mängel (1)		Geometrien für ein optimiertes CAD-Modell (1)

Tabelle 4.3: Erprobungswissen zur Unterstützung der Produktentwicklung (auf Basis von [KARTHAUS15A, S. 22], Werte in () = Anzahl der Nennungen)

Eine wesentliche Forschungsfrage ist, ob das Erprobungswissen ausreichend (und damit effektiv) genutzt wird. Diese Frage beantworten die in Bild 4.2 dargestellten Umfrageergebnisse, wobei eine fast gleichmäßige Verteilung auf die drei Antwortmöglichkeiten festzustellen ist. Im Bereich der Fahrzeuggetriebe und der Industriegetriebe wird das Erprobungswissen nach dem subjektiven Eindruck der Befragten unzureichend genutzt.

Nach deren Ansicht ist die wesentliche Konsequenz daraus, dass sich Fehler wiederholen (weitere Erläuterungen siehe [KARTHAUS14A, S. 26 ff.]). Diese Sichtweise ist weitgehend unabhängig von der Sichtweise als Produktentwickler oder Versuchsingenieur [KARTHAUS14A, S. 23 ff.]. Die Produktkomplexität hat dabei keinen wesentlichen Einfluss auf die Aussage, doch hängt die Wissensnutzung von der Anzahl der beteiligten Mitarbeiter ab [KARTHAUS15A, S. 25 ff.]: Mit zunehmender Anzahl an in der Konstruktions- und Erprobungsabteilung tätigen und damit an der Rückführung beteiligten Mitarbeitern wird die Wissensnutzung erschwert. Dieses Phänomen zeigen auch andere Studien auf (z. B. [ECKERT01, S. 47 ff.]). Deshalb ist anzunehmen, dass vor allem die Wissensverteilung bei einer hohen Anzahl von an der Rückführung beteiligten Personen methodisch unterstützt werden muss.

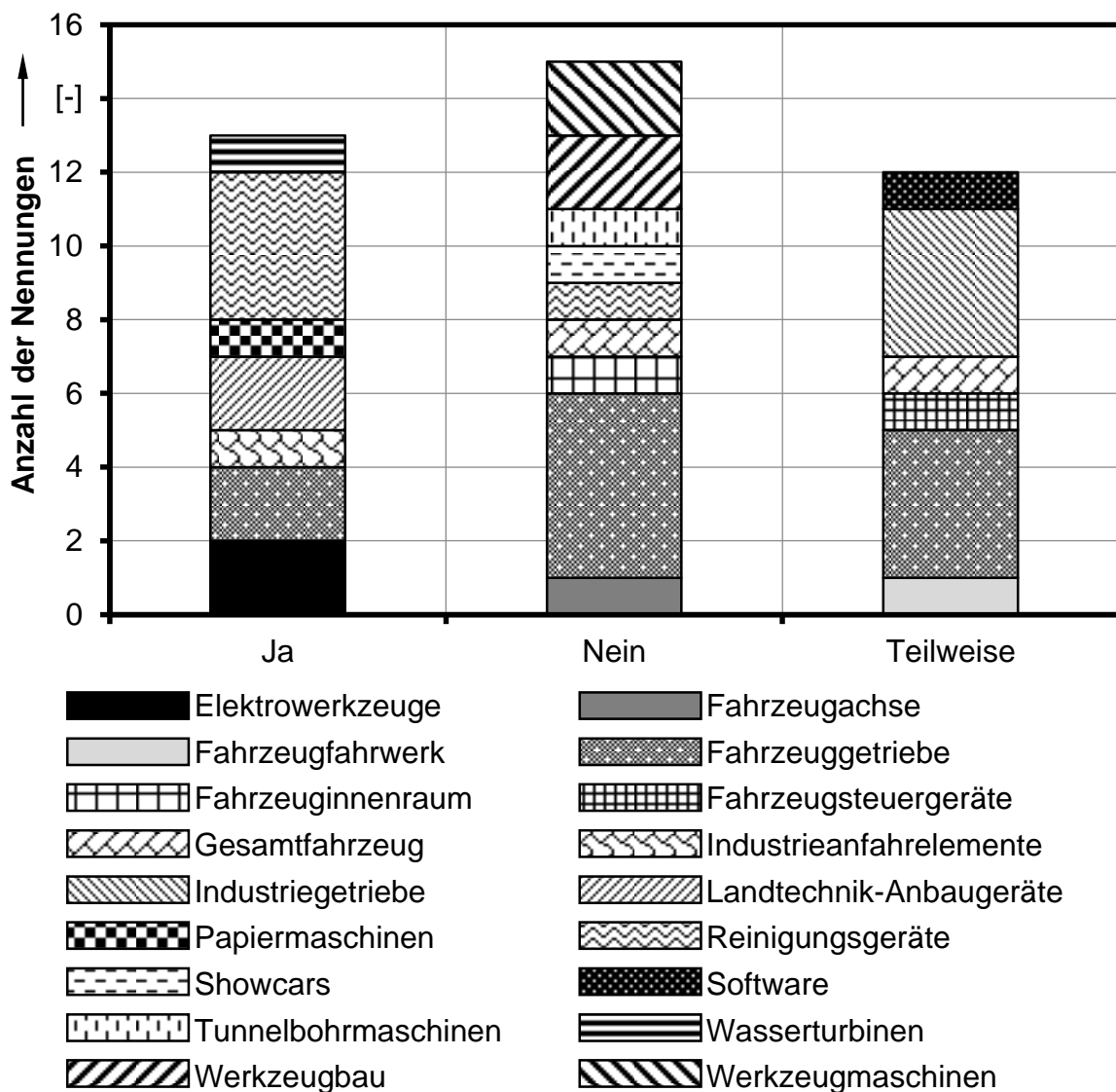


Bild 4.2: Wird Erprobungswissen ausreichend genutzt? (N = 40) [KARTHAUS14A, S. 24]

Die Einschätzung der bei der Rückführung von Erprobungswissen auftretenden Probleme und Herausforderungen zur Beantwortung der nächsten Forschungsfrage wird in Bild 4.3 visualisiert. Die dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf die Personen, die mit „Nein“ (15) oder „Teilweise“ (12) geantwortet haben. Mehrfachnennungen waren möglich.

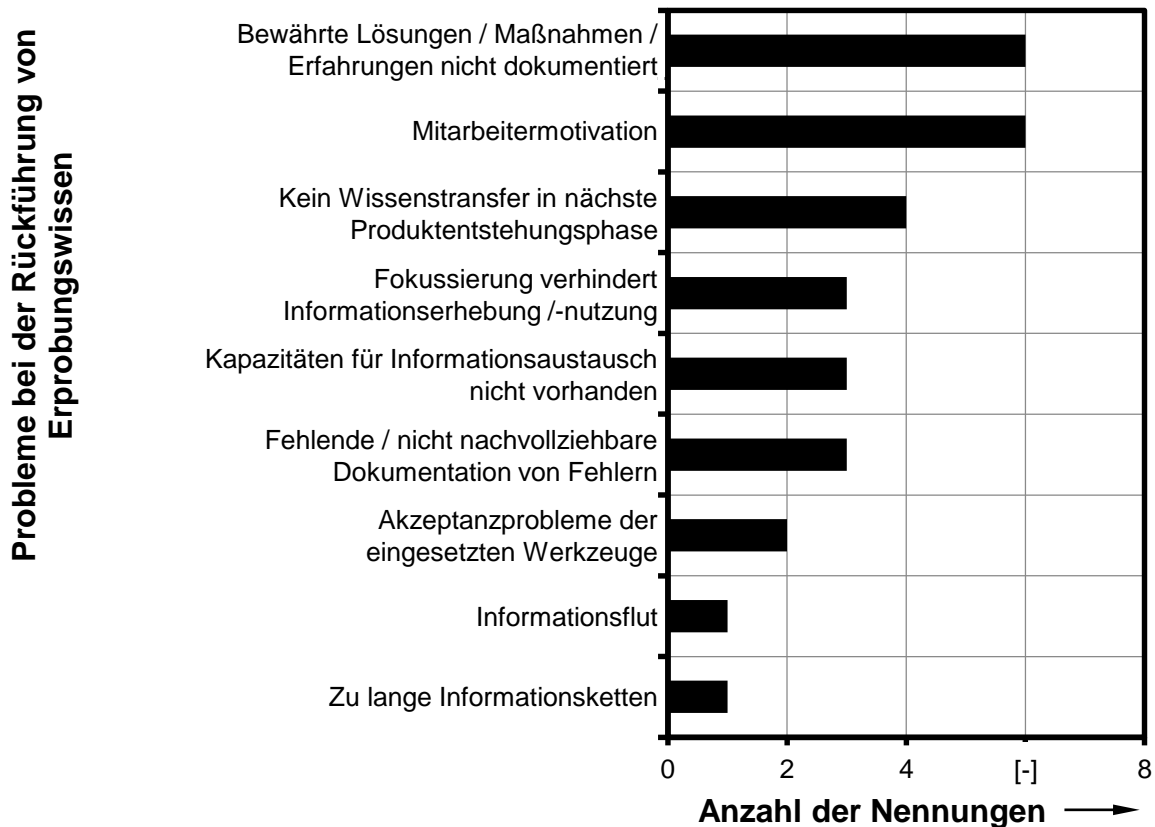


Bild 4.3: Rangfolge der Probleme/Ursachen/Einflussfaktoren für nicht ausreichende Nutzung und mangelnde Rückführung von Erprobungswissen (N = 27; Mehrfachnennungen waren möglich) (in Anlehnung an [KARTHAUS14A, S. 257])

Der von den Befragten mit am häufigsten genannte Aspekt für Schwierigkeiten bei der Rückführung und Nutzung von Erprobungswissen ist, dass bewährte Lösungen, Maßnahmen und Erfahrungen sowohl in Projekten als auch projektübergreifend nicht ausreichend oder nicht systematisch dokumentiert werden. Der gleich häufig genannte zweite Aspekt ist die fehlende Motivation der Mitarbeiter, zu kommunizieren und zu dokumentieren, sowie die Bereitschaft, Wissen weiterzugeben. Dass Wissen vielfach nicht in die nächste Phase transferiert wird, deckt sich mit den Vermutungen aus Kapitel 4.1. Den Wissenstransfer beeinträchtigt auch, dass durch den Fokus auf ein bestimmtes Bauteil die Informationen über die Peripherieteile der Erprobung verloren gehen; so werden z. B.

bei Dauererprobung des Triebstrangs kaum Daten über den Motor aufgezeichnet, da das verwendete Lastkollektiv für den Motor nicht repräsentativ ist (siehe Kapitel 2.6.3).

Ob erkannte Fehler in neuen Projekten oder innerhalb des Projekts wieder gemacht werden bzw. erneut oder vermehrt auftreten, ist eine mögliche Folge von nicht ausreichender oder ineffektiver Wissensnutzung. Diese Hypothese führt zu der weiteren Forschungsfrage „Sind Fehlerwiederholungen eine mögliche Folge von nicht ausreichender Wissensnutzung?“, auf welche 24 Personen mit „Ja“ und fünf mit „Nein“ antworteten. Somit bestätigt sich die Hypothese, dass eine Konsequenz von ineffektiver Wissensnutzung die Wiederholung von Fehlern ist. Das betrifft sowohl die Anzahl der Wiederholungen gleicher Fehler als auch die Anzahl der unterschiedlichen sich wiederholenden Fehler [KARTHAUS14A, S. 27].

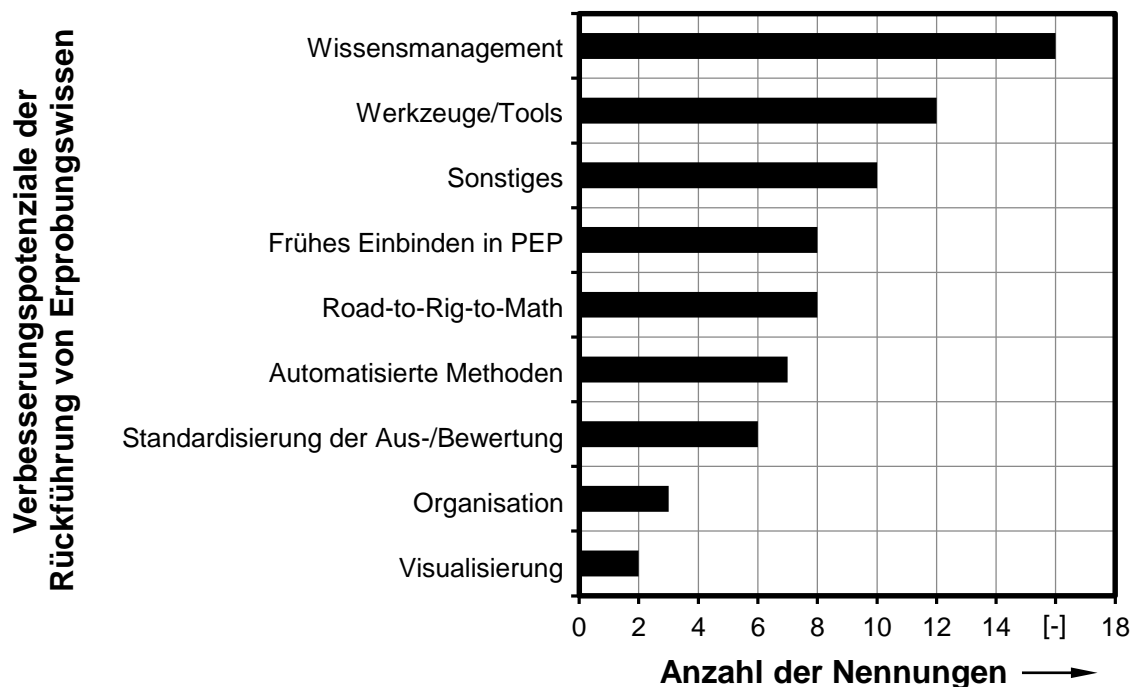


Bild 4.4: Rangfolge der Potenziale für eine effizientere Zusammenarbeit zwischen Erprobung und Konstruktion (N = 40; Mehrfachnennungen waren möglich) [KARTHAUS14A, S. 258].

Weiterhin war als Forschungsfrage zu klären, welche Verbesserungspotenziale bei der Rückführung von Erprobungswissen für eine effizientere Produktentwicklung bestehen. Die Ergebnisse sind in Bild 4.4 zu finden; Mehrfachnennungen waren möglich, die Antworten der Befragten wurden kategorisiert. Die Ergebnisse zeigen, dass aus Sicht

der Industrie Methoden des Wissensmanagements dazu geeignet sind, die aufgezeigten Probleme zu lösen. Allerdings sind Wissensmanagement-Tools und WM-Methoden nicht weit verbreitet [KARTHAUS15A, S. 18 ff.]. Das lässt auf Hemmnisse bei der Einführung und Auswahl von WM-Methoden zur Verbesserung der Wissensnutzung in der Industrie schließen. Aus der Studie lässt sich ableiten, dass die Praktikabilität und die firmenspezifische Anpassung von WM-Methoden diese Hemmnisse verursachen [KARTHAUS15A, S. 28 f.]. Im vorliegenden Fall wurden konkreten WM-Werkzeugen, in der Regel Softwareprogrammen, Potenziale zur Verbesserung der Rückführung von Erprobungswissen zugesprochen. Unter den konkreter benannten Potenzialen in Bild 4.4 (frühes Einbinden in den PEP, Road-to-Rig-to-Math, automatisierte Methoden, Standardisierung) wird speziell das Potenzial für automatisierte Methoden zur Berichterstellung (insgesamt sieben Nennungen) im Bereich der Fahrzeuggetriebe (vier Nennungen) mehrheitlich genannt.

Für die weitere Arbeit besonders relevant ist die Aufteilung der eingesetzten Werkzeuge auf die vier Aktivitäten des Wissensmanagements: Wissenserzeugung, Wissensspeicherung, Wissensverteilung und Wissensanwendung. Welche Werkzeuge genutzt werden, um die Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung zu unterstützen, wird in der Studie ausführlich diskutiert (vgl. [KARTHAUS15A, S. 17 ff.]).

Für die Wissenserzeugung und -anwendung werden Versuchsberichte überwiegend mit Officeanwendungen erstellt, wobei in einigen Fällen selbstentwickelte, teilweise auch webbasierte Systeme verwendet werden. In vielen Fällen erfolgt diese Dokumentation nicht automatisiert [KARTHAUS15A, S. 19 f.]. Die Wissensspeicherung erfolgt hauptsächlich mit eigens entwickelten Datenbanksystemen. Semantische Verknüpfungen erfolgen seltener, üblich sind Kategorisierungen der Datenbankeinträge [KARTHAUS15A, S. 19 f.]. Die Wissensverteilung basiert überwiegend auf direkter und persönlicher Kommunikation in Form von Besprechungen und Regelkommunikationen. Zuvor werden meist erste Informationen und Unterlagen per E-Mail, Telefon oder SMS übermittelt. Die räumliche Nähe wird bei allen Befragten, bei denen Prüffeld und Entwicklung örtlich nahe beieinander liegen, als großer Vorteil hervorgehoben. Es zeigt sich, dass ein definierter Prozess zur Rückführung noch kein Garant für eine verbesserte Wissensrückführung ist [KARTHAUS15A, S. 17 f.].

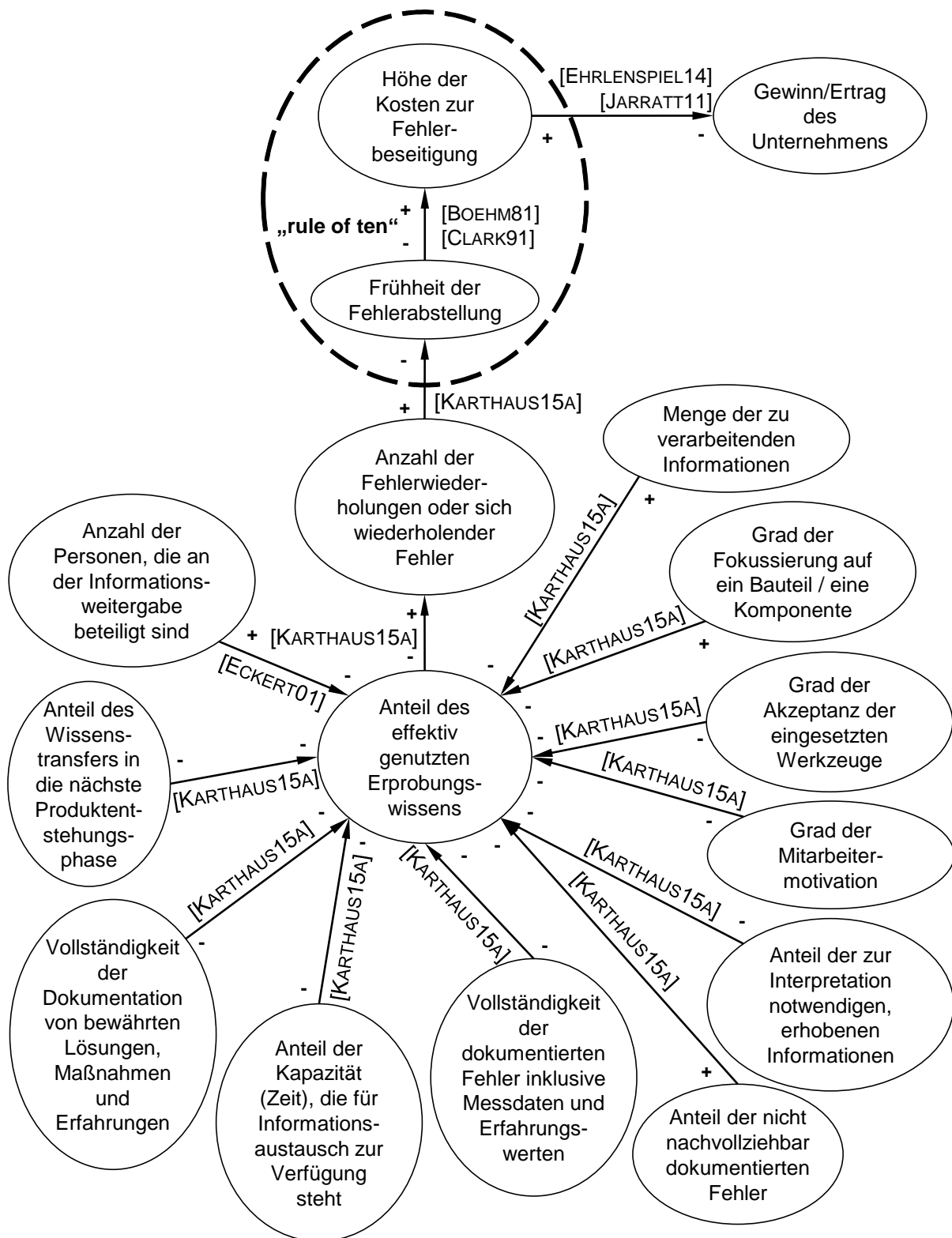


Bild 4.5: Ist-Zustandsbeschreibung der Rückführung von Erprobungswissen mittels Referenzmodell [KARTHAUS15A, S. 33]

Auf Basis der Studie von Karthaus et. al [KARTHAUS15A] wurde das Referenzmodell (siehe Bild 4.5) entwickelt – als ein Modell von kausalen Zusammenhängen zur Problem-
beschreibung der Ist-Situation in der Produktentwicklung [BLESSING09, S. 20 ff.].

Die Auswirkung der Änderung eines Faktors auf den nächsten Faktor wird innerhalb des Modells mit „+“ bei steigender und „-“ bei sinkender Beeinflussung dargestellt. Diese Beeinflussung bezieht sich auf das Attribut des jeweiligen Faktors (z. B. Anzahl, Anteil, Vollständigkeit etc.). Beispielsweise führt ein geringerer Grad an Mitarbeitermotivation zu einem sinkenden Anteil an effektiv genutztem Erprobungswissen.

Da nach den Ursachen einer nicht ausreichenden oder ineffektiven Wissensnutzung gefragt wurde, sind Beeinflussungen auf den Anteil des effektiv genutzten Erprobungswissens mit einem Minuszeichen dargestellt. Eine Erkenntnis aus der Studie [KARTHAUS15A, S. 31 ff.] ist der Zusammenhang zwischen nicht ausreichend genutztem Erprobungswissen und der daraus resultierenden Folge von Fehlerwiederholungen. Diese Folge der Fehlerwiederholung wird über die „rule of ten“ oder „Zehnerregel“ mit dem Unternehmenserfolg in Bezug gebracht (siehe Bild 4.5): Je später im Produktentstehungsprozess Fehler entdeckt werden, desto höher sind die Kosten für notwendige Änderungen, um den Fehler zu beheben (siehe z. B. [EHRLENSPIEL13, S. 142 f.]). Die theoretische Herleitung des Zusammenhangs zwischen „Frühheit der Fehlerabstellung“ und „Kosten der Fehlerbeseitigung“ ist in der Studie [KARTHAUS15A, S. 33 ff.] ausführlich dargestellt. Der Zusammenhang zwischen der Anzahl der Fehlerwiederholungen und deren Kosten ist somit erklärbar: Die Anzahl der Fehlerwiederholung wirkt sich auf die „Frühheit“ (siehe Bild 4.5) der Abstellung aus. Auch die steigende Anzahl von unterschiedlichen, z. B. parallel auftretenden Fehlern wirkt sich auf die „Frühheit“ der Fehlerabstellung auf, da die Kapazitäten der Mitarbeiter begrenzt sind und die Fehler dann sequenziell abgestellt werden. Damit verschiebt sich bei einigen Fehlern der Zeitpunkt der Fehlerabstellung.

Die kausalen Zusammenhänge zwischen den Einflussfaktoren und der Anzahl der Fehler sowie den Auswirkungen entdeckter Fehler als Teil des Erprobungswissens können mit dem Referenzmodell beschrieben werden. Eine wesentliche Forderung aus der Analyse des Stands der Technik ist damit erfüllt. Dieses Referenzmodell bildet einen qualitativen Teil für das geforderte Verständnis über den Problembereich. Dieses Verständnis wird durch quantitative Untersuchungen in den nächsten Kapiteln unterstützt.

Ein Schwerpunkt bei den Aussagen zum Erprobungswissen (siehe Tabelle 4.3, S. 82) war der Zweck, Fehler durch die Erprobung zu entdecken. Dieser Zweck wird bei der Rückführung von Erprobungswissen im Rahmen dieser Arbeit fokussiert. Die wesentlichen Schlussfolgerungen dieser Studie sind in Anhang A.13 nochmals zusammen-

fassend dargestellt. Die Herausforderung ist, in einem Unternehmen die jeweiligen im Referenzmodell (Bild 4.5, S. 87) dargestellten Situationen bzw. Probleme zu erkennen und systematisch Methoden zu deren Lösung auszuwählen. Diese Methoden sind unternehmensspezifisch anzupassen; wenn nötig, sind Unterstützungswerkzeuge/Tools zu entwickeln. In den folgenden Kapiteln werden, mittels weiterer Studien, diese Situationen systematisch bei einem Partner aus der industriellen Praxis herausgearbeitet.

4.3 Effektivität der Fehlerdokumentation in der Pkw-Triebstrangerprobung

Eine Studie zur Situationsanalyse der Fehlerdokumentation [AKKAYA12] zeigt auf, wie ein Aspekt der Effektivität bei der Rückführung von Erprobungswissen bewertet werden kann. Dazu wurden in der industriellen Praxis eingesetzte Datenbanken analysiert und quantitativ ausgewertet. Details zur Methodenbeschreibung gibt Akkaya [AKKAYA12, S. 45 ff.]. Die untersuchten Prüfstandabschaltungen (vgl. Kapitel 2.6.4) und Fehlereinträge wurden nach dem Schema in Bild 4.6 kategorisiert.

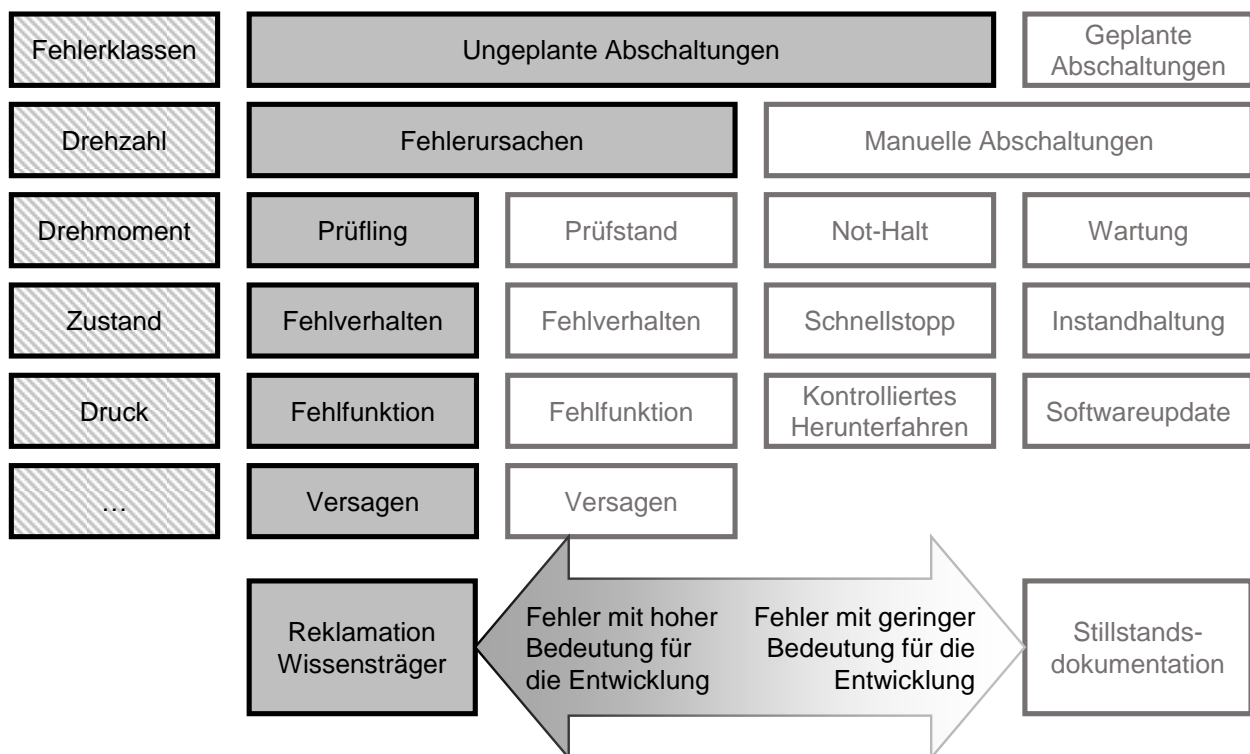


Bild 4.6: Kategorisierung Abschaltungen [SCHENK12, S. 434]

Die auftretenden Grenzwertüberschreitungen und Abschaltungen werden in Fehlerklassen eingeteilt (siehe [AKKAYA12, S. 49 ff.]). Diese Klassen ergeben sich anhand der physikalischen Größe, aufgrund derer die Abschaltung erfolgt: Signale mit gleichen Einheiten

werden in einer Klasse zusammengefasst. Ergänzt wird diese Systematik mit der Klasse der „nicht eindeutig dokumentierten Fehler“. Hierbei handelt es sich um Fehlerbeschreibungen und Datenbankeinträge, „bei denen die Zuordnung zu einer der genannten Klassen nur mit größtem Aufwand und unter Einbeziehung von Fachpersonal erfolgen kann“ [SCHENK12, S. 435]. Die Fehlerklassen werden weiter in Fehlerarten (in Bild 4.6 nicht dargestellt) unterteilt [AKKAYA12, S. 57 ff.]; so kann z. B. die Fehlerklasse Drehzahl untergliedert werden in Überdrehzahl, Unterdrehzahl, Differenzdrehzahl etc. Die für die Entwicklung relevanten Fehler/Reklamationen sind Abschaltungen, deren Ursache vornehmlich auf den Prüfling zurückgehen (siehe Bild 4.6). Die Aufteilung der Fehler/Abschaltungen auf die Fehlerklassen wird in Bild 4.7 dargestellt, geplante Abschaltungen (siehe Bild 4.6) sind nicht enthalten. Zum Zeitpunkt der Studie zeigt sich, dass 18 % der Fehler nicht nachvollziehbar dokumentiert waren [SCHENK12, S. 436].

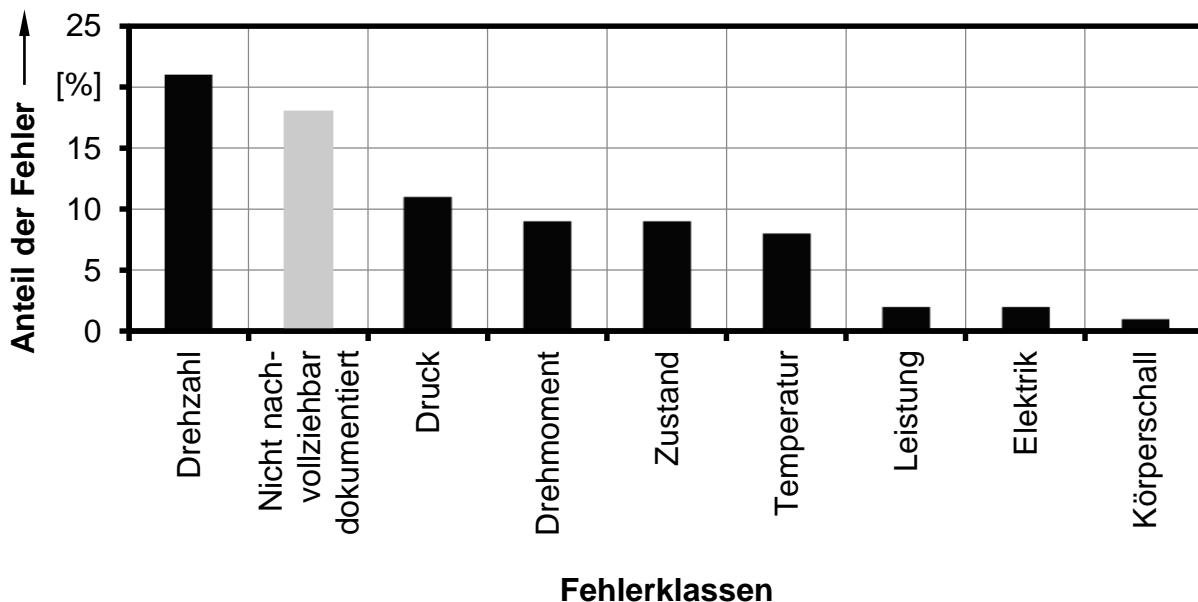


Bild 4.7: Anteil der nicht nachvollziehbar dokumentierten Fehler [SCHENK12, S. 436]

Der Anteil von nicht nachvollziehbar dokumentierten Fehlern hat Einfluss auf die Effektivität bei der Rückführung von Erprobungswissen (siehe Bild 4.5, S. 87) und dient als Kennzahl. Die Auswirkungen auf die Effektivität können in diesem Fall nicht quantitativ beschrieben werden, doch im Referenzmodell besteht ein qualitativer Zusammenhang (siehe Bild 4.5). Gehört einer dieser Fehler, die nicht nachvollziehbar dokumentiert werden, zu den Fehlern des Prüflings mit hoher Bedeutung für die Entwicklung (vgl. Bild 4.6), kann er erst in einer späteren Phase behoben werden. Hier ergibt sich ein Effektivitätspotenzial. Die Methode von Akkaya [AKKAYA12] wurde auf zwei Beispiele mit jeweils zwei vergleichbaren kundennahen Dauerläufen (also in Summe vier Dauerläufe) angewendet.

Bei diesem Vergleich wurden die Sollwert-Vorgabearten „Bandvorgabe“ und „Onlinesimulation“ (siehe Kapitel 2.6.3) mit baugleichen Antriebssträngen getestet; die Details des Vergleichs (auch den Chargeneinfluss (Reifegradentwicklung des Prüflings) aus Bild 4.8) dokumentierten Schenk et al. [SCHENK12, S. 437 f.]. Festgestellt werden konnte durch den Einsatz der Onlinesimulation sowohl eine Reduktion der Abschaltungen (um 63,3 % bei Dauerlaufpaar 1, um 57,9 % bei Dauerlaufpaar 2; vgl. Bild 4.8 links) als auch (dadurch bedingt) eine der Stillstandzeiten (7,3 % bei Dauerlaufpaar 1, 35,1 % bei Dauerlaufpaar 2; vgl. Bild 4.8 rechts). Die Anzahl der Abschaltungen hat demnach direkten Einfluss auf die Stillstandzeit des Prüfstands, und zwar sowohl über die Anzahl der Fehler als auch deren Dokumentation. Nicht nachvollziehbar dokumentierte Fehler kosten Prüfstandlaufzeit und bringen für die Produktentwicklung keinen Fortschritt. Grund für die Reduktion der Abschaltungen durch die Onlinesimulation ist die Drehmomentrückführung des Prüflings (vgl. Bild 2.18, S. 56) und daraus resultierend eine optimierte Vorgabe der Sollwerte, (vgl. [SCHENK12, S. 433 ff.]). Die Reduktion von Abschaltungen entspricht einer Effektivitätssteigerung, die Reduktion von Stillstandzeiten einer Effizienzsteigerung. Die Effizienz bei der Fehleranalyse wird im nächsten Kapitel detaillierter untersucht.

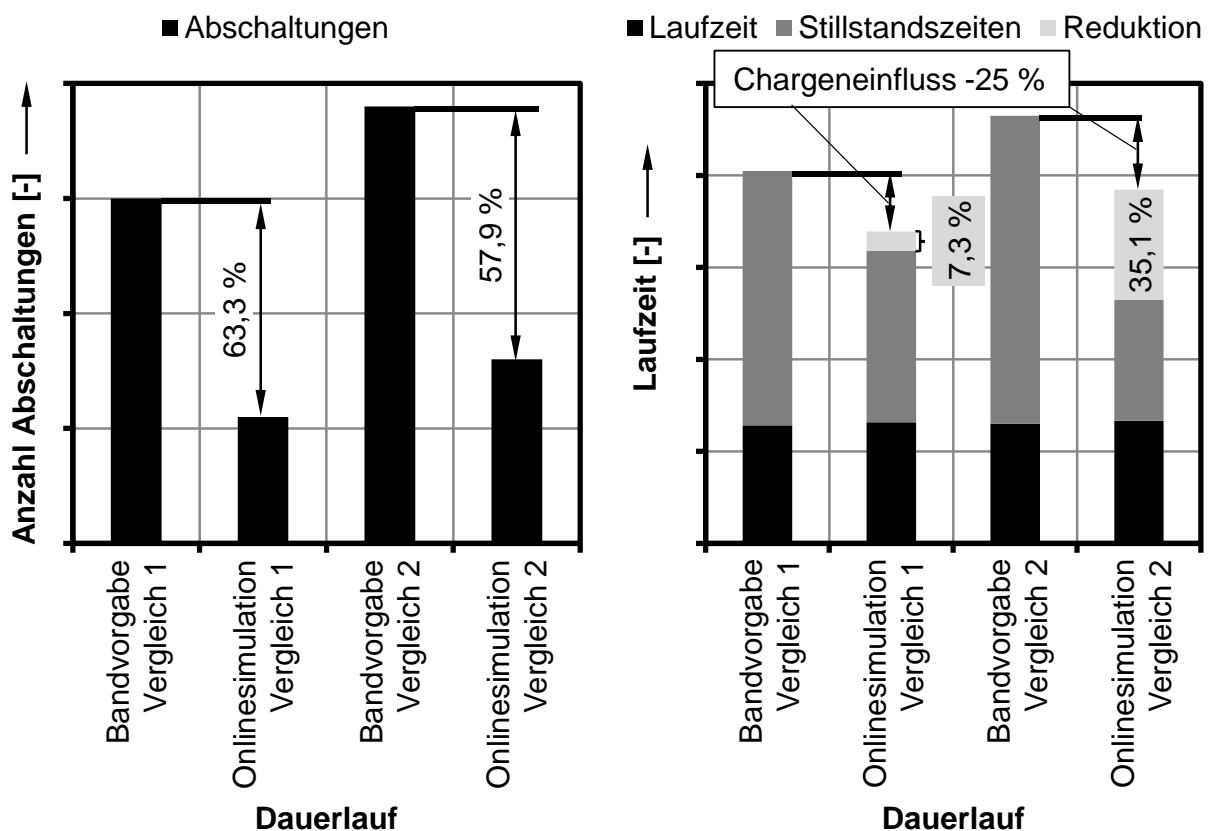


Bild 4.8: Vergleich Prüfstandlaufzeiten und Anzahl Abschaltungen [SCHENK12, S. 439]

4.4 Effizienz der Fehleranalyse innerhalb der Pkw-Triebstrangerprobung

Die quantitative Studie zur Effizienz bei der Fehleranalyse in der industriellen Praxis ist vollumfänglich bei Gruber [GRUBER14] beschrieben. Untersucht wurde darin die Kommunikation zwischen Prüfstandbedienpersonal, Versuchingenieuren und Produktentwicklern im konkreten Fall des „Powertrain-Prüffelds“ von Mercedes-Benz in Untertürkheim. Befragt wurden fünf von sieben möglichen Versuchingenieuren als Probanden innerhalb einer Woche mittels standardisiertem Fragebogen. Betrachtet wurden die Gesprächsdauer, -partner, -initiatoren, die Art der Kommunikation und die ausgetauschten Informationen, um die Effizienz der Kommunikation zu untersuchen. Die befragten Versuchingenieure waren zum Zeitpunkt der Befragung für den Betrieb von Pkw-Dauerlaufprüfständen mit dem Gesamtriebstrang als Erprobungsobjekt verantwortlich. Die Ergebnisse sind im Untersuchungsraum als repräsentativ anzusehen, ihre Übertragung auf vergleichbare Anwendungen ist aber nicht zulässig. In Bild 4.9 ist zu erkennen, dass die Fehlerbearbeitung einen großen Teil der täglichen Arbeitszeit ausmacht, im arithmetischen Mittel ca. 40 % (Fehleranalyse ca. 25 %, Fehlerdokumentation ca. 15%).

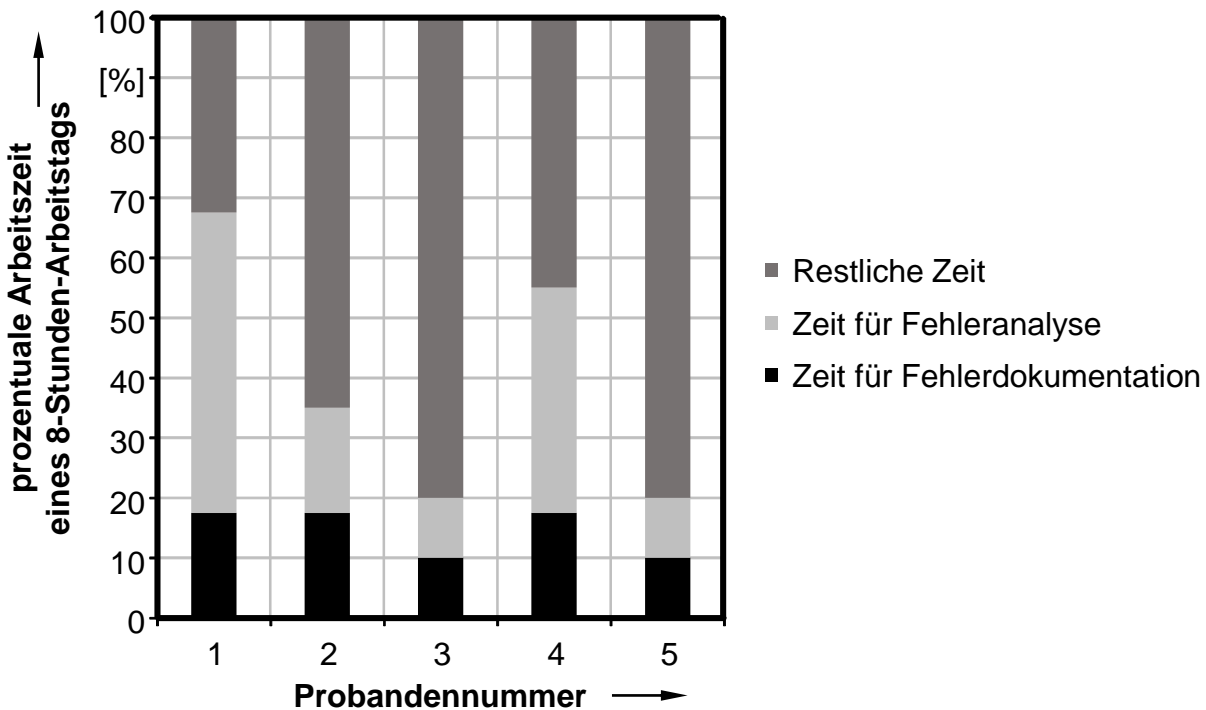


Bild 4.9: Arbeitszeitaufteilung für Fehleranalyse und Fehlerdokumentation (nach [GRUBER14, S. 35 ff.] und [KARTHAUS15B, S. 7])

Fehleranalyse und -dokumentation sind somit ein wesentlicher Teil der Arbeit von Versuchingenieuren. Bei der Kommunikation von Fehlern an die Entwicklungsabteilung haben alle Probanden Messsignalgrafiken genutzt. Das Erstellen von Messsignalgrafiken für einen Fehlerbericht ist eine zeitaufwendige Arbeit und birgt vor allem für unerfahrene Versuchingenieure Hürden, da deren Erstellung in vier Schritten erfolgt (vgl. [GRUBER14, S. 31 ff.]): Analyse der Fehlermeldung des Prüfstands; Auswahl der Messdatei, welche die Fehlersituation beinhaltet; Auswahl aller relevanten Messsignale und Bestimmung des Fehlerzeitpunkts; Grafikerstellung.

Da dieses Prozedere manuell ausgeführt wird, kommt es zu den zuvor beschriebenen „nicht eindeutig dokumentierten Fehlern“ [GRUBER14, S. 33 f.]. Die Dauer der Fehleranalyse hat dabei direkten Einfluss auf die Dauer der Stillstandzeiten des Prüfstands, da eine Fehlerreaktion erst nach Abschluss der Fehleranalyse erfolgen kann (siehe Kapitel 2.6.4). Die Fehlerdokumentation kann im optimalen Fall parallel zum Prüfbetrieb erfolgen und hat dann keinen Einfluss auf die Prüfstandlaufzeit, bindet aber die Kapazität des Versuchingenieurs. Hier Verbesserungen zu entwickeln und zu evaluieren, ist ein Ziel der zu entwickelnden Unterstützung.

Die Studie zeigt auf, dass einzelne Aspekte der Fehleranalyse bewertbar sind, z. B. deren Dauer. Sie ist damit eine mögliche Kennzahl für die Effizienz. Ist es möglich, die aufgewendete Zeit für die Fehleranalyse und die -dokumentation zu senken, kann ein Beitrag zur Steigerung der Effizienz geleistet werden.

Dombrowski [DOMBROWSKI15, S. 9] teilt Tätigkeiten in die Kategorien „wertschöpfende Tätigkeit“, „nicht wertschöpfende, aber notwendige Tätigkeit“ und „nicht wertschöpfende Tätigkeit (Verschwendung)“ ein. Ziel ist, zur Effizienz- und Effektivitätssteigerung in der Produktentstehung den Anteil wertschöpfender Tätigkeiten zu erhöhen, den der nicht wertschöpfenden, aber notwendigen Tätigkeiten zu reduzieren und die Verschwendung zu eliminieren [DOMBROWSKI15, S. 9 f.]. Die Dokumentation wird dabei als wertschöpfende Tätigkeit angesehen werden [DIN EN ISO 9000 2005, S. 13], auch wenn sie häufig als „lästige Pflicht“ empfunden wird [WIRTZ01, S. 11]; gemäß Dombrowski ist die Dokumentation als notwendige, nicht wertschöpfende Tätigkeit zu betrachten. Daher gilt es, Maßnahmen zu ergreifen, die den Anteil der Dokumentation an der Arbeit des Versuchingenieurs reduzieren (ohne die Qualität der Dokumentation zu mindern). Das führt gleichzeitig dazu, dass dem Versuchingenieur wieder mehr Zeit für wertschöpfende Arbeiten zur Verfügung steht. Die Analyse von Fehlern wird in diesem Sinne als wertschöpfende Tätigkeit betrachtet: Wenn der Fehler durch Maßnahmen auf Basis der

Fehleranalyse abgestellt ist, ist das eine deutliche Wertsteigerung des Produkts und der Kunde ist bereit, dafür zu bezahlen. Dies ist ein Kriterium für wertschöpfende Arbeiten [DOMBROWSKI15, S. 9 ff.].

An der Kommunikation sind im konkreten Fehlerfall mehrere Personengruppen beteiligt. Die mit dem Versuchsingenieur kommunizierenden Personen und die Arten der Kommunikation sind in Bild 4.10 dargestellt. Dieses Bild entstand anhand der Fragebögen: Es wurde untersucht, auf welche Art die Kommunikation zwischen den betroffenen Personen erfolgt (vgl. [GRUBER14, S. 45 ff.]).

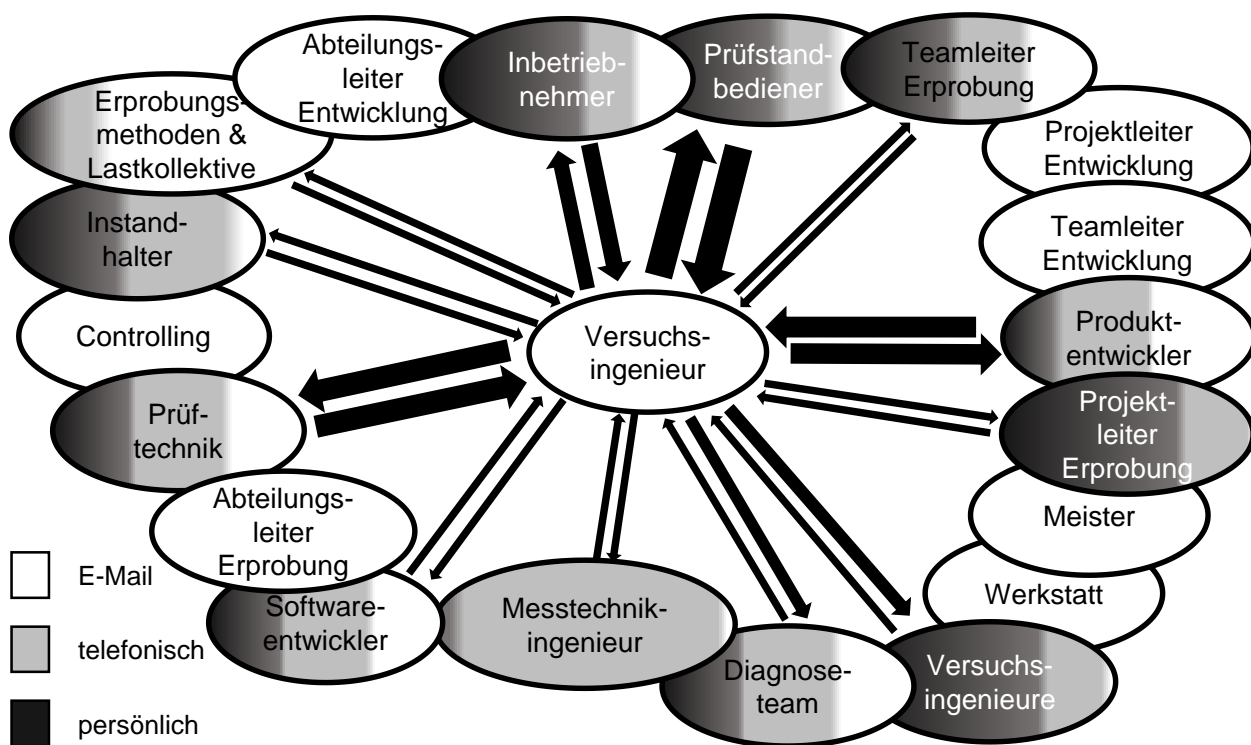


Bild 4.10: Informationswege zu Kommunikationspartnern und dazugehörige -arten im Fehlerfall [GRUBER14, S. 47].

Die Dicke der Pfeile gibt die Häufigkeit der Kontakte an, die Pfeilrichtung, wer Initiator und wer Ziel der Kommunikation war. Es ist ersichtlich, dass viel auf persönlicher Ebene kommuniziert wird – vor allem zwischen den Personen, die im Erprobungsbereich (Prüfstandbediener, Versuchsingenieure, Instandhalter, ...) arbeiten. Im Fehlerfall kommuniziert der Versuchsingenieur am meisten mit den Bedienern des Prüfstands und den bauteilverantwortlichen Produktentwicklern. Erst bei mechanischen Schäden erweitert sich die Kommunikation um die Personengruppen der Prüftechnikverantwortlichen und Inbetriebnehmer. Prüftechnikverantwortliche kümmern sich beispielsweise um die Programmierung der Automatisierungstechnik. Inbetriebnehmer nehmen einen neuen

Antriebsstrang am Prüfstand in Betrieb, damit dieser voll funktionsfähig zur anstehenden Erprobung zur Verfügung steht. Zwischen einigen Bereichen wurde im Auswertungszeitraum scheinbar nicht kommuniziert. Das bedeutet nicht, dass keine Kommunikation stattgefunden hat, es wurde nur nicht über Fehler berichtet.

Es zeigt sich, dass umfangreich kommuniziert wird, um den Fehler zu analysieren und die Kenntnisse der Fehleranalyse zu verteilen. Die Information, welche Informationen zur Kommunikation genutzt werden, in Zusammenhang mit der Kenntnis, wer welche Informationen benötigt, ermöglichen im Verlauf der Arbeit einen Rückschluss, wie dieses explizite Wissen (z. B. in Form von Messsignalgrafiken) im Unternehmen verteilt werden muss, um Fehler zu beheben.

4.5 Fazit der Studien zur Rückführung von Erprobungswissen

Die drei empirischen Studien (Kapitel 4.2 bis 4.4) beschreiben modellhaft, wie der Ist-Zustand der Rückführung von Erprobungswissen in einem Unternehmen analysiert werden kann. Des Weiteren zeigen sie sowohl Handlungsfelder für Situationen in der industriellen Praxis als auch für die Forschung auf.

Das Referenzmodell gibt einen Überblick über qualitative Einflussfaktoren auf die effektive Nutzung von Erprobungswissen und ist aufgrund der Untersuchungsmethode und der Teilnehmer ein Spektrum über verschiedene Branchen der industriellen Praxis.

Die in Kapitel 4.3 und 4.4 vorgestellten Studien greifen zwei der Einflussfaktoren des Referenzmodells auf und untersuchen die Situationen „Anteil der nicht nachvollziehbar dokumentierten Fehler“ und „Anteil der Kapazität (Zeit), die für Informationsaustausch zur Verfügung steht“ quantitativ. Sie zeigen auf, dass Fehler nicht richtig dokumentiert werden, welche Auswirkungen Fehler am Prüfstand (z. B. Überdrehzahl des Verbrennungsmotors) haben, wie viel Zeit für die Fehleranalyse und deren Dokumentation benötigt wird und was mit wem kommuniziert wird.

Dieses Kapitel bildet mit den Grundlagen und Modellen aus Kapitel 3 und auf Basis des Stands der Technik das grundlegende Verständnis über den Problembereich der „Rückführung von Erprobungswissen“ (vgl. auch Bild 1.3, S. 11). Der Forschungsbedarf konnte durch die deskriptive Studie im Rahmen von Kapitel 4 gegenüber dem Kapitel Stand der Technik bestätigt und konkretisiert werden.

Ausgehend von diesem geschaffenen Verständnis werden die Ziele, Anforderungen und Ansätze an die geforderte Unterstützung – eine Methode zur Rückführung von Erprobungswissen – definiert.

5 Konzeption einer Methode zur Rückführung von Erprobungswissen

In diesem Kapitel sind folgende Forschungsfragen zu klären:

- Was sind die Ziele (Kapitel 5.1) einer Methode zur Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung und was sind deren Anforderungen (Kapitel 5.2)?
- Wie muss eine Methode zur Rückführung konzipiert sein, um den gestellten Anforderungen gerecht werden zu können? (Kapitel 5.3)

Diese Fragen werden als erster Teil der präskriptiven Studie auf Basis der vorangegangenen Ergebnisse beantwortet. Dieses Kapitel dient der Konzeption und somit der Hinführung und Vorbereitung der eigentlichen Methodenvorstellung.

5.1 Ziele für eine Methode zur Rückführung von Erprobungswissen

Ziele der Methode zur Verbesserung der Situation sind vor dem Hintergrund des Wissensmanagements zwischen Erprobung und Produktentwicklung im Allgemeinen die Unterstützung bei der:

- Analyse der Ausgangssituation bei der Rückführung von Erprobungswissen;
- Prozessgestaltung der Wissensrückführung;
- Auswahl von Wissensmanagementmethoden zur Verbesserung des Rückführungsprozesses;
- Entwicklung von Tools zur Optimierung der ausgewählten Methoden;
- Anwendung von und im Umgang mit Erprobungswissen;
- Einführung der ausgewählten Wissensmanagementmethoden und Tools in die industrielle Praxis.

Ziele, die durch die Anwendung der Methoden in der industriellen Praxis unterstützt werden sollen, sind (in Anlehnung an [KARTHAUS13B]):

- Effektivitätssteigerungen bei der Rückführung von Erprobungswissen;
- Effizienzsteigerungen bei der Rückführung von Erprobungswissen;
- Effizienzsteigerung der Erprobung;
- Optimierung des Erprobungsportfolios und der Erprobungsmethodik;
- Reduzierung von Erprobungs-/Entwicklungszeiten;
- stärkere wissensbasierte Verknüpfung von Erprobung und Produktentwicklung.

Konkrete Ziele im Speziellen, z. B. beim Evaluationspartner, sind (vgl. [KARTHAUS13B]):

- die Vermeidung von Fehlern zur Annäherung an eine realitätsnahe Erprobung;
- die Standardisierung der Dokumentation zur Erhöhung von Transparenz und Nachvollziehbarkeit;
- die Reduzierung von Stillstandzeiten zur Optimierung der Prüfabläufe;
- die effektive Nutzbarmachung von Erprobungswissen;
- die Erhöhung der effektiven Anwendbarkeit von Erfahrungswissen, Systemverständnis und Wissen über Fehler und Ursachen der Versuchsingenieure.

So soll durch die Methode ein Wandel im Umgang mit Fehlern erreicht werden (siehe Bild 5.1).

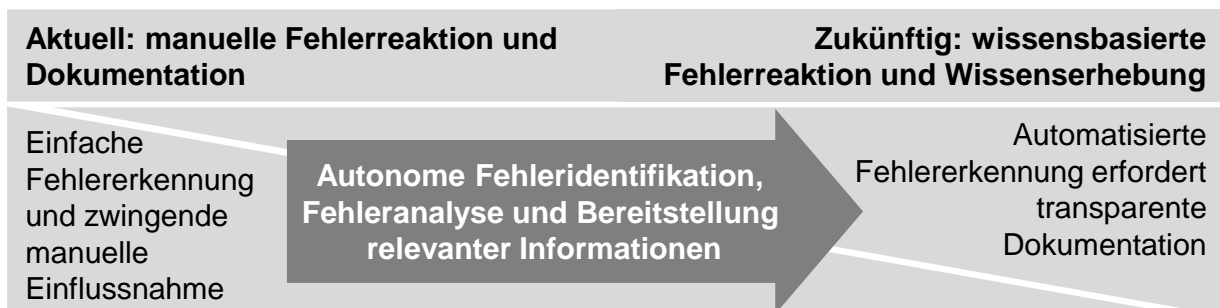


Bild 5.1: Wandel der Dokumentation durch autonomes Fehlerreaktionsverhalten [KARTHAUS13B, S. 8].

5.2 Anforderungen an die Methode

Aus den durchgeführten Untersuchungen (siehe Kapitel 4.1 bis 4.4) und der Literatur zu den Methoden und Methodenbaukästen in der Produktentwicklung (siehe Kapitel 2.5.8 und 2.5.9) sowie den Methoden im Wissensmanagement (siehe Kapitel 2.3.2) lassen sich die Anforderungen an eine Methode zur Rückführung von Erprobungswissen ableiten. Die Anforderungen an eine Methode sind dabei in die allgemeinen Anforderungsgruppen zu gliedern (vgl. [KELLER09] und Kapitel 2.5.8). Diese Vorgehensweise wird exemplarisch von Posner et al. [POSNER12, S. 540] beschrieben und ist auf den Anwendungsfall dieser Arbeit übertragbar. Das Verfahren wird gewählt, da die Anforderungsgruppen allgemeingültig sind und diese Methode etabliert ist.

Auf Basis der in Kapitel 4.2 vorgestellten Studie und der aus ihr resultierenden Schlussfolgerungen ergeben sich exemplarisch folgende zusätzlichen Anforderungen an Methodenbaukästen gegenüber dem Stand der Technik (vgl. Kapitel 2.5.8 und 2.5.9): Erarbeitung einer Klassifizierung der Methoden nach unterschiedlichen Aufwandsarten

und Verbesserung der situativen Auswahl von Methoden, insbesondere von Wissensmanagementmethoden. Gerade bei Wissensmanagementmethoden sind die Hürden zur Anwendung (vgl. Kapitel 4.1) vergleichsweise hoch. Daher ist die situative Auswahl von besonderer Bedeutung. Eine weitere Anforderung ist, dass die Methode die Effektivität und die Effizienz der eingeleiteten Maßnahmen bewertbar machen muss.

Für eine ganzheitliche, erfolgreiche Einführung in die industrielle Praxis ist es wichtig, dass die zu entwickelnde Unterstützung zur Rückführung des Erprobungswissens die Einführung der dazu ausgewählten Methoden fördert (vgl. Anhang A.13). Damit sind zwei Bereiche der zu entwickelnden Unterstützung wichtig, erstens die „beabsichtigte Unterstützung“ und zweitens die „tatsächliche Unterstützung“ (vgl. Begrifflichkeiten von [LINDEMANN12, S. 25]). Die beabsichtigte Unterstützung ist beispielsweise die Auswahl einer Wissensmanagementmethode, die eine Rückführung von Erprobungswissen ermöglicht. Die tatsächliche Unterstützung entspricht der konkreten Umsetzung der ausgewählten, beabsichtigten Unterstützung in den laufenden Betrieb eines Unternehmens.

Die Anforderungen sind in Anhang A.14, S. 203 zusammengetragen und werden im Rahmen der Evaluation und der Diskussion der Ergebnisse zum Vergleich herangezogen.

5.3 Ansatz für eine Unterstützung der Rückführung von Erprobungswissen

In diesem Kapitel wird ein Ansatz zur Konzeption einer Unterstützung der Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung vorgestellt, der in Kapitel 6 im Detail beschrieben wird. Dieser Ansatz ist eine Kombination zweier wesentlicher Prozesse, basierend auf den zuvor genannten Anforderungen:

1. Der Ansatz liefert einen allgemeinen Prozess zur Rückführung von Erprobungswissen als eigentliche Unterstützung. Um diesen Prozess in Unternehmen realisieren oder unterstützen zu können, werden Methoden benötigt. Diese Methoden, vornehmlich Methoden des Wissensmanagements, müssen zur Realisierung dieses Rückführungsprozesses und Wissenstransfers für alle Teilschritte des Prozesses ausgewählt werden können.
2. Zu diesem Ansatz gehört ein Prozess, um ausgewählte Methoden erfolgreich aus der Theorie in die industrielle Praxis zu überführen und anwendungsspezifische Werkzeuge zu entwickeln. Dieser zweite Prozess erscheint notwendig, um den eigentlichen Rückführungsprozess effektiv und effizient zu gestalten.

Diese beiden notwendigen grundlegenden Prozesse werden in den beiden folgenden Kapiteln näher betrachtet. Dabei muss der Ansatz eine Evaluation der realisierten Unterstützung im Unternehmen ermöglichen (vgl. Kapitel 6.7).

5.3.1 Grundsätzlicher Prozess zur Rückführung von Erprobungswissen

Der Prozess zur Rückführung von Erprobungswissen (siehe Bild 5.2) wurde erstmals von Karthaus et al. [KARTHAUS15A, S. 19] vorgestellt und beschrieben. Grundlage sind die vier Kernaktivitäten des Wissensmanagements (Wissen erzeugen, Wissen speichern, Wissen verteilen und Wissen anwenden) gemäß VDI-Richtlinie 5610 ([VDI 5610 2009]; vgl. Kapitel 2.3.1 und 2.5.5). Praktiker sehen vorrangig diese vier Aktivitäten als essenziell an (siehe [MERTINS09A, S. 18] und [HEISIG01, S. 114 ff.]).

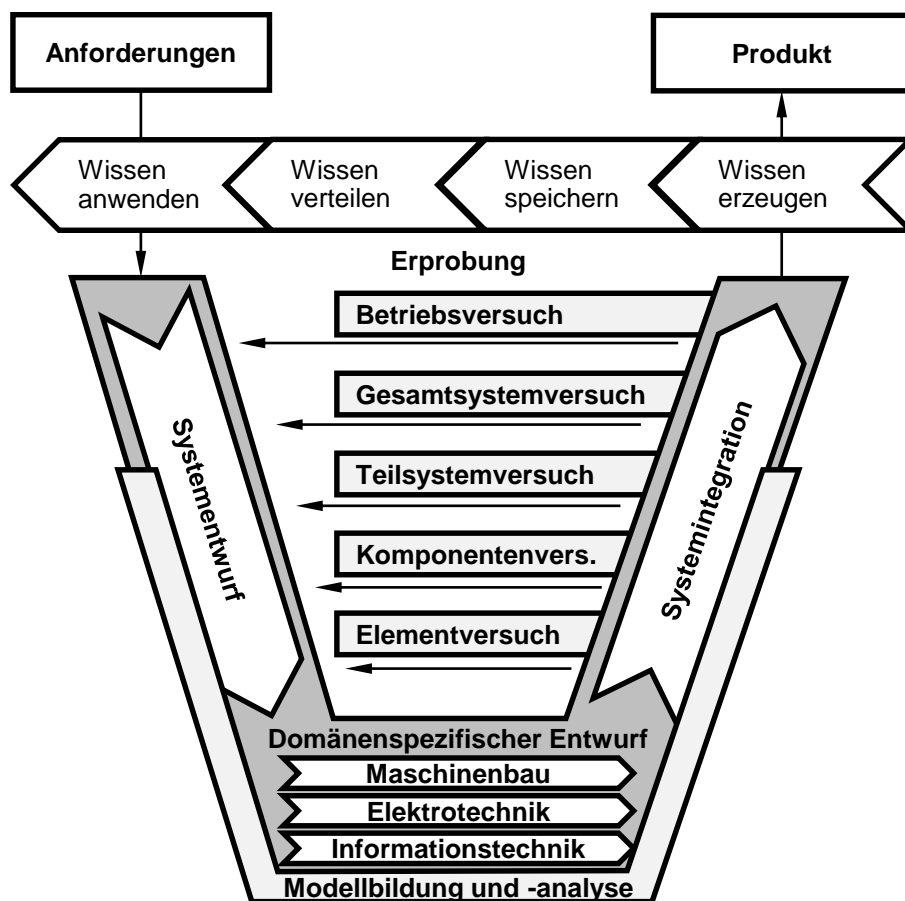


Bild 5.2: Prozess zur Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung (in Anlehnung an [KARTHAUS15A, S. 18 ff.] und [VDI 2206 2004])

Die Rückführung von Erprobungswissen gliedert sich in die vier Kernaktivitäten, da diese unmittelbar den Geschäftsprozess (siehe Bild 2.10, S. 28) der Produktentstehung betreffen. Der Rahmen oder, bildlich gesprochen, das Dach (siehe Bild 2.10, S. 28) bzw. die übrigen Aktivitäten müssen unternehmensseitig definiert werden. Dies hat zwar

Einfluss auf die Kernaktivitäten, z. B. auf die Strategie, aber es sind keine spezifischen Eigenschaften des Prozesses der Rückführung von Erprobungswissen betroffen, beispielsweise die Kommunikation von Fehlern. Einzig die Aktivität „Wissen identifizieren“ muss die beiden wesentlichen Arten der Wissenserzeugung aus der Erprobung (Ermittlung der Ist-Eigenschaften oder Fehleridentifikation) betrachten. Die Reihenfolge der Kernaktivitäten ergibt sich nach VDI-Richtlinie 5610 [VDI 5610 2009].

Werden diese vier Kernaktivitäten einem Produktentstehungszyklus zugeordnet, z. B. dem V-Modell ([VDI 2206 2004]), so entsteht exemplarisch Bild 5.2. Die Kernaktivitäten und der Prozess zur Rückführung von Erprobungswissen sollten sich auf andere Produktentstehungszyklen (z. B. [VDI 2221 1993, S. 8 ff.]) übertragen lassen. Im V-Modell sind beide Geschäftsprozesse, Produktentwicklung und Erprobung, enthalten: Insbesondere der abwärts gerichtete linke Schenkel des „V“ und der domänenspezifische Entwurf sind als Prozess der Produktentwicklung zu verstehen. Der rechte, aufwärtsgerichtete Schenkel entspricht dem Teilprozess der Erprobung. Das Wissen aus einem der eigentlichen Entwicklung nachgelagerten Prozess ist in die Produktentwicklung zurückzuführen (vgl. Bild 5.2 und Kapitel 2.5.1).

Damit ist der Prozess zur Rückführung von Erprobungswissen – unabhängig von der Zielsetzung der Erprobung oder des Wissenstyps – identifiziert. Die Eingangsgröße für diesen Prozess ist das Wissen, das während der Erprobung gemäß den beiden unterschiedlichen Arten der Wissenserzeugung (siehe Kapitel 3.2.1 und 3.2.2) entsteht. Die Ausgangsgröße des Prozesses ist im Fall des Wissenstransfers von Fehlern eine Abstellmaßnahme von Fehlern (vgl. Bild 3.8, S. 73). Welche Methoden dieser WM-Prozess nutzt, wird anhand des Methodenbaukastens (siehe Kapitel 6.3) verdeutlicht. Die Rollenverteilung zwischen Produktentwickler und Versuchsingenieur – die Zuordnung, wer welchen Prozessschritt des Rückführungsprozesses betreut –, muss abhängig von der Unternehmensstruktur entschieden werden. Eine allgemeine Empfehlung ist daher nicht möglich. Als praktikabel könnte sich erweisen, dass die Wissenserzeugung, die Wissensspeicherung und die Wissensverteilung vom Erprobungsbereich übernommen wird, während die Wissensanwendung im Produktentwicklungsbereich erfolgt.

Wie eine solche Methode zur Rückführung des Erprobungswisens in die Produktentwicklung als WM-Prozess in Unternehmen eingeführt werden kann, wird im folgenden Kapitel beschrieben.

5.3.2 Prozess zur Einführung einer Methode zur Rückführung von Erprobungswissen

Die Einführung eines Wissensmanagementprozesses mit seinen Methoden und Werkzeugen in ein Unternehmen oder dessen Optimierung ist selbst ein in mehreren Phasen ablaufender Prozess (siehe Bild 5.3 a). Im Rahmen dieser Arbeit werden die ersten beiden Phasen „Sensibilisierung“ und „Strategiedefinition“ nicht behandelt, da diese unternehmensinternen Aktivitäten von Unternehmenseigenschaften abhängen. Die Literatur bietet hier weiterführende Hinweise und Methoden (z. B. [VDI 5610 2009, S. 23 ff.]). Aufgrund der Fokussierung auf den Geschäftsprozess der Erprobung und das zugehörige Wissen muss keine Strategiedefinition erfolgen, da die strategische Ausrichtung bereits durch den Business Case gegeben ist. Andernfalls muss aus dem Schritt der Strategiedefinition klar sein, welches Wissen im Unternehmen Bestandteil der weiteren Untersuchung werden soll. Durch die Festlegung auf die Erprobung kann das Phasenmodell aus Bild 5.3 a) [VDI 5610 2009, S. 23 ff.] also um die Schritte „Sensibilisierung“ und „Strategiedefinition“ reduziert werden. Es entsteht (in Anlehnung an [PONN07, S. 147 ff.]) der Prozess in Bild 5.3 b). Die Prozessschritte sind begrifflich verschieden, aber inhaltlich ähnlich. Der Vergleich dieser beiden Prozesse ist für die Anwendung des Methodenbaukastens von Ponn [PONN07] von Bedeutung (siehe Kapitel 6.3 und 6.4).

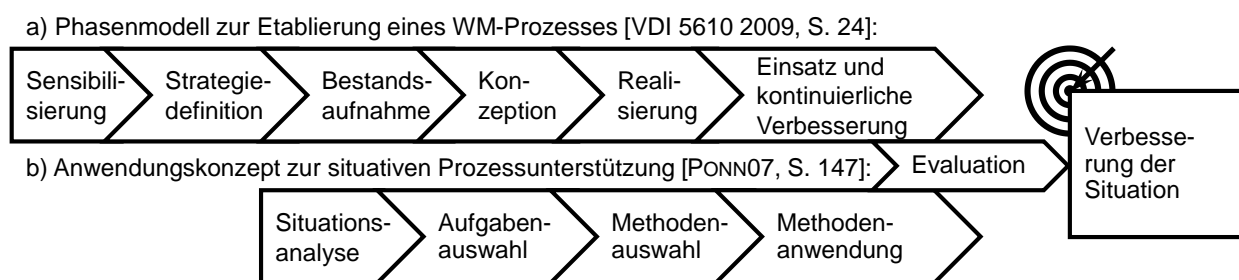


Bild 5.3: Modelle zur Einführung eines WM-Prozesses und Anwendungskonzept zur situativen Prozessunterstützung (nach [KARTHAUS15B, S. 3])

Im Schritt der *Bestandsaufnahme* erfolgt die *Situationsanalyse* (vgl. Kapitel 6.2) durch Aufnahme des Ist-Zustands im Umgang mit Wissen. Damit einhergehend werden die Bedarfe für Maßnahmen und Aufgaben bzw. Wissensaktivitäten ermittelt. In der Phase der *Konzeption* (vgl. Kapitel 6.3 und 6.4) erfolgt die Festlegung des Soll-Konzepts. Hier werden die zu ergreifenden Maßnahmen festgelegt sowie die WM-Aufgaben, WM-Methoden und WM-Werkzeuge ausgewählt; Ponn [PONN07, S. 147 ff.] teilt dies auf die

beiden Schritte „*Aufgabenauswahl*“ und „*Methodenauswahl*“ auf. Während der Phase der *Realisierung* bzw. der *Methodenanwendung* (vgl. Kapitel 6.5 und 6.6) werden die ausgewählten Methoden und Werkzeuge umgesetzt und in Prozesse des Unternehmens eingeführt. Diese Realisierungsphase wird durch Methoden des Projektmanagements und der Tool-Entwicklung unterstützt. Die Phase des *Einsatzes* und der *Methodenanwendung* ist geeignet, um die getroffenen Maßnahmen zu evaluieren und zu verbessern (vgl. Kapitel 6.7).

5.4 Fazit zum Konzept einer Methode zur Rückführung von Erprobungswissen

Kapitel 5 stellt zusammen mit dem folgenden Kapitel 6 den synthetischen Teil der präskriptiven Studie nach Bild 1.1, S. 8 dar. Dieses Kapitel leitet, ausgehend vom Aufbau eines Verständnisses für die Bedeutung der Rückführung von Erprobungswissen, über die Kenntnis der bestehenden Einflussfaktoren bis hin zur Entwicklung eines Referenzmodells auf Basis der Analyse empirischer Daten und der Literatur, über zur Entwicklung einer Methode zur Unterstützung der Wissensrückführung aus der Erprobung. Diese Überleitung erfolgt durch die Synthese von Erfahrungen, Ergebnissen, Literaturangaben und Erwartungen (vgl. Bild 1.2, S. 9).

Diese Erwartungen wurden als Anforderungen in der Anforderungsliste in Anhang A.14, festgehalten. Die Erkenntnisse aus der Literatur, z. B. in Bezug auf Wissensmanagementaktivitäten, wurden auf Anforderungen aus der industriellen Praxis hin zu einem grundlegenden Prozess für die Rückführung von Erprobungswissen konkretisiert und mit den möglichen Arten der Wissenserzeugung aus der Erprobung verknüpft.

Der Forderung nach einem Prozess zur Einführung von Wissensmanagementmethoden in den laufenden Betrieb konnte entsprochen werden, indem ein etablierter Prozess entsprechend modifiziert wurde. Im folgenden Kapitel wird die nächste Konkretisierungsstufe realisiert, indem den definierten Prozessschritten detaillierte Methoden zur Unterstützung zugeordnet werden.

6 Methode zur Rückführung von Erprobungswissen

Die entwickelte Methode beinhaltet Wissensmanagementmethoden, Evaluationsmethoden sowie Methoden zur Entwicklung von Wissensmanagementwerkzeugen und unterstützt die zuvor definierten Prozesse zur Rückführung von Erprobungswissen und zur Einführung von Wissensmanagementmethoden in die industrielle Praxis. Damit werden die zuvor definierten Prozesse kombiniert und die in Kapitel 5 vorgestellten Prozessschritte konkretisiert. Diesem Kapitel liegen diese Forschungsfragen zugrunde:

- Welche Methoden unterstützen die Rückführung von Erprobungswissen?
- Wie können zweckmäßige Wissensmanagementmethoden zur effektiven und effizienten Unterstützung der Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung praxisnah ausgewählt werden?
- Wie können Wissensmanagementwerkzeuge methodisch entwickelt werden?
- Welche Methoden sind geeignet, um Wissensmanagementmethoden zur Unterstützung der Rückführung von Erprobungswissen in Unternehmen einzuführen und zu evaluieren?

Ein wesentliches Ziel der in dieser Arbeit entwickelten Methode ist die systematische, praxisnahe Auswahl von Wissensmanagementmethoden zur Unterstützung der Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung im Prozessschritt der Konzeption. Die Methode selbst ist eine Vorgehensweise zur Erreichung dieses Ziels, einer Unterstützung der Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung.

6.1 Gesamtüberblick

Einen Überblick über die Unterstützung durch den Rückführungsprozess, den Prozess zur Einführung ins Unternehmen und die Methode zur Auswahl von WM-Methoden (in Anlehnung an die Vorgehensweise nach [VDI 5610 2009]) und damit über die Gliederung dieses Kapitels gibt Bild 6.1. Auf konkretere Ausführungen und Beispiele zu einzelnen Unterpunkten wird in Bild 6.1 verwiesen. Die Studien aus Kapitel 4 dienen der Situationsanalyse als Beispiel, weswegen hier ein Verweis auf vorherige Kapitel erfolgt.

Viele der WM-Konzepte, die in Kapitel 2.3 vorgestellt sind, verfolgen einen ganzheitlichen Ansatz. Die Einführung und Anwendung dieser Konzepte ist oft nur sinnvoll, wenn Unternehmen bestimmte Voraussetzungen erfüllen. Diese Voraussetzungen sind die abgeschlossenen Prozessschritte Sensibilisierung und Strategiedefinition (siehe [VDI 5610 2009, S. 23 ff.] oder [FINKE09, S. 24 ff.]; vgl. auch Kapitel 5.3.2; siehe Bild 6.1).

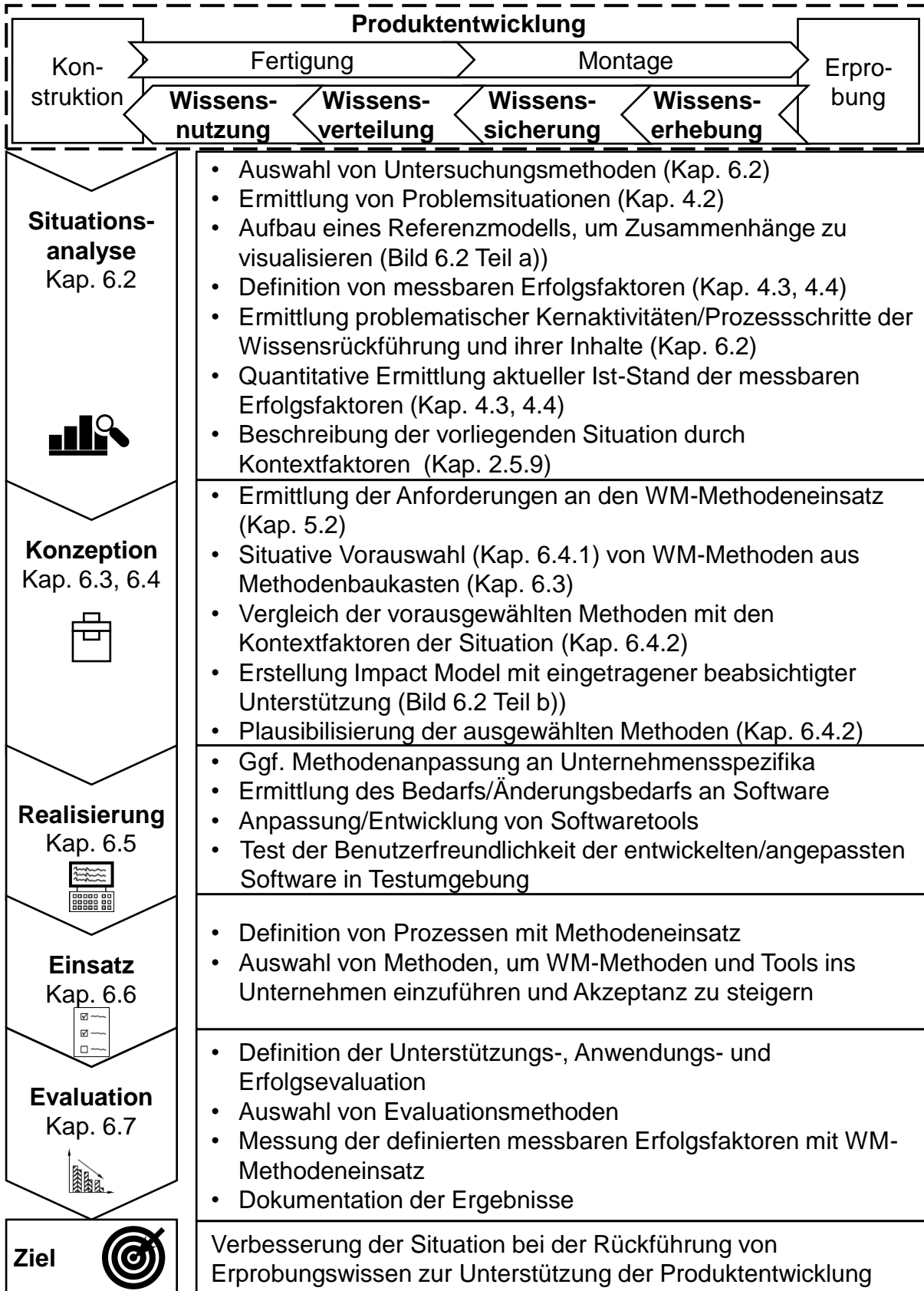


Bild 6.1: Überblick über die entwickelte Unterstützung sowie die Strukturierung des Kapitels 6

Dies gilt ebenso für die in diesem Kapitel vorgestellte ganzheitliche Methode der Wissensrückführung. Ziel ist, die Randbedingungen so zu gestalten, dass die eigentlichen Kernaktivitäten des Wissensmanagements störungsfrei ablaufen können (vgl. [HEISIG05, S. 65]). In Bild 6.1 sind die Hauptschritte links als Abfolge dargestellt, in der rechten Spalte sind detailliertere Arbeitsschritte zu den Hauptschritten aufgezeigt. Zu den angegebenen Arbeitsschritten sind in Klammern teilweise beispielgebende Kapitel für die Ausführung dieses Arbeitsschritts oder aber Kapitel mit deskriptiver Beschreibung des Arbeitsschritts angegeben.

Der Begriff „Methode“ (siehe Kapitel 2.1 und Kapitel 2.5.8) verlangt die Erreichung eines bestimmten Ziels. Dieses Ziel muss zuerst aus der Analyse der Ist-Situation abgeleitet werden. Daher steht an der ersten Stelle zur Verbesserung der Rückführung von Erprobungswissen die Situationsanalyse (siehe Bild 5.3, S. 101).

6.2 Situationsanalyse

Das Ergebnis der Situationsanalyse ist die Beschreibung des Ist-Zustands. Dieser kann zuerst qualitativ durch kausale Zusammenhänge und dann quantitativ durch Fakten (Daten und Zahlen) beschrieben werden.

Ein Modell zur Beschreibung von Ist-Situationen ist das Referenzmodell nach Blessing und Chakrabarti [BLESSING09, S. 20 ff.]. Dieses Modell fokussiert die kausalen Zusammenhänge in der Produktentwicklung, wie am Beispiel in Bild 6.2 Teil a) (siehe S. 108) ersichtlich wird. Die Erarbeitung eines solchen Modells ist in Kapitel 4.2 und bei Blessing und Chakrabarti [BLESSING09, S. 20 ff.] beschrieben. Das Referenzmodell schafft die Grundlage für das ganzheitliche Verständnis der Rückführung von Erprobungswissen (siehe in Bild 4.5, S. 87) und kann ebenso als Startpunkt für die Situationsanalyse eines Einzelfalls in einem Unternehmen eingesetzt werden, wie Bild 4.5, S. 87 zeigt.

Wenn die qualitativen Zusammenhänge unbekannt sind, stehen für die Situationsanalyse prinzipiell alle Methoden der empirischen Forschung zur Verfügung, also beispielsweise [VDI 5610 2009, S. 23]: die Beobachtung der Arbeitsweisen in Abteilungen und Projektgruppen; Interviews und Umfragen; Workshops in den betroffenen Organisationseinheiten; Statistiken (z. B. Nutzung des Intranets oder der IT-Werkzeuge, Datenbanken); Soziogramme etc. Die beispielhafte Anwendung einiger dieser Methoden erfolgte in den in Kapitel 4.2, 4.3 und 4.4 vorgestellten Studien. Bei Einsatz der Methoden empfiehlt sich für die Situationsanalyse ein zweistufiges Verfahren aus einer vorgelagerten qualitativen und einer nachgelagerten quantitativen Analyse (vgl. Kapitel 4).

Handlungsanleitungen für die Auswahl der Untersuchungsmethoden liefern Berekoven et al. [BEREKOVEN09, S. 43 ff.], Blom [BLOM11, S. 4 ff.] oder Lehmann [LEHMANN05, S. 39 ff.]. Diese Quellen bieten z. B. folgende Kriterien zur Auswahl von Methoden an:

- das Ziel der Analyse erklären (= quantitativ) oder verstehen (= qualitativ));
- die Zielgruppe (betroffener Personenkreis (Merkmale und Anzahl));
- die Erreichbarkeit der betroffenen Personen (Repräsentativität des Untersuchungsergebnisses) – im konkreten hier vorliegenden Fall müssen die Versuchingenieure und Produktentwickler eingebunden werden, idealerweise zusammen mit den Prüfstandbedienern und dem Management beider Bereiche;
- Qualitätskriterien (Objektivität, Zuverlässigkeit, Validität);
- Fehler und Genauigkeit der Untersuchungsmethode.

Sind die qualitativen Zusammenhänge bekannt, erfolgt die Festlegung von Schlüsselfaktoren, Erfolgsfaktoren und messbaren Erfolgsfaktoren im Referenzmodell (in Anlehnung an Blessing und Chakrabarti [BLESSING09, S. 26 ff.], als Beispiel siehe Bild 6.2 Teil a).

Sind die messbaren Erfolgsfaktoren und die Schlüsselfaktoren definiert, ist der Ist-Stand dieser Schlüssel- und Erfolgsfaktoren mit quantitativen Methoden zu ermitteln; dies wird beispielhaft gezeigt am Bestimmen des „Anteils der nicht nachvollziehbar dokumentierten Fehler“ aus Bild 6.2 in Kapitel 4.3. Diese quantitativen Analysen bilden die Grundlage für die spätere Evaluation in der Phase des Einsatzes (vgl. z. B. [BLESSING09]). Für diese quantitativen Analysen stehen die oben aufgezählten Methoden, Quellen und Auswahlmöglichkeiten ebenfalls zur Verfügung. Wird während der Evaluation dieselbe Methode angewendet, um den messbaren Erfolgsfaktor zu ermitteln, kann die quantitative Verbesserung durch die entwickelte Unterstützungsmethode im Vergleich zwischen Ausgangs- und Endzustand beschrieben werden.

Die durch Untersuchungsmethoden eruierten Schlüsselfaktoren im Referenzmodell sind gleichzeitig die Probleme oder Situationen, die den Prozessschritten der Rückführung von Erprobungswissen (Wissen erzeugen, Wissen speichern, Wissen verteilen, Wissen anwenden) zugeordnet werden müssen. Diese vier Kernaktivitäten sind in Kapitel 2.3.1 beschrieben. Anhand der Beschreibung ist ersichtlich, wie diese kritischen Kernaktivitäten identifiziert werden können. Die Zuordnung einer problematischen Situation zu einer Kernaktivität und die Beschreibung der zugehörigen Inhalte (Wissen, Informationen und Daten) ist notwendig, um später für diese Kernaktivitäten situativ eine Vorauswahl von Unterstützungsmethoden treffen zu können. Für die verfeinerte Auswahl von Methoden

muss die vorliegende Situation mit Kontextfaktoren (vgl. Kapitel 2.5.9) beschrieben werden. Einen Überblick über Hilfsmittel wie Fragenkataloge und Checklisten zur Erarbeitung der Kontextfaktoren der Entwicklungssituation bietet Ponn [PONN07, S. 150 ff.].

Liegen das Referenzmodell, die quantitative Bewertung der messbaren Erfolgsfaktoren und der Schlüsselfaktoren, die Probleme und die Situationsbeschreibung durch Kontextfaktoren vor, kann mit der Konzeption begonnen werden.

6.3 Konzeption: Methodenbaukasten als Unterstützungswerkzeug

Aus Anwendersicht besteht nach der Situationsanalyse die Notwendigkeit, für seine Gegebenheiten Wissensmanagementmethoden auszuwählen, um die Rückführung von Erprobungswissen verbessern zu können. Das bedeutet, er muss mögliche Lösungen konzipieren können (vgl. Bild 6.1). Aus der Hauptforschungsfrage („Wie muss eine Methode zur Unterstützung der Rückführung von Erprobungswissen in der industriellen Praxis gestaltet sein, um eine Effizienz- und Effektivitätssteigerung zu ermöglichen?“, siehe Tabelle 1.1, S. 13) und der zugehörigen Hypothese ergibt sich, dass ein Methodenbaukasten geeignet ist, den Anwender bei der Konzeption seiner Lösungen zu unterstützen.

Die Betrachtung des Stands der Technik zeigt, dass für die Unterstützung der Rückführung von Erprobungswissen kein geeigneter Methodenbaukasten zur Verfügung steht. Die Zuordnung von Methoden zu spezifischen Problemen der Erprobung, um die situative Auswahl einer Methode zu ermöglichen, ist ebenso wenig gegeben wie eine Zuordnung der Methoden zu den Aktivitäten des Wissensmanagements. Die situative Auswahl ist in der Anforderungsliste für die Methode dieser Arbeit gefordert, um die Komplexität durch Strukturierung in Teilprobleme beherrschbar zu machen. Dies wird nach Kapitel 2.5.9 als praxisnah beschrieben.

6.3.1 Ziel des Methodenbaukastens

Das Ziel, das mit dem Methodenbaukasten erreicht werden soll, ist beispielhaft in Bild 6.2 dargestellt. Bild 6.2 basiert auf dem Referenzmodell aus Bild 4.5, S. 87. Es ist für die Evaluation beim Evaluationspartner, ausgehend von den quantitativen Untersuchungen in den Kapiteln 4.3 und 4.4, beschrieben in Kapitel 7, angepasst. Teil a) aus Bild 6.2 stellt die Ist-Situationsanalyse als Referenzmodell dar, Teil b) das „Impact Model“ [BLESSING09, S. 24 ff.], den Soll-Zustand. Im Soll-Zustand werden die durch den Methodenbaukasten bestimmte und später eingeführte Unterstützung und deren erwartete positive Auswirkung dargestellt. Der Methodenbaukasten dient u. a. dazu, die Entwicklung des „Impact

Models“ durch Auswahl möglicher Unterstützungen der Schlüsselfaktoren zu erleichtern und konkrete Methoden auszuwählen, welche diese Unterstützung leisten können.

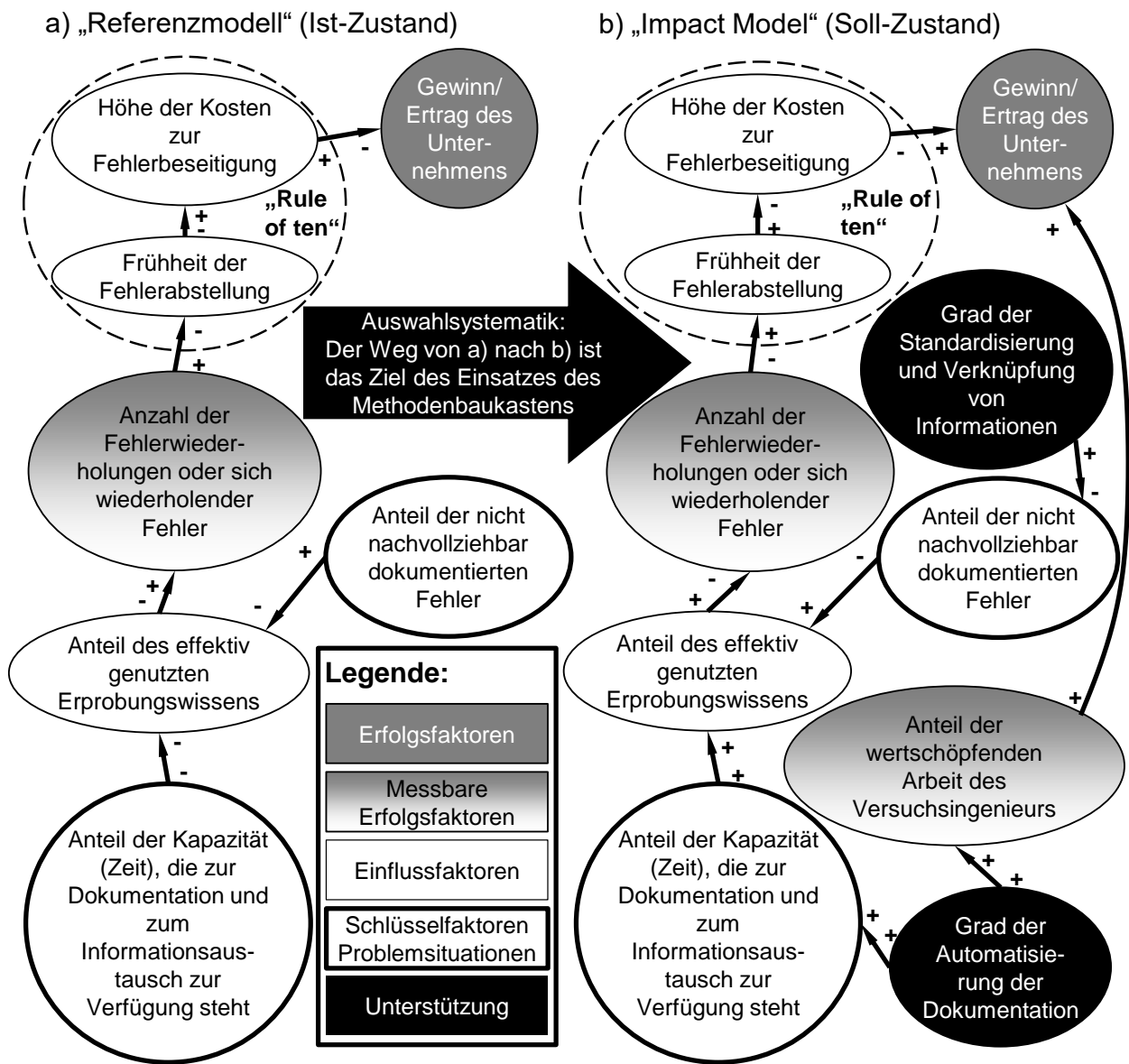


Bild 6.2: Methodenbaukasten und Auswahlsystematik als Unterstützungen beim Weg vom „Referenzmodell“ (Ist-Zustand) zum „Impact Model“ (Soll-Zustand)

6.3.2 Aufbau des Methodenbaukastens

Der generelle Aufbau und die Anforderungen an Methodenbaukästen sind in Kapitel 2.5.9 beschrieben. Die Analyse des Stands der Technik zeigte die Notwendigkeit auf, neben einer Methodenbeschreibung auch einen Methodenbaukasten mit situativer Methodenauswahl zur Verfügung zu haben. Die Anforderung ist, Letzteren zu entwickeln, da bei den untersuchten publizierten Methodenbaukästen (siehe Tabelle A.4.1, S. 188 in Anhang A.4) die Möglichkeit der situativen Methodenauswahl nicht gegeben ist.

Der entwickelte Methodenbaukasten, die darin enthaltenen Methoden und die Verknüpfung mit Aufgaben (Forderung aus Kapitel 2.5.9) – in diesem Fall die vier Kernaktivitäten des Wissensmanagements – sind in Anhang A.15 dargestellt. Die Methoden entstammen unterschiedlichen Methodenbaukästen (siehe Tabelle A.4.1, S. 188 in Anhang A.4). Die Zuordnung von Methoden zu WM-Aktivitäten – einige (z. B. Handbücher [KARTHAUS15B, S. 4]) sind bei mehreren WM-Aktivitäten nutzbar – erfolgte überwiegend in Anlehnung an die Quellen in Tabelle A.4.1, S. 188. In Einzelfällen, bei welchen keine Quellen verfügbar waren, basiert die Zuordnung auch auf der Einschätzung von akademischen Mitarbeitern, wissenschaftlichen Hilfskräften und des Autors im Rahmen von Team-Workshops. Literaturangaben zu jedem beispielhaften Methodensteckbrief sowie weiterführende Literatur finden sich in den Anhängen A.16 bis A.63; wesentliche Bestandteile von Methodenbaukästen sind die Beschreibung der Methoden und die Auswahlsystematik. Die Struktur der Methodenbeschreibung wird im nächsten Kapitel erläutert. Da es nicht für jedes Unternehmen und jede Situation eine Lösung gibt, kann hier generisch nur ein Baukasten mit Methoden vorgeschlagen werden, die unternehmensspezifisch und situativ zum Einsatz kommen. Der Umgang damit, also die Auswahlsystematik des vorgestellten Methodenbaukastens, ist in Kapitel 6.4 beschrieben.

6.3.3 Methodenbeschreibung

Die Anforderungen an die Beschreibung ergeben sich im Wesentlichen aus Kapitel 4. Im Vordergrund stehen vor allem die Erlernbarkeit der Methoden, die Transparenz, die Problemspezifität und die Strukturiertheit sowie die Komplexitätsbeherrschung.

Anhand dieser Anforderungen lassen sich die unterschiedlichen Methodenbeschreibungen vergleichen. Für diese Arbeit erfolgt aufgrund der situativen Auswahl die Methodenbeschreibung gemäß dem Münchner-Methoden-Modell (MMM), das ursprünglich von Ponn angewendet wurde, sich im praktischen Einsatz bewährt hat [PONN07, S. 182] und die zuvor definierten Anforderungen erfüllt. Die Art der Methodenbeschreibung nach Ponn [PONN07] ist in Kapitel 2.5.9 erläutert, die zugehörigen Strukturelemente der Methodenbeschreibung wurden in Kapitel 2.5.9 und in Anhang A.9 in Tabelle A.9.2, S. 194 und Tabelle A.9.3, S. 194 dargestellt.

Im Folgenden werden die Anpassungen dieser Beschreibungen vorgestellt. Als neues Beschreibungselement des Methodensteckbriefs kommt die *Zuordnung* der Rückführung von Erprobungswissen *zur jeweiligen Wissensmanagement-Kernaktivität* hinzu; dieses

Beschreibungselement gibt die mögliche Anwendbarkeit der Methode in den vier Kernaktivitäten des WM (Wissen erzeugen, ...) an. Die *Kurzbeschreibungen* werden bei den Methodenbeschreibungen dieser Arbeit nicht verwendet, da die Steckbriefe kurzgefasst sind und Überblickcharakter haben. Die *Abbildungen* sind bekannt und werden dann nochmals dargestellt, wenn sie in Einzelfällen zum schnelleren Erfassen der Methode nötig sind. Die *Weiterführende Literatur* zeigt Quellen auf, die einen detaillierteren Einblick in die Methode ermöglichen und zur Erstellung der Methodensteckbriefe verwendet wurden. Die *Probleme/Situationen* der Methodenbeschreibung dieser Arbeit entsprechen den Voraussetzungen (siehe [PONN07, S. 127] und Tabelle A.9.2, S. 194) für den Methodeneinsatz, beschreiben die Situation, in der die Methode angewendet werden kann, und adressieren somit die Schlüsselfaktoren aus dem Referenzmodell.

Die Unterstützungsleistung, die eine Methode bietet, wird durch ihre Wirkung und ihre/n „Aufgabe/Zweck“ definiert. Die Erweiterung ist, diese Information über den „Zweck/Aufgabe“ als „Eingang/Unterstützung“ (siehe „schwarze Kreise“, z. B. „Grad der Standardisierung und Verknüpfung von Informationen“ in Bild 6.2 b), S. 108 und „Aufgabe/Zweck“ der Methodenbeschreibung Data-Mining in Anhang A.22) für das „Impact Model“ zu verwenden. Der Zweck und die Wirkung einer Methode muss zur Verwendung als Unterstützung im „Impact Model“ auf ein Attribut und ein Element bezogen und konkretisiert werden. Diese Konkretisierungen können nicht allumfassend in der Methodenbeschreibung definiert werden. Ponn reduzierte die Vielzahl der Faktoren/Kriterien zur Bewertung von Methoden (siehe z. B. [STRASSER04]) auf die folgenden fünf für ihn relevanten Kontextbedingungen (siehe [PONN07, S. 137 f.] sowie Kapitel 2.5.9), die auch hier in die Methodenbeschreibung eingehen und für die spätere Methodenauswahl notwendig sind: Neuheitsgrad der Aufgabe; Komplexität der Aufgabe; Methodenerfahrung; Zahl der Anwender; zeitliche Restriktionen. Ergänzt werden diese fünf Kriterien um die Rechnerintegrierbarkeit (siehe Anhang A.14) sowie die Aufwandsbeschreibung (siehe Kapitel 5.2 und [KARTHAUS15B, S. 4]). Der Aufwand wird dabei (z. B. nach [STRASSER04, S. 37 ff.]) in Schulungs-, Personal-, Zeit- und Sachaufwand gegliedert; Zeitaufwand und zeitliche Restriktionen sind inhaltlich identisch. Alle Kontextbedingungen und ihre Wertebereiche werden im Folgenden erläutert; eine Übersicht ist in Tabelle 6.1 dargestellt.

Die Bewertung der Methoden hinsichtlich ihrer Kontextbedingungen beruht auf der jeweils angegebenen Literatur in den Anhängen A.16 bis A.36. Waren keine Angaben in der Literatur vorhanden oder ableitbar, wurden diese im Rahmen von Workshops mit

akademischen Mitarbeitern und studentischen Hilfskräften durch Gedankenexperimente zum möglichen Ablauf der jeweiligen Methode und eigene Erfahrungswerte eingeschätzt.

Kontextbedingungen	Mögliche Ausprägungen		
Entwicklungsaufgabe/Produkt			
Neuheitsgrad der Aufgabe	niedrig	mittel	hoch
Komplexität der Aufgabe	niedrig	mittel	hoch
Entwickler/Team			
Methodenerfahrung (Wissen)	Laie	Fortgeschrittener	Experte
Teamgröße	Einzelperson	Gruppe auf Abruf	Gruppe
Rahmenbedingungen			
Rechnerintegrierbarkeit	ohne Softwareunterstützung	teilautomatisierbar	automatisierbar
Zeitlicher Aufwand	niedrig	mittel	hoch
Schulungsaufwand	niedrig	mittel	hoch
Personalaufwand	niedrig	mittel	hoch
Sachaufwand	niedrig	mittel	hoch

Tabelle 6.1: Kontextbedingungen und deren Ausprägungen (nach [PONN07, S. 138], erweitert um die genannten Kontextbedingungen)

Ponn [PONN07] nennt z. B. keine absoluten Größen oder gibt keine Orientierungshilfen dafür, wann ein Kontextfaktor bzw. eine Kontextbedingung welche Ausprägung erhält. Strasser hingegen liefert für die quantitative Klassifizierung des Aufwands konkrete Angaben [STRASSER04, S. 37 ff.]. Diese quantitativen Einteilungen sollen nach Ansicht Strassers [STRASSER04, S. 38] „[...] eine Hilfe und Leitlinie zur qualitativen Einteilung der Methoden darstellen“. Ponn [PONN07, S. 132] zog eine Quantifizierung der Ausprägung in Erwägung, stellt jedoch heraus, dass dies nicht praktikabel ist, weil eine Scheingenauigkeit vorgetäuscht würde [PONN07, S. 132]. Das lässt sich auf diese Arbeit übertragen; eine derartige Genauigkeit lässt sich auch aufgrund der volatilen Umstände der Entwicklung und der Erprobung nicht darstellen.

Hier werden als Orientierung für die Ausprägung des Aufwands für die Methodenbeschreibung die Klassifizierungsparameter nach Strasser [STRASSER04, S. 37 f.] verwendet. Allerdings werden seine fünf Abstufungen der Klassifizierung (gering, eher gering, mittel, eher hoch und hoch) im Einklang mit Ponn [PONN07] auf drei Stufen reduziert. Die Kategorien „eher gering“, „mittel“ und „eher hoch“ werden zur Kategorie „mittel“ zusammengefasst; diese Abstufung bietet immer noch eine ausreichende Trennschärfe. Die übrigen Ausprägungen werden basierend auf den Erfahrungen von Ponn [PONN07] ebenfalls in maximal drei Abstufungen angegeben.

Beim Faktor Rechnerintegrierbarkeit, hier auch Tool-Einsatz genannt, kann bei den Kontextbedingungen zwischen „ohne Softwareunterstützung“, „teilautomatisierbar“ und

„automatisierbar“ unterschieden werden. Automatisierbar bedeutet in diesem Zusammenhang, dass etwa die Erkennung von bestimmten Zuständen in Messdaten nach der Methode des Data Minings z. B. durch den Prüfstand automatisiert erfolgen kann. Die Rechnerintegrierbarkeit kann nach Strasser [STRASSER04, S. 38] als Sachaufwand aufgrund zusätzlicher Kosten verstanden werden. In den meisten Anwendungen der Rückführung von Erprobungswissen sollen nicht die negativen Folgen des Tool-Einsatzes durch Kosten bewertet werden, sondern die potenziellen Vorteile des Tool-Einsatzes, beispielsweise durch die Verringerung des Zeitaufwands. Eine derartige Verringerung des Zeitaufwands ist bei einer Automatisierung der Methode gegeben. Eine Übersicht, welche Methode welche Kontextbedingungen enthält, findet sich in Anhang A.65.

Das Ziel des Vergleichs von Kontextbedingungen und Kontextfaktoren ist die Auswahl einer Methode, d. h. ein relativer Vergleich zwischen den Methoden. Daher ist für diese Anwendung eine absolute Einteilung der Bedingungen nicht notwendig, solange die relative Abgrenzung der Kriterien zueinander konsequent und systematisch erfolgt. Unsicherheit entsteht, wenn die Kontextfaktoren mit einem anderen Maßstab als die Kontextbedingungen bewertet werden.

Die kritische Auseinandersetzung mit den hier erfolgten Abgrenzungen liefert Kapitel 8. Im Folgenden wird auf die Auswahl der spezifizierten Methoden eingegangen.

6.4 Konzeption: Vorgehensweise zur Auswahl geeigneter Methoden

In diesem Kapitel soll die Forschungsfrage beantwortet werden, wie zweckmäßige Methoden zur effektiven und effizienten Unterstützung der Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung praxisnah ausgewählt werden können.

Im Kapitel „Stand der Technik“ wurden einige Verfahren zur Methodenauswahl vorgestellt. Bei der Analyse der Quellen zeigte sich, dass die Methoden meist einer Phase, einer Situation, einer Aufgabe oder einem Prozessschritt zugeordnet sind (vgl. [PONN07, S. 94]. Diese von Ponn [PONN07] geforderte Zuordnung zu einer Aufgabe entspricht der Zuordnung zu einer Kernaktivität des Wissensmanagements; die Zuordnung zu einer Situation / einem Problem erfolgt über Auswahlmatrizen (siehe Anhang A.64).

Hilfreich bei der Auswahl ist die Methodensammlung zur Unterstützung der Methodik des Entwickelns und Konstruierens in der VDI-Richtlinie 2221 [VDI 2221 1993, S. 32 ff.]. Für die Auswahl der geeignetsten Methoden ist danach die Kenntnis „[...] aller für das jeweilige Entwicklungsprojekt erforderlichen Tätigkeiten, gegebenen Anforderungen und vorhandenen Erfahrungen sowie der wichtigsten Eigenheiten und Voraussetzungen der

Methoden erforderlich“ [VDI 2221 1993, S. 32]. Der VDI unterscheidet (in Anlehnung an [GIERSE81]) bei den ausgewählten Methoden zwischen im Rahmen des personellen, materiellen, finanziellen und organisatorischen Umfelds des jeweiligen Projekts „voraussichtlich geeigneten“ Methoden und „nachweisbar optimierten“ Methoden. Die Methoden aus dem Methodenbaukasten erscheinen auf Basis der Literatur als „voraussichtlich geeignet“, da sie eine Effektivitäts- oder Effizienzsteigerung versprechen. „Nachweisbar optimiert“ sind diese nach einem erfolgreich evaluierten Einsatz zur Unterstützung der Rückführung von Erprobungswissen in der industriellen Praxis. Dies trifft z. B. auf die ausgewählten, eingesetzten und evaluierten Methoden beim Evaluationspartner zu. Der Nachweis wird durch die Ergebnisse der Evaluation in Kapitel 7.6 erbracht, die nicht erprobten Methoden behalten den Status „voraussichtlich geeignet“.

Die Auswahl der Methoden aus dem Methodenbaukasten in Anhang A.64 erfolgt analog zur Systematik von Ponn [PONN07, S. 155 ff.] in zwei Schritten:

1. Vorauswahl von alternativen Methoden (zur Verbesserung von identifizierten Problemsituationen) über eine Auswahlmatrix, je nach WM-Kernaktivität (siehe Tabelle A.64.1, S. 259, Tabelle A.64.2, S. 260, Tabelle A.64.3, S. 261 oder Tabelle A.64.4, S. 262 in Anhang A.64);
2. ressourcenspezifische Endauswahl durch Vergleich der vorausgewählten Methoden anhand der Kontextbedingungen der jeweiligen Methodenbeschreibungen und der Kontextfaktoren der jeweiligen firmenspezifischen Situation (siehe [PONN07, S. 156 ff.] sowie Kapitel 2.5.9 und Bild 6.5, S. 117).

Dieser Auswahlssystematik entspricht die Gliederung der beiden folgenden Kapitel. Die Fallbeispiele stellen einen Auszug aus der Evaluation dar und entsprechen somit realistischen Situationen.

6.4.1 Vorauswahl von alternativen Methoden

Grundsätzlich lassen sich zwei unterschiedliche Arten der Zuordnung von Methoden unterscheiden. Ponn [PONN07, S. 147] wählt dabei die Ebene der Aufgaben (Aufgabe und Probleme siehe Kapitel 2.5.7), wohingegen die VDI-Richtlinie 2221 [VDI 2221 1993] eine Zuordnung zu Arbeitsschritten vornimmt. In dieser Arbeit werden die Methoden den Problemsituationen zugeordnet. Eine Methode dient per Definition (siehe Kapitel 2.1) der Verfolgung einer gewissen Zielsetzung und der Unterstützung bei einer zu bewältigenden Aufgabe. Die Anwendung einer Methode löst keine Probleme, sondern unterstützt die Abarbeitung von Aufgaben. Der Produktentwickler oder der Versuchingenieur erkennt

anhand der Situationsanalyse (Kapitel 6.2) Situationen und Probleme. Ausgehend von diesen sind Handlungsempfehlungen abzuleiten, mit welchen Aufgaben diese Probleme zu lösen sind. Damit wird die Problemspezifität (vgl. Anforderungsliste in Anhang A.14) erfüllt; für den Nutzer wird erkennbar, dass die Methode für sein Problem passend ist.

Die vier Kernaktivitäten des WMs lassen sich in weitere Aufgaben unterteilen (vgl. Tabelle 6.2). Diese Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und bietet lediglich eine kleine Übersicht über die Aufgaben. Die durch die Methoden dieses Baukastens unterstützten Aufgaben sind in den Methodenbeschreibungen im Anhang A.16 bis A.63 weiter ausgeführt und jeweils in „Aufgabe/Zwecke“ dokumentiert. Die Zwecke der Methoden orientieren sich an den Aufgaben aus Tabelle 6.2.

Wissen erzeugen	Wissen speichern
<ul style="list-style-type: none"> • Wissen und Kompetenz entwickeln • Wissens- und Kompetenzentwicklung lenken • Lesen, lernen und denken • Verknüpfungen und Beziehungen entwickeln • Wissensbestand erweitern • Wissen internalisieren • Wissen einkaufen 	<ul style="list-style-type: none"> • Wissen und Erfahrung sichern • Dokumentieren • Wissensobjekte schaffen • Mitarbeiter entwickeln • Informationen vernetzen und kombinieren • Standardisieren, verschlagworten, kategorisieren, formalisieren • Wissen externalisieren
Wissen verteilen	Wissen anwenden
<ul style="list-style-type: none"> • Organisationales Lernen entfalten • Wissenstransparenz schaffen • Wissensauf- und -ausbau fördern • Beziehungen und Kommunikation unter Wissensträgern verbessern • Aufbau, Pflege, Visualisierung und Analyse von Netzwerken • Gedanken- und Erfahrungsaustausch fördern • „Raum“ und „Zeit“ schaffen für Wissensaustausch • Wissen sozialisieren/multiplizieren 	<ul style="list-style-type: none"> • Wissensstrukturen aufbauen • Verknüpfungen und Beziehungen visualisieren • Wissen strukturieren • Operationalisieren, Wissensanwendung beschreiben • Wissen erweitern • Wissen kombinieren • Anreize schaffen

Tabelle 6.2: Aufgaben innerhalb der Kernaktivitäten des Wissensmanagements (nach [FRÖBEL13], [MITTELMANN11], [VDI 5610 2009], [PROBST10], [NORTH11])

Verknüpfungen können mittels Matrizen visualisiert werden (vgl. z. B. [LINDEMANN09B]). Die Aufgaben, die Methoden erfüllen, werden durch deren Zweck in der Methodenbeschreibung bereits beschrieben (vgl. Kapitel 6.3.3). Es lassen sich somit Verknüpfungen zwischen Methoden und Aufgaben erstellen (vgl. Bild 6.3, links). Zudem lassen sich anhand der Literatur Aufgaben ermitteln, die geeignet sind, bestimmte Probleme zu lösen (vgl. Bild 6.3, Mitte). Ausgehend davon lassen sich Verknüpfungen zwischen Methoden und Problemen herstellen. Die Verknüpfung von Methoden, die Aufgaben unterstützen, und Aufgaben, die geeignet erscheinen, um Probleme zu lösen (vgl. Zielmatrix Bild 6.3,

rechts), erfolgt mit dem Ziel, den Anwender zu unterstützen und einen größeren praktischen Nutzen zu erzielen. Der Methodenanwender muss sich also nicht überlegen, welche Aufgaben er durchführen muss, um Probleme zu lösen, sondern ihm werden Methoden angeboten, die Aufgaben erfüllen, mit welchen sich seine Probleme lösen lassen. Im Modell geschieht dies durch Multiplikation der beiden zuvor genannten Matrizen (siehe [LINDEMANN09B]). Die so entstehende Matrix stellt Verknüpfungen zwischen einerseits Problemen und andererseits Methoden, die Aufgaben unterstützen, um die Probleme zu lösen, her. Dieser Prozess der Matrixmultiplikation ist modellhaft in Bild 6.3 (in Anlehnung an [LINDEMANN09B]) dargestellt. Auf diese Weise ergeben sich die Matrizen in Anhang A.64 ab S. 259 in den Tabelle A.64.1, Tabelle A.64.2, Tabelle A.64.3 und Tabelle A.64.4, die prinzipiell der Zielmatrix (Bild 6.3, rechts) entsprechen.

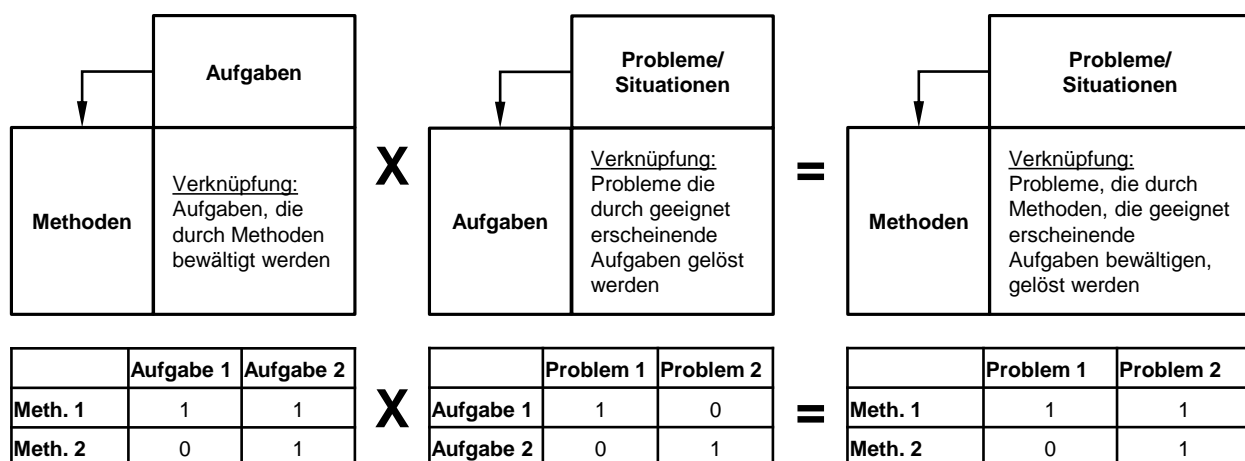


Bild 6.3: Modell zur Verknüpfung von Problemen/Situationen mit Methoden, die geeignet erscheinen, die Problemlösung zu unterstützen

Für jede Kernaktivität des WMs findet sich eine Matrix im Anhang (vgl. Anhang A.64). Ein Auszug aus einer solchen Auswahlmatrix ist in Bild 6.4 für die Kernaktivität „Wissen erzeugen“ dargestellt. Die Probleme bzw. Situationen der Auswahlmatrix basieren auf der Studie von Karthaus et al. [KARTHAUS15A] und dem daraus abgeleiteten Referenzmodell, erweitert um Situationen aus anderen Studien (z. B. [TURKI14], [BULLINGER98], [VOIGT06]). Zur Auswahl von alternativen Methoden sind diesen Situationen auf Basis der zuvor gezeigten Vorgehensweise in einer Matrix geeigneten Methoden zugeordnet. Dabei werden zwei generelle Erfüllungsgrade unterschieden (in Anlehnung an [VDI 2221 1993]): Die Methode erscheint „bedingt geeignet“ (O), um die Situation zu verbessern, oder „geeignet“ (X). Die Einträge in die Matrizen sind in Team-Workshops, wie bereits in Kapitel 6.3.2 beschrieben, erarbeitet worden. Die Einträge ergeben sich auf Basis der

Quellenangaben in der jeweiligen Methodenbeschreibung. Methoden die aufgrund von Literaturangaben übertragbar erscheinen wurden als „geeignet“ bewertet. Verknüpfungen zwischen Methoden und Situationen, die auf der Erfahrung oder auf Einschätzungen der handelnden Personen beruhen, wurden generell nur mit „bedingt geeignet“ bewertet, da ein empirischer Nachweis fehlt [KARTHAUS15B]. In jedem Fall gilt: „Eine erfolgreiche Methodenauswahl und vor allem -anwendung ist jedoch nicht allein durch das Studium der Methodenmatrix garantiert“ [VDI 2221 1993, S. 33]. Anhand dieser Matrix (siehe Bild 6.4) können aber mehrere Methoden beispielsweise für das Problem „Fehlende / nicht nachvollziehbare Dokumentation von Fehlern“ vorausgewählt werden.

Probleme/ Situationen	Bewährte Lösungen/ Maßnahmen/Erfahrungen sind nicht dokumentiert ¹	Mitarbeitermotivation ¹ und -qualifikation ^{3 & 4}	Kein Wissenstransfer in die nächste Entwicklungsphase ⁴	Fokussierung verhindert Informationsgewinnung/ Nutzung ¹	Kapazität für den Informationsaustausch nicht verfügbar ^{1 & 2}	Fehlende / nicht nachvoll- ziehbare Dokumentation von Fehlern ¹	Akzeptanzprobleme gegenüber eingesetzten Werkzeugen ¹	Informationsketten zu lang ¹	Flut von Informationen ¹	Mangelnde Strukturierung/ Vernetzung von Infor- mationen/Datenablagen ⁴	Hemmende/unzweckmäßige Organisationsstruktur ³	Mangelnde Wissenssicherung bei Mitarbeiterwechsel ^{2 & 4}	Ungeeignete Werkzeuge ^{2 & 3}	Keine gemeinsame „Sprache“ ^{1 & 3}
KADS	x					x	o	o		o				
Mapping- Techniken	x		x	o		x			o	x		o		
Data Mining					o	x			x	o				
Anreizsysteme	o	o			x	o						o		
...														
Legende:		ungeeignet		o	bedingt geeignet		x	geeignet						

Quellen der Situationen: ¹[KARTHAUS15A], ²[TURKI14], ³[BULLINGER98], ⁴[VOIGT06]

Bild 6.4: Auszug aus der Auswahlmatrix für Methoden zu „Wissen erzeugen“ (in Anlehnung an [VDI 2221 1993], nach [KARTHAUS15B])

Um die Methodenauswahl zu verfeinern und die Zielerreichung sicherzustellen, sollten die vorausgewählten Methoden in einem weiteren Auswahlschritt daraufhin geprüft werden, ob sie zur wirklichen Situation im jeweiligen Unternehmen passen. Dieser Auswahlschritt wird im nächsten Kapitel beschrieben.

6.4.2 Ressourcenspezifische Methodenauswahl durch Vergleich der vorausgewählten Methoden

Für die Auswahl von Methoden werden folgende Kriterien als sinnvoll erachtet (vgl. [KARTHAUS15B] und Tabelle 6.1, S. 111): der Neuheitsgrad der Aufgabe; die Komplexität

der Aufgabe; die Methodenerfahrung der Anwender; die Zahl der Anwender; die Rechnerunterstützung; der zeitliche Aufwand; der Schulungsaufwand; der Personalaufwand; der Sachaufwand.

Die verfeinerte Methodenauswahl erfolgt nach dem Verfahren von Ponn [PONN07] durch den Vergleich von Kontextfaktoren (Parameter zur Beschreibung der Situation) und Kontextbedingungen (Parameter zur Beschreibung der Methode) (vgl. Kapitel 2.5.9 und insbesondere Bild 2.16, S. 51). Um vorausgewählte Methode und Situation/Problem vergleichen zu können, werden für die Kontextfaktoren und die Kontextbedingungen dieselben Kriterien herangezogen und für die Beschreibung der Methode verwendet (vgl. [PONN07, S. 208]). Nach der Vorauswahl der infrage kommenden Methoden aus dem Beispiel in Kapitel 6.4.1 erfolgt der Methodenvergleich (siehe Bild 6.5) für das Beispiel der „nicht nachvollziehbaren Dokumentation“. Gemäß Vorauswahl stehen die Methoden „Data Mining“, „KADS“ (Knowledge Acquisition and Documentation Structuring) und „Mapping-Techniken“ zur Auswahl. Für jedes Kriterium erfolgt der Vergleich zwischen der Ausprägung des Kontextfaktors der Situation (z. B. Zahl der Anwender Ausprägung = Hoch) mit der Kontextbedingung jeder einzelnen Methode (z. B. Data Mining, Zahl der Anwender Ausprägung = Hoch). Eine Übersicht der Methoden und zugehörigen Kontextbedingungen findet sich in Anhang A.65.

Merkmale der Situation (Ausprägung der Faktoren: Gering = 1, Mittel = 2, Hoch = 3)	Situation			Data Mining			Vergleich	KADS			Vergleich	Mapping-Techniken			Vergleich
	Kontext- faktoren der Situation			Kontext- bedingungen der Methode				Kontext- bedingungen der Methode				Kontext- bedingungen der Methode			
	1	2	3	1	2	3		1	2	3		1	2	3	
Neuheitsgrad der Aufgabe	X					X	-			X	-	X	X	X	+
Komplexität der Aufgabe			X			X	+	X	X	X	+	X	X		-
Methodenerfahrung	X					X	-			X	-	X	X		+
Zahl der Anwender			X	X	X	X	+	X	X		-	X	X		-
Rechnerunterstützung			X	X	X	X	+	X	X		-	X	X		-
Zeitlicher Aufwand	X			X	X	X	+			X	-	X	X		+
Schulungsaufwand	X			X	X	X	-			X	-	X	X		+
Personalaufwand			X	X	X	X	+		X	X	+	X	X		-
Sachaufwand			X	X	X	X	+			X	+	X	X		-
Summe der Übereinstimmungen:							6			3				4	

Bild 6.5: Auswahl der Methoden anhand von Kontextfaktoren und Kontextbedingungen (nach [KARTHAUS15B])

Der Vergleich ergibt bei übereinstimmenden Ausprägungen einen Pluspunkt. Die Methode, welche die meisten Übereinstimmungen liefert, erhält die größte Anzahl von Pluspunkten und sollte für die jeweilige Situation gewählt werden. Im Beispiel ist die Methode „Data Mining“ ausgewählt worden (siehe Bild 6.5).

Zur Plausibilisierung sollte überprüft werden, ob das Abarbeiten der Aufgabe, die durch die Methode unterstützt wird, tatsächlich zu einer Verbesserung der Situation beiträgt. Dies kann durch Eintragen in das zuvor gebildete Impact Model auf Sinnhaftigkeit überprüft und somit plausibilisiert werden (vgl. z. B. Bild 6.2, S. 108). Diese Überprüfung ist notwendig, da bei der Vorauswahl der Methoden anhand der Matrizen nur die generellen Verknüpfungen zwischen Problemen und Methoden beachtet werden.

Eine Aufgabe des „Data Mining“ ist die Klassifizierung und Verknüpfung von Informationen (vgl. die Methodenbeschreibung in Anhang A.22). Durch Eintragung dieser Information in das Impact Model in Bild 6.2 kann plausibilisiert werden, ob durch die gewählte Methode eine Verbesserung der messbaren Erfolgsfaktoren erreichbar scheint.

Nach der Auswahl einer Methode kann im nächsten Schritt der Methodeneinsatz vorbereitet werden, d. h. Tools können entwickelt werden. Wenn keine Methode ausgewählt wird, muss der Prozess der Methodenauswahl iterativ durchlaufen werden, beginnend mit einer erneuten Situationsanalyse. Bei dieser sind die Erkenntnisse – insbesondere, warum keine Methodenauswahl erfolgte – zu berücksichtigen. Mit diesen Erkenntnissen aus dem ersten Durchlauf sollte sich die Situation detaillierter beschreiben lassen. Sollte dennoch keine Methode auswählbar sein, muss der Methodenbaukasten entweder um neue Situationen oder um neue Methoden erweitert werden.

Im Folgenden Kapitel wird die Realisierung der ausgewählten Methoden betrachtet.

6.5 Realisierung: Methodenanpassung und Entwicklung von Werkzeugen

Bevor die Methoden im betrieblichen Umfeld eingesetzt werden können, müssen die ausgewählten Methoden an Unternehmensspezifika, z. B. die Organisationsstruktur, angepasst oder Werkzeuge zur Unterstützung entwickelt/angeglichen werden.

Der Schritt der Methodenanpassung kann für den Erfolg des Methodeneinsatzes ausschlaggebend sein und wird auch von Unternehmen gefordert (siehe Anhang A.13 Punkt 9). Da diese Anpassung unternehmensspezifisch erfolgen muss, kann nur auf eine generische Vorgehensweise verwiesen werden. Eine generische Beschreibung der Methodenanpassung an die unternehmensspezifischen Gegebenheiten findet sich beispielsweise im Münchner-Methoden-Modell (vgl. [LINDEMANN09A, S. 60]). Die Problematik dieser Festlegungen wird in Kapitel 8 diskutiert.

In diesem Kapitel wird die Realisierung von Werkzeugen zur Methodenunterstützung als eine spezielle Art der Anpassung an das Unternehmen im Rahmen der Einführung von

Wissensmanagement im Unternehmen beschrieben (siehe Bild 6.1, S. 104). Das Ziel der Erprobung ist, Daten und Informationen zu generieren. Aufgrund steigender Datenmengen (vgl. Kapitel 1.1) ist die Bereitstellung von leistungsfähigen und angepassten Tools notwendig, um die Akzeptanz und Leistungsfähigkeit der eingesetzten Methoden zu unterstützen. Zuerst sollte geklärt werden, ob vorhandene Software eingesetzt werden kann oder angepasst werden muss. Sind Entwicklungen oder umfangreichere Anpassungen notwendig, kann auf ausführlich beschriebene Entwicklungsprozesse für Softwarelösungen zurückgegriffen werden (siehe z. B. [EPPLER04], [KRYPCZYK13]). Die Vorgehensweise nach VDI-Richtlinie 2221 [VDI 2221 1993] kann für firmeninterne Auswerte-Tools, beispielsweise von Klos [KLOS04] beschrieben, auf die Tool-Entwicklung übertragen werden. Aufgrund dieser Erfahrungen und der vergleichsweise niedrigen informationstechnischen Anforderungen wird in dieser Arbeit die Vorgehensweise der VDI-Richtlinie 2221 [VDI 2221 1993] für die Entwicklung der Werkzeuge in der Evaluierungsphase verwendet. Hierbei müssen die Anforderungen an Expertensysteme aus Kapitel 2.3.3 berücksichtigt werden. Es empfiehlt sich, zuerst die Tools als Prototyp zu entwickeln, in einer Entwicklungsumgebung zu testen und dann zur Serienreife zu entwickeln. Wichtig ist die Prüfung der Bedienerfreundlichkeit, der Usability (vgl. Kapitel 6.7), da diese ausschlaggebend ist für die Akzeptanz des Werkzeugs. Anschließend erfolgt der Einsatz und das „Ausrollen“ des Werkzeugs in den produktiven Betrieb. Im Betrieb sollte eine kontinuierliche Verbesserung stattfinden. Die Tool-Entwicklung ist für die Evaluation notwendig, um die Fähigkeit der entwickelten Methode zur Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung aufzuzeigen. Der nächste Schritt (vgl. Kapitel 6.6) bei der Implementierung von Wissensmanagementaktivitäten ist die Integration der ausgewählten Prozesse, Methoden und Tools in den betrieblichen industriellen Alltag.

6.6 Einsatz: Methoden zur Integration von Prozessen, WM-Methoden und Tools

Der Prozess zur Einführung von Wissensmanagement nach VDI-Richtlinie 5610 [VDI 5610 2009] ist in Bild 6.1, S. 104 beschrieben. Zum Teilschritt „Einsatz“ gehört die Unterstützung der Integration der Prozesse, Methoden und Tools in die betrieblichen Abläufe. Gemäß der VDI-Richtlinie 5610 [VDI 5610 2009, S. 26] ist für die Realisierung der WM-Methoden im industriellen Umfeld das Projektmanagement als Methode geeignet. Allerdings wird nicht erläutert, wie dieses Projektmanagement einzusetzen und anzuwenden ist. Um die erforderliche Praxistauglichkeit zu erreichen, wäre dieser Schritt

weiter zu detaillieren. Dies ist im Umfang dieser Arbeit nicht darstellbar, weshalb sich in diesem Kapitel eine reduzierte, für den Verlauf dieser Arbeit aber wesentliche Forschungsfrage stellt: „Welche Maßnahmen oder Methoden sind geeignet, um den Prozess zur Einführung von Methoden zur Unterstützung der Rückführung von Erprobungswissen zu unterstützen?“

Kohl [KOHL09], Finke und Will [FINKE05] und Finke [FINKE09] bieten hierfür mehrere Methoden an und ordnen diese den Barrieren zu (vgl. Kapitel 4.1), die bei der Einführung bestehen. In Tabelle 6.3 sind die Methoden (vgl. [KOHL09, S. 110 ff.] aufgelistet, ergänzt um Kommunikationstipps und Handlungsempfehlungen zur Überwindung von Barrieren; die Erstellung eines Kommunikationsplans zur Unterstützung der Einführung sollte dabei eine zentrale Maßnahme auf Managementebene sein [KOHL09, S. 131 ff.]. Die Methodenauswahl erfolgt anhand der drei Barrieren (bei der Einführung von Wissensmanagementmethoden (vgl. Kapitel 4.1)): „Ressourcenproblem“, „Fehlendes Bewusstsein für die Bedeutung von Wissen im Unternehmen“ und „Gewohnheit“. Die Auswahl erfolgt situationsbedingt, in Absprache mit den Mitarbeitern und dem Management und kann durch einen Barriereleitfaden unterstützt werden [KOHL09, S. 134 f.]. Die Identifikation der jeweiligen Barriere beschreibt Kohl [KOHL09, S. 100 ff.], wobei die Barriere „Nutzen nicht nachvollziehbar“ nicht weiter betrachtet wird [KOHL09, S. 107], aber ergänzende Hinweise zum Umgang mit ihr geliefert werden, siehe [KOHL09, S. 80 ff.].

Barriere: „Ressourcenproblem“	Barriere: „Fehlendes Bewusstsein“	Barriere: „Gewohnheit“
Checkliste	Schulungen/Qualifizierung	Qualifizierung
Formatvorlage	Benchmarking	Mentoring und Coaching
Wissenslandkarte	Best Practice Transfer	Leitbild
Frequently Asked Questions (FAQ)	Analyse des bisherigen Umgangs mit Wissen	Wissensmarkt
Mikroartikel	Lessons-learned	Best-Practice-Konzept
Selbsterklärende Ordnerstruktur	Community of Practice	Community of Practice
Suchmaschine	Kreativitätstechniken	Debriefing/Lessons-learned
Wiki	Leitbild	Kreativitätstechniken
After Action Review	Wissensmarkt	Lernlaboratorien
Gebrauchsanweisungen	Wissensbilanz	

Tabelle 6.3: Methoden zur akzeptanzförderlichen Einführung von Wissensmanagement (nach [KOHL09, S. 110 ff.]

Diese Methodensammlung von Kohl [KOHL09] wurde im praktischen Einsatz bewertet und evaluiert [KOHL09, S. 137 ff.]. Insbesondere die Kriterien „KMU-gerecht“ und

„motivationsfördernd“ standen im Vordergrund und wurden durchweg positiv bewertet [KOHLE09, S. 155 ff.]. Die Methodensammlung weist somit die erforderliche hohe Praxisrelevanz auf und kann im Rahmen der vorliegenden Arbeit eingesetzt werden.

Damit stehen unterstützend zum Projektmanagement detailliertere Methoden zur Verfügung, welche die Einführung der ausgewählten WM-Methoden in die betriebliche Praxis unterstützen. Für den letzten Prozessschritt aus Bild 6.1, S. 104, die Evaluation, bedarf es der Methoden zur Analyse und Evaluierung der Verbesserungen durch den Methodeneinsatz zur Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung.

6.7 Methoden zur Evaluierung des WM-Methodeneinsatzes

Im Rahmen dieser Arbeit ist zwischen der Evaluation der eingesetzten WM-Methoden und der Evaluation der entwickelten Methode zur Rückführung von Erprobungswissen unterschieden worden. Die Evaluation der in dieser Arbeit entwickelten Methode ist in Kapitel 7 beschrieben. In diesem Kapitel geht es um Methoden, die für die Evaluation des WM-Methodeneinsatzes in der industriellen Praxis angewendet werden können. Die Evaluation entspricht dem Prozessschritt „Einsatz und kontinuierliche Verbesserung“ der VDI-Richtlinie 5610 [VDI 5610 2009, S. 27]; allerdings liefert auch diese keine eindeutigen Hinweise auf Methoden, die in diesem Fall eingesetzt werden müssen. Die Aufgaben der Evaluation sind die Validierung und die Verifikation der erarbeiteten Unterstützung, um die Auswirkungen auf die Entwicklung bewertbar zu machen (in Anlehnung an [ROTH13, S. 5-5 ff.]). Dabei werden drei Arten der Evaluation unterschieden (vgl. [ROTH13, S. 5-8]): die Unterstützungsevaluation, die Anwendungsevaluation und die Erfolgsevaluation.

Die Unterstützungsevaluation hat die Aufgabe, zu überprüfen, ob die entwickelte Methode den gestellten Anforderungen entspricht. Sie bezieht sich auf die „Unterstützung“, die im Impact Model (siehe z. B. Bild 6.2, S. 108) zur Verbesserung der Situation eingetragen wird. Dabei werden die Anforderungen an die Unterstützung mit den erwarteten Eigenschaften des Ergebnisses kontinuierlich verglichen (vgl. [ROTH13, S. 5-10]). Die Anwendungsevaluation dient der Beantwortung der Fragen nach der Anwendbarkeit und Tauglichkeit der Methode und erfolgt auf Basis der adressierten Schlüsselfaktoren im Impact Model (siehe z. B. Bild 6.2). Die Erfolgsevaluation zielt auf die Nützlichkeit und den Mehrwert der Methode [BLESSING09, S. 184 f.]. Bewertet werden Auswirkungen der Unterstützung auf die messbaren Erfolgsfaktoren, um den Mehrwert der entwickelten Unterstützung aufzuzeigen.

Das Verbesserungspotenzial und die Erfolge können vergleichbar nur dann aufgezeigt werden, wenn zur Evaluation dieselben Methoden wie bei der Situationsanalyse angewendet werden. Prinzipiell stehen daher die Methoden der Situationsanalyse aus Kapitel 6.2 zur Verfügung. Ergänzend oder unterstützend wirken Methoden des „Usabilitytestings“ (Überblicke liefern z. B. [GEISEN17] oder [RUBIN08]). Diese Methoden werden unter anderem im Produktdesign angewendet, z. B. die Methode des Eye-Trackings [BOTTA16], die in Kapitel 7.6 unterstützend angewendet wird, um bei der Erfolgs-evaluation der Effizienz die Vorgehensweise des Probanden nachzuvollziehen.

7 Evaluation am Beispiel Fahrzeugtriebstrang

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der – gemäß Forschungstyp fünf [BLESSING09, S. 60 ff.] reduzierten – Evaluation der zuvor vorgestellten Methode dargestellt und mit dem Ist-Zustand (Kapitel 4) verglichen. Dabei kann, aufgrund des begrenzten Zeitfensters, nur ein Teil der entwickelten Unterstützung exemplarisch an einem Anwendungsfall einer Erfolgsevaluation unterzogen werden. Ausgangs- und Endzustand liegen in Form messbarer Faktoren vor. Die Verbesserung des Zustands durch die entwickelte Unterstützung und die im Anwendungsfall eingesetzten Methoden kann nachgewiesen werden.

Die Evaluation wurde bei der Daimler AG im Powertrain-Prüffeld von Mercedes-Benz Cars in Untertürkheim durchgeführt. Der Anwendungsfall sind die zahlreichen Antriebsstrangprüfstände (vgl. Kapitel 2.6.3) in diesem Prüffeld, an denen die Dauerhaltbarkeit der Antriebsstränge erprobt wird (vgl. Kapitel 2.6.2). Aufgrund der komplexen Triebstränge, der Prüftechnik und der Automatisierungstechnik kommt es während der Dauerläufe zu Fehlern. Der Umgang mit diesen Fehlern ist entscheidend für einen effizienten Prüfbetrieb und für eine effektive und effiziente Produktentwicklung.

Die Evaluation zeigt den Mehrwert der entwickelten Methode und den Erfolg durch die Unterstützung der Methode auf. Zudem ergibt sich ein Abgleich mit den Anforderungen an die Methode nach der Anforderungsliste aus Anhang A.14. Im Folgenden wird zunächst in Kapitel 7.1 der Evaluationsplan dargestellt. In den Kapiteln 7.2, 7.3 und 7.4 wird die Umsetzung im betrieblichen Umfeld beschrieben. Die Ergebnisse, die sich durch den Methodeneinsatz ergeben, werden als Erfolgsevaluation in den Kapiteln 7.5 und 7.6 präsentiert. In Kapitel 7.7 erfolgt eine Zusammenfassung; zudem werden weiterführende Erkenntnisse aus der Evaluation aufgezeigt.

7.1 Evaluationsplan

Die Evaluation lässt sich, wie in Kapitel 6.7 beschrieben, in drei Arten untergliedern. Für diese wurde ein Evaluationsplan aufgestellt (vgl. Tabelle 7.1).

Die für die Unterstützungsevaluation notwendigen Anforderungen an die Methode wurden in Kapitel 5.2 erarbeitet und sind in Anhang A.14 beschrieben. Diese Anforderungsliste konnte im Rahmen der Evaluationsphase nicht explizit evaluiert werden, sondern wurde auf unterschiedlichen Plattformen für alle Schritte der entwickelten Methode diskutiert (siehe Tabelle 7.1). Um die Unterstützungsevaluation während der Einführung einer ausgewählten Unterstützungsmethode in ein Unternehmen zu gewähr-

leisten, umfasst die entwickelte Methode zwei Bereiche: erstens den „Prozess zur Einführung einer Methode zur Rückführung von Erprobungswissen“ nach Kapitel 5.3.2 und Bild 5.3, S. 101, welcher die Evaluation als Schritt beinhaltet, und zweitens die „Methoden zur Integration von Prozessen, WM-Methoden und Tools“ nach Kapitel 6.6, welche die entsprechenden Schritte aus Bild 5.3, S. 101 unterstützen. Dieser Schritt beinhaltet die Einführung der ausgewählten Methoden in den Betrieb und deren kontinuierliche Verbesserung und Evaluation. Die Anwendungsevaluation erfolgte beim Evaluationspartner im Rahmen mehrerer studentischer Arbeiten, sodass jeder Schritt der Methode aus Kapitel 6 angewendet wurde, um die Schlüsselfaktoren zu adressieren. Da mithilfe der im Rahmen dieser Arbeit vorgestellten Methode Unterstützungen bei der Rückführung von Erprobungswissen entwickelt werden, wird durch die Erfolgsevaluation der Anwendung aller Schritte der Methode indirekt auch die vorgestellte Methode mit all ihren Schritten bewertet, sprich deren Erfolg evaluiert. Im Folgenden wird also die Methode in Bezug sowohl auf die Anwendung als auch den Erfolg durch die Anwendung bewertet. Ausgehend vom Evaluationsplan in Tabelle 7.1 wird die Evaluation der Methode beim Evaluationspartner beschrieben.

Methoden aus Kapitel 6	Unterstützungs-evaluation	Anwendungs-evaluation	Erfolgs-evaluation
Situationsanalyse, Kapitel 6.2	Erfolge: <ul style="list-style-type: none"> • im Rahmen von Konferenzvorträgen und Veröffentlichungen, • im Rahmen von Fachgesprächen, Projektbesprechungen und Diskussionen beim Evaluationspartner, • in Diskussionen mit Kollegen und studentischen Hilfskräften sowie im Rahmen von studentischen Arbeiten. 	Erfolgte durch studentische Arbeiten ([GRUBER14] & [AKKAYA12]; Kap. 4.3 und 4.4)	Erfolgte in reduzierter Form anhand einer objektiven Erfolgsevaluation der messbaren Erfolgsfaktoren nach der Anwendung der Methode beim Evaluationspartner (Kap. 7.6)
Methodenbaukasten, Kapitel 6.3		Evaluiert durch die gemeinsame Entwicklung und Anwendung mit den Mitarbeitern des Evaluationspartners (Kap. 7.2 und 7.3)	
Vorgehensweise der Methodenauswahl, Kapitel 6.4			
Methodenanpassung und Tool-Entwicklung, Kapitel 6.5			
Methoden zur Integration der Prozesse, Methoden und Tools ins Unternehmen, Kapitel 6.6		Erfolgte anhand von Befragungen der Anwender beim Evaluationspartner (Kap. 7.4)	
Evaluiierung des Methodeneinsatzes, Kapitel 6.7		Basis hierfür war eine studentische Arbeit [AKKAYA12], da dieselben Methoden angewendet wurden (Kap. 7.5 und 7.6)	

Tabelle 7.1: Evaluationsplan

7.2 Anwendung der Methode in der Produktentwicklung des Evaluationspartners

Im Folgenden werden die einzelnen Stufen der Anwendungsevaluation der Methode dargestellt. Die Anwendung fand beim Evaluationspartner gemeinsam mit sieben Entwicklungsingenieuren (deren Erfahrungsniveau von Anfänger bis Experte reichte) und begleitet vom dortigen Management (Team- und Abteilungsleiter) statt.

7.2.1 Situationsermittlung im Unternehmen

Die Ist-Situation im Unternehmen (siehe Bild 6.2 a), S. 108) wurde auf Basis der Erkenntnisse aus den Studien (siehe Kapitel 4.2, 4.3 und 4.4) ermittelt. Die beiden Schlüsselfaktoren sind die Problemsituationen, dass der Anteil der nicht nachvollziehbar dokumentierten Fehler zu hoch (siehe Bild 7.1 a)) und der Anteil der Kapazität, der zur Dokumentation und zum Informationsaustausch zur Verfügung steht, zu gering ist (siehe Bild 7.1 b)). Diese Erkenntnisse sind in Bild 7.1 zusammenfassend dargestellt. Aus den Arbeiten von Akkaya [AKKAYA12] und Gruber [GRUBER14] ergeben sich die zu verarbeitenden Informationen und Daten. Die Beschreibung der Ist-Situation durch Kontextfaktoren ist auszugsweise in Bild 6.5, S. 117 dargestellt. Hinzu kommen Barrieren im Umgang mit Wissen, wie z. B. in Kapitel 4.1 beschrieben. Fokussiert wurde daher die Integration der Prozesse und Methoden ins Unternehmen. Die Fehleranalyse während des Dauerlaufs soll durch gezielten Methodeneinsatz verbessert werden.

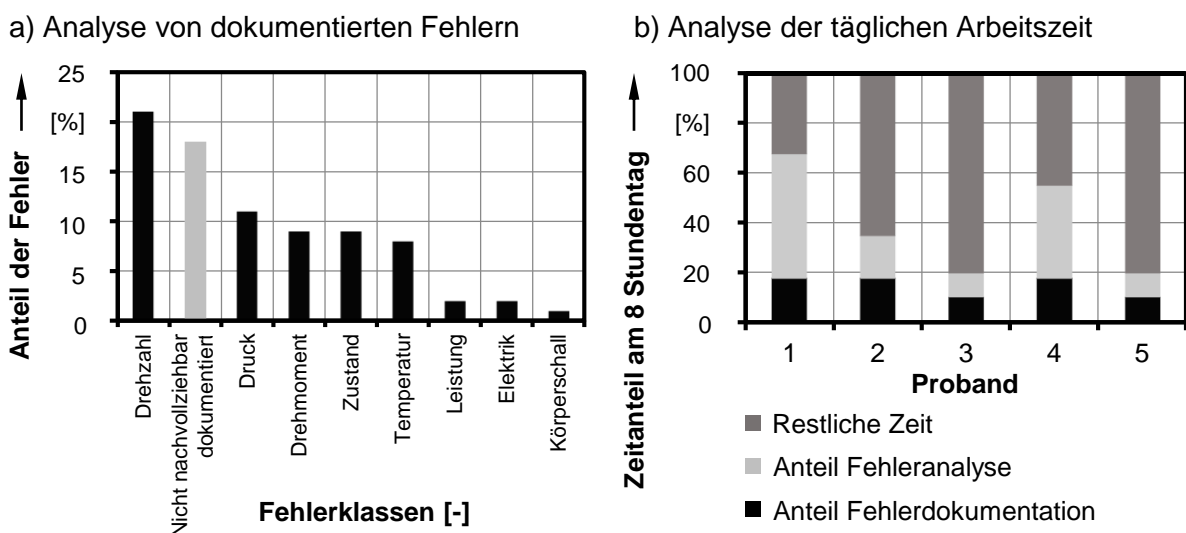


Bild 7.1: Situationsanalyse: quantitative Beschreibung der Schlüsselfaktoren vor dem Methodeneinsatz

7.2.2 Methodenauswahl zur Konzeption einer Lösung

Die Details der Methodenauswahl wurden beispielhaft in den Kapiteln 6.4.1 und 6.4.2 anhand von Bild 6.4, S. 116 und Bild 6.5, S. 117 dargestellt und werden hier nicht weiter behandelt. Beim Evaluationspartner konnten zwei Schlüsselfaktoren identifiziert werden: „Anteil der Kapazität, die zur Dokumentation und zum Informationsaustausch zur Verfügung steht, ist zu gering“ und „Anteil der nicht nachvollziehbar dokumentierten Fehler ist zu hoch“ (siehe Bild 6.2 a), S. 108). Zur Verbesserung der Rückführung von Erprobungswissen und der identifizierten Schlüsselfaktoren wurden für die Prozessschritte „Wissen erzeugen“, „Wissen speichern“, „Wissen verteilen“ und „Wissen anwenden“ geeignete erscheinende WM-Methoden nach den Schritten in Kapitel 6.4 ausgewählt. Das Gesamtkonzept – ein Überblick über die ausgewählten WM-Methoden –, mit welchem die Rückführung von Erprobungswissen beim Evaluationspartner verbessert werden soll, ist in Tabelle 7.2 dargestellt.

Wissen erzeugen	Wissen speichern	Wissen verteilen	Wissen anwenden
Data-Mining-Methoden zur automatisierten Sammlung von Informationen und strukturierter Darstellung aller gesammelten und verknüpften Informationen in einem standardisierten HTML-Bericht zur Dokumentation ([KARTHAUS14C]; [KARTHAUS15B]).	Multiple-Domain-Matrix (MDM) als matrixbasierte Methode und automatisierbarer Ansatz zur Speicherung von Wissen und Darstellung von semantischen Netzen [KARTHAUS14B].	Personal Messaging in Kombination mit matrixbasierten Methoden und der Verteilung der standardisierten Berichte ([KARTHAUS14B]; [KARTHAUS14C]).	FAQ, Frequently Asked Questions, mit grafischer Darstellung der am häufigsten gestellten Fragen in der Kommunikation mit Produktentwicklern auf Basis der erhobenen Versuchsdaten mit automatisiert generierten Diagrammen [KARTHAUS14C].
Befragungen und Beobachtung mittels strukturierter Fragebögen und Bericht-Bearbeitungs-Tool (BBT). Durch das BBT wird der Prüfstandingenieur nach den Ergebnissen seiner Fehleranalyse gefragt und bei der Messsignalanalyse beobachtet. Die Ergebnisse werden automatisch gespeichert [KARTHAUS14C].			

Tabelle 7.2: Konzept der ausgewählten Methoden zur Verbesserung der Rückführung von Erprobungswissen beim Evaluationspartner

Durch die Strategiedefinition wurde unter anderem festgelegt, welches Wissen (Fehler von Antriebsstrangprüfständen) zu verarbeiten ist. Aus der Situationsanalyse heraus ergibt sich insbesondere für den Prozess der Wissenserzeugung die Aufteilung in:

1. Informationen, die automatisch vom Antriebsstrangprüfstand erfasst und nach vordefinierten Regeln verarbeitet werden;
2. Informationen, die durch menschliche Analyse von vorhandenen oder aufbereiteten Daten entstehen.

Für diese beiden unterschiedlichen Arten der Information sollen zwei Tools beim Evaluationspartner entwickelt werden (siehe Tabelle 7.2). Die Informationen aus dem zweiten Teil müssen für ein ganzheitliches Ergebnis mit den Informationen aus dem ersten Teil gemeinsam betrachtet werden.

Die Aufgaben, die für das Impact Model aus den ausgewählten Methoden als Unterstützung der Schlüsselfaktoren definiert werden, sind: „den Grad der Automatisierung der Dokumentation erhöhen“ und „den Grad der Standardisierung und Verknüpfung von Information erhöhen“ (vgl. Bild 6.2 b), S. 108).

Das Konzept (siehe Tabelle 7.2) wurde vom Management (Team- und Abteilungsleiter) und den Sachbearbeitern beim Evaluationspartner im Rahmen des gemeinsamen Projekts zur Realisierung freigegeben. Dadurch ergibt sich nach Einschätzung des Autors für die dortigen Mitarbeiter ein positives und überzeugendes Bild von diesem Konzept und die Methode seiner Entstehung, denn die Freigabe des Konzepts zur Realisierung hat weitere Investitionskosten zur Folge, die der Evaluationspartner zu tragen bereit war.

7.3 Anpassung der Methoden und Entwicklung geeigneter Werkzeuge

Im Folgenden werden die zur Realisierung (Bild 6.1, S. 104) notwendigen Anpassungen der Wissensmanagementmethoden und die nach Kapitel 6.5 entwickelten Werkzeuge beschrieben bzw. entsprechende Quellen benannt.

7.3.1 Methoden zur Wissenserzeugung

Bei der Wissenserzeugung müssen zwei Schritte (vgl. Kapitel 7.2.2) unterschieden werden: die automatische Datenverarbeitung und die menschliche Datenverarbeitung. Die ist beispielsweise eine Anpassung an Unternehmensspezifika.

Bei der automatischen Datenverarbeitung werden Data-Mining-Methoden eingesetzt, da diese einen hohen Automatisierungsgrad bieten. Mit ihnen werden vorliegende Messdateien und Fehlerberichte gezielt durchsucht, um Informationen aus den Messdaten für den Versuchingenieur aufzubereiten. So werden z. B. Zustandssignale des Prüfstands nach dem Zeitpunkt der Abschaltung analysiert, zuvor definierte Fehlercodes ausgelesen (z. B. im Fall des Druckaufbaus der Ölpumpe, siehe Bild 7.4, S. 136) oder Drehmoment-, Drehzahl-, Druck- oder Temperatursignale auf definierte Wertebereiche überprüft ([KARTHAUS14C, S. 11 ff.] und [KARTHAUS15B]). Des Weiteren werden die vorhandenen „Wissensspeicher“ (siehe Kapitel 7.3.2 und Bild 7.2) nach bereits vorhandenen Informationen zu einem Fehler durchsucht, um mit diesen Informationen die Fehleranalyse des

Versuchingenieurs zu unterstützen, vgl. Kapitel 7.3.4. Der Einsatz der Data-Mining-Methoden zur Wissenserzeugung wird von einem eigens entwickelten Software-Tool, dem sogenannten „Fehlermanager“ (FM), unterstützt (siehe [KARTHAUS13B], [KARTHAUS14C, S. 7 ff.]). Die Informationen fließen automatisch in strukturierte HTML-Berichte ein und werden so dokumentiert. Einen beispielhaften Auszug aus einem solchen Bericht bietet Bild A.66.1, S. 264 im Anhang A.65.

Nicht alle Informationen lassen sich auf diese Weise, mittels Data-Mining, erfassen. So kann beispielsweise die Information über eine Fehlerursache nur manuell vom Ingenieur festgestellt und analysiert werden. Für die Erfassung dieser Informationen muss eine Methode geschaffen werden, die mit minimalem Aufwand die Daten automatisiert erfasst und den bereits vorhandenen Informationen hinzufügt [KARTHAUS14C, S. 11 ff.] Hierfür steht das „Bericht-Bearbeitungs-Tool“ (BBT; siehe Kapitel 7.3.4) zur Verfügung. Der Versuchingenieur kann seine Analyseinformationen, sein explizites Wissen, in strukturierter Form dem vom Fehlermanager zuvor erzeugten Bericht hinzufügen und ergänzen. Das Tool übernimmt die Verarbeitung und Speicherung der Informationen, die es vom Versuchingenieur durch dessen Beobachtung erhält, sodass diese beim nächsten Fehler dem Fehlermanager für die Wissensverteilung und -anwendung zur Verfügung stehen.


	Fehler	Fehler- ursache	Maßnahme	Funktion	Bauteil	Strecke	Bauteilver- antwortlicher	Messsignal
Fehler		hat	wird abgestellt durch	führt zu nicht erfüllten	hat verur- sachendes	passiert auf		benötigt für Interpre- tation
Fehlerursache								
Maßnahme								
Funktion								
Bauteil		ist verant- wortlich für		erfüllt				
Strecke								
Bauteil- verantwortlicher				ist verant- wortlich für	ist verant- wortlich für			
Messsignal	ent- deckt				wird aufge- zeichnet am			

Bild 7.2: Beispiel der MDM zur Wissensspeicherung zur Rückführung von Erprobungs-
wissen [KARTHAUS14B, S. 353] oder [KARTHAUS15D].

Eine solche Beobachtung erfolgt z. B. bei der Gestaltung der Diagramme im HTML-Bericht (siehe Bild A.66.1, S. 264). Fügt der Versuchingenieur Signale, die er für die Analyse benötigt, hinzu, werden diese im Diagramm angezeigt. Dabei wird diese Information in der (Teil-)Matrix „Fehler, benötigt für Interpretation Messsignal“, gespeichert (siehe Bild 7.2).

7.3.2 Methoden zur Wissensspeicherung/-bewahrung

Die Daten des Prüfstands werden durch vordefinierte Regeln zu Informationen verarbeitet: Sie werden direkt vom Prüfstand erfasst und müssen gemeinsam mit dem expliziten Wissen des Versuchingenieurs in Form von Informationen gespeichert werden.

Dazu werden im Rahmen der Evaluation Wissensmatrizen nach dem Vorbild der „*Multiple-Domain-Matrix*“ (MDM) (siehe Anhang A.60) verwendet. Dieser Ansatz wurde weiterentwickelt und auf das Umfeld der Erprobung und ihrer Domänen angepasst [KARTHAUS14B]. Die Multiple-Domain-Matrix für die Speicherung und Repräsentation von Wissen bei der Rückführung von Erprobungswissen ist in Bild 7.2 dargestellt. Durch die Verknüpfung von Fehlern und Messsignalen, die für die Interpretation benötigt werden, siehe Bild 7.2, in einer Matrix entstehen Regeln, die der Prüfstand bzw. das Sollwert-Vorgabesystem als Teil der Automatisierungstechnik (vgl. Kapitel 2.6.3) verarbeiten kann, um vorgefertigte Diagramme für die Analyse des Fehlers zu erzeugen [KARTHAUS14B]. Wie oft ein Fehler mit einer Ursache auftritt, wird ebenfalls in der MDM festgehalten, und zwar in der (Teil-)Matrix „Fehler hat Ursache“ (in Bild 7.2). Tritt ein Fehler erneut auf, wird der entsprechende Matrixeintrag für die bestimmte Ursache um den Wert 1 erhöht. Auf Basis dieser Informationen sind nun Aussagen zur Häufigkeit eines Fehlers und seiner Ursache möglich. Diese Informationen werden im HTML-Bericht (siehe Bild A.66.1, S. 264) als mögliche Ursachen dargestellt. Die Eintragungen/Änderungen in die in Form von Excel-Tabellen umgesetzte MDM übernehmen der „*Fehlermanager*“ oder das „*Bericht-Bearbeitungs-Tool*“, das in Kapitel 7.3.4 vorgestellt wird. Eine manuelle Änderung der Matrizen ist ausgeschlossen. Das Fehler-Management-Monitor-Tool (siehe Kapitel 7.3.4) kann auf die gespeicherten Informationen nur lesend zugreifen und diese auswerten. Ein Beispiel einer solchen Auswertung aus der MDM zeigt Bild 7.3.

7.3.3 Methoden zur Wissensverteilung

Die erstellten und gegebenenfalls modifizierten Berichte werden automatisch durch Personal Messaging (Anhang A.44) verteilt. Der Verteiler wird je nach Art des Fehlers jeweils

individuell erstellt, um die Informationsflut gering zu halten. Die Regel, an welche Personen gewisse Fehlerberichte versendet werden, ergibt sich ebenfalls aus der MDM (siehe Bild 7.2 und [KARTHAUS14B, S. 356]). Diese Aufgabe übernehmen der „*Fehlermanager*“ oder das „*Bericht-Bearbeitungs-Tool*“, das im nächsten Kapitel vorgestellt wird.

7.3.4 Methoden zur Wissensanwendung

Die Wissensanwendung erfolgt durch die zur Dokumentation vorgesehenen automatisch generierten Berichte (vgl. Kapitel 7.3.1 und Anhang A.66). Diese entsprechen Qualitätsaufzeichnungen und sind als interne Qualitätsberichte zu werten (z. B. nach [GEIGER05, S. 498] und [KARTHAUS14C, S. 63 f.]). Dennoch sind sie editierbar und können um manuelle Informationen des Versuchsingenieurs ergänzt werden. Dafür steht das eigens entwickelte „*Bericht-Bearbeitungs-Tool*“ (BBT) zur Verfügung. Das BBT erfüllt damit die zweite Funktion der Wissenserzeugung (vgl. Tabelle 7.2, S. 126), nämlich die Dokumentation der manuellen Informationen des Versuchsingenieurs, und gewährleistet, dass beide Arten der Informationen zusammenfließen. Die Berichte enthalten folgende Informationen, siehe Bild A.66.1, S. 264: Projektdaten, Ergebnisse der automatisierten Fehleranalyse, Häufigkeitsanalysen zu möglichen Ursachen und verursachenden Bauteilen, manuell hinzugefügte Ergebnisse der Fehleranalyse des Versuchsingenieurs, fehlerspezifische Messsignaldarstellungen, verlinkte Dokumente und Verantwortlichkeiten sowie die Versionshistorie. Alle Änderungen dieses Berichts werden in einer Historie dokumentiert. Diese Fehlerberichte enthalten auf Basis des Vorwissens, das in der vorgestellten MDM gespeichert wird, mögliche Fehlerursachen und Bauteile, inklusive der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens, bestimmt aus der Auftretenshäufigkeit in der Vergangenheit. Die hinterlegten Fehlerursachen und Bauteile waren in der Vergangenheit statistisch gesehen häufig verantwortlich für den jeweiligen Fehler. Durch Auswahl einer Fehlermöglichkeit oder Hinzufügen der „richtigen“ Ursache im BBT-Tool wird der Bericht verändert und eine korrekte Information ergänzt. Diese Information wird durch das BBT-Tool in der MDM gespeichert und steht für die nächste Analyse zur Verfügung.

Die Wirkung von Fehlern/Abschaltungen muss bei den Berichten am Antriebsstrangprüfstand nicht gesondert dokumentiert werden. Die Wirkung am Prüfstand ist die Grenzwertüberschreitung. Die Wirkung des gleichen Fehlers in der Alltagssituation wäre anders, möglicherweise schwerwiegender. So führt beispielsweise eine zu hohe Kühlwassertemperatur des Motors zum Abschalten des Prüfstands, während es im Alltag zum Kochen

des Kühlwassers kommen kann. Deshalb muss die Wirkung nicht gesondert in den Berichten dokumentiert werden. Die Ursachen werden, wie zuvor beschrieben, manuell ergänzt. Ebenso werden im Bericht eingeleitete Verbesserungsmaßnahmen ergänzt. Der Bericht orientiert sich an der allgemeinen Vorgehensweise zur Fehlerbeseitigung nach der 7-Step-Methode mit den Schritten Problem beschreiben, Sofortmaßnahmen treffen, Ursachen analysieren, Korrekturmaßnahmen treffen, Wirksamkeit prüfen, Wirksamkeit absichern, Vorbeugungsmaßnahmen treffen [JUNG13, S. 13]. Die Berichtsergänzung wird automatisch in der MDM gespeichert und steht sofort für weitere Analysen zur Verfügung. Diese Art der unterstützenden Dokumentation von Wissen während einer Erprobung und nicht nachträglich war eine Anforderung an die Methode. Das Wissen, das während der Erprobung oder während der Klärung von Sachverhalten entsteht, muss zeitnah zu den getroffenen Entscheidungen und nicht erst zum Abschluss des Gesamtprojekts dokumentiert werden [HEYNEN99, S. 35 ff.]. Daher übernimmt das Werkzeug, das den Versuchingenieur anleitet und bei der Fehleranalyse unterstützt, automatisch die Aufgabe der Sicherung des Wissens.

Für die ganzheitliche Wissensanwendung und die Darstellung aller Informationen und des expliziten Wissens aus der zuvor beschriebenen MDM wird das „*Fehler-Management-Monitor-Tool*“ (FMM) verwendet [KARTHAUS14C, S. 13 ff.]. Mögliche Darstellungen sind (siehe auch [KARTHAUS14C, S. 15 ff.]):

- Lauf- und Stillstandauswertung und Vergleich von Soll- zu Ist-Laufleistung;
- Rangfolge aller Fehlerklassen und Fehlerarten;
- Häufigkeitsverteilung der Fehler über der Laufzeit;
- Häufigkeitsverteilung der Fehler über der Laufleistung;
- Häufigkeitsverteilung der Fehler und zeitliche Entwicklung des Softwarestands über der Laufzeit oder der Laufleistung;
- Häufigkeitsverteilung einzelner Fehler bezogen auf die unterschiedlichen Softwarestände (siehe Bild 7.4, S. 136);
- Verteilung der Fehler auf die fehlerverursachenden Bauteile;
- Verteilung der Fehler auf die einzelnen Streckenabschnitte des Dauerlaufs;
- Verteilung der Fehler auf die einzelnen Fehlerursachen;
- Fehler-Ursachen-Netz für spezielle Fehler (siehe Bild 7.3).

An dieser Stelle können aus Gründen des Umfangs nur auszugsweise Ergebnisse und Darstellungen während der Evaluierungsphase des Fehler-Management-Monitor-Tools aus [KARTHAUS14C] gezeigt werden, wie beispielsweise in Bild 7.3 oder Bild 7.4, S. 136.

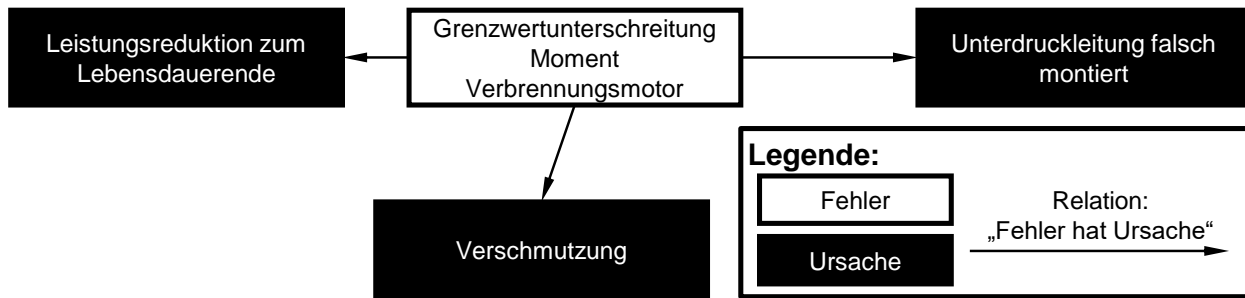


Bild 7.3: Fehler-Ursachen-Netz speziell für den Fehler Grenzwertunterschreitung Moment Verbrennungsmotor, siehe [KARTHAUS14C, S. 23]

Bild 7.3 zeigt ein dynamisches Fehler-Ursachen-Netz als Zusammenhang, welcher Fehler welche Ursachen haben könnte. Je kürzer die Verbindung zwischen Fehler und Ursache ist, desto öfter war in der Vergangenheit diese Ursache verantwortlich für diesen Fehler (nähere Erläuterungen zur Darstellung gibt [SCHWARZ14, S. 34 f.]). Dieses Netz ergibt sich aus der (Teil-)Matrix „Fehler hat Ursache“.

Wie in der Einleitung aufgezeigt, stellt jedes Experiment eine Frage an die Natur. Ebenso stellen Entwicklungsabteilungen Fragen an die Erprobung. Da Entwicklungsabteilungen die Erprobungen zeitnah auszuwerten haben und meist mehrere Informationen aus der Erprobung verlangt werden, bietet sich die Methode der „*Frequently Asked Questions*“ (FAQs) für die Bereitstellung der Informationen zur Wissensnutzung an, um so die Fragen der Entwicklungsabteilungen zu beantworten. Die am häufigsten an die Erprobungsabteilung gestellten und sich im Alltag regelmäßig wiederholenden Fragen wurden von sechs Produktentwicklern erfasst und nach dem Pareto-Prinzip (siehe [LINDEMANN09A, S. 242] oder [OPHEY05, S. 60 ff.]) sortiert. Im konkreten Fall gehören zu den häufigsten Fragen, die bei Fehlern in der Dauerlauferprobung von Fahrzeugen gestellt wurden [KARTHAUS14C, S. 14]:

- Was sind die aktuellsten Fehler am Prüfstand?
- Welche Fehlerart tritt am häufigsten auf?
- Wie entwickelt sich die Anzahl der Fehler mit der Laufleistung oder dem Softwarestand?
- Mit welchem Softwarestand traten welche Fehler auf?
- Was sind die fehlerverursachenden Bauteile und welche Fehler hat ein fehlerverursachendes Bauteil insgesamt?
- Welche Fehler traten zu welchem Zeitpunkt auf und wurden diese abgestellt?
- Was sind die Fehlerursachen?

7.4 Integration der Prozesse, Methoden und Tools im Unternehmen

Die Softwareprogrammierung (FM, MDM und BBT) erfolgte durch eine Softwarefirma, nach Vorgabe und Lastenheftdefinition durch den Autor, siehe auch [KARTHAUS14C]. Die entwickelte Software (der sogenannte „Fehlermanager“ (FM)) wurde vor dem Einsatz am Antriebsstrangprüfstand an einem virtuellen Getriebeprüfstand als Entwicklungsumgebung (z. B. nach [KÜBLER12, S. 865 ff.]) getestet. Diese Maßnahme der Tool-Evaluierung als Teil der Realisierungsphase diente dazu, die ersten Fehler der fremdprogrammierten Software zu ermitteln und zu beheben. Bevor die „Fertigmeldung der Umsetzung“ erfolgen konnte, musste die Funktionsfähigkeit des Tools/Systems nachgewiesen werden.

7.4.1 Beschreibung der ins Unternehmen einzuführenden Prozesse

Es galt, mehrere Prozesse im Umgang mit den neuen Werkzeugen ins Unternehmen einzuführen. Dazu zählen: die Inbetriebnahme der Software am Antriebsstrangprüfstand; die Anpassung der verknüpften Softwaresysteme; das Erstellen, Vorbereiten und Pflegen von Projektdaten; der Start und die Nutzung des Fehlermanagers im Betrieb; die Bearbeitung und Anpassung von Fehlerberichten nach erfolgter Fehleranalyse; die Auswertung von Projektdaten. Die Prozessbeschreibungen sind Teil der Dokumentation der entwickelten Tools (siehe [KARTHAUS14C]. Zur Einführung der Prozesse beim Evaluationspartner wurden zwei Methoden zur Unterstützung der Einweisung der Mitarbeiter in Anlehnung an Kapitel 6.6 eingesetzt: Prozessbeschreibungen nach dem Projekt Management Institute (PMI) sowie Checklisten zum Abarbeiten. PMI beschreibt eine daimlerinterne Darstellungsmethode von Prozessen, die im Wesentlichen der ereignisgesteuerten Prozesskette (EPK) der Modellierung entspricht. Im Sinne von Kapitel 6.6 entspricht dies einer Gebrauchsanweisung. Die Einweisung des Personals und die verwendeten Unterlagen beschreiben Karthaus und Binz [KARTHAUS14C].

7.4.2 Evaluierung der Methoden zur Prozesseinführung

Für die Evaluation der Methoden (Prozessbeschreibungen und Checklisten, siehe Kapitel 7.4.1) bot sich nach der Einweisung der Mitarbeiter eine Beobachtung mit anschließender Befragung an. Die Beobachtung erfolgte bei der ersten Anwendung der Methoden im realen Prüfbetrieb am Pilotprüfstand, die Befragung direkt danach.

Die Evaluationskriterien ergeben sich aus den Untergruppen der Anforderungsliste in Anhang A.14. Betrachtet wurden folgende ins Unternehmen eingeführte und durch die verantwortlichen Experten durchgeführte Prozesse (die dahinter aufgeführte Anzahl gibt die Anzahl der Probanden pro Prozess an):

- Umstellung des Prüfstands auf den Betrieb mit dem „Fehlermanager“ (2);
- Integration neuer Fehler in den Fehlermanager (2);
- Betrieb des Prüfstandes mit Fehlermanager (5) durch Prüfstandbediener;
- Anpassung und Veränderung des Berichts; dies wurde im Rahmen der Beobachtung der Prüfstandingenieure untersucht (siehe Kapitel 7.6.2).

Die Bewertung der Methoden durch die verantwortlichen Experten, die gemäß Beobachtung nachweislich die Prozesse eigenständig und eigenverantwortlich durchgeführt haben, erfolgte mittels strukturierter Fragebögen (siehe auch [KARTHAUS14C, S. 34 ff.]).

Exemplarisch können für den Prozess „Betrieb des Prüfstands mit Fehlermanager“ folgende Aussagen der Prüfstandbediener in Bezug auf die (unterstrichenen) Evaluationskriterien/Anforderungen (nach Anhang A.14) auszugsweise zusammengefasst werden:

- Effektivität: Alle Prozesse konnten ohne Hilfe fehlerfrei durchgeführt werden (5).
- Vollständigkeit: Die Vollständigkeit konnte durch die Evaluation hergestellt werden. Einige Schritte fehlten in der Beschreibung und wurden nach der Evaluation in Abstimmung mit den Experten und den Prüfstandbedienern ergänzt (5).
- Verständlichkeit: Diese ist gegeben (5).
- Unterstützungsgrad: Für die Anfangsphase wird er als hoch angesehen, da die Inhalte der Einweisung dokumentiert sind. Mit zunehmender Bedienzeit ist ein Sinken zu vermuten, da die Prozesse täglich ablaufen (5).
- Anwendbarkeit: Die Anwendbarkeit der Prozesse ist für die tägliche Arbeit gegeben (5). Da einzelne Prozessschritte in der Reihenfolge vertauscht werden können, gibt es individuell andere Gewohnheiten, was nichts an der generellen Anwendbarkeit ändert.
- Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit: Beides muss sich im realen Prüfbetrieb (nicht nur am Pilotprüfstand) unter Beweis stellen. Aus Anwendersicht werden keine Probleme gesehen (5).
- Erlernbarkeit: Diese ist nach Meinung aller Probanden mithilfe der Checkliste gegeben (5).
- Verbesserungsvorschläge: Alle Vorschläge wurden in die Prozessbeschreibung aufgenommen.

Die Evaluation der Methode wurde analog für die anderen Prozesse aus der obigen Aufzählung durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen Karthaus und Binz [KARTHAUS14C, S. 35 ff.] auf. Die Effizienz der Prozesse kann nicht bewertet werden, da es keine vergleichbaren

Prozesse gibt. Die Effektivität ist gegeben, da die Prozesse von den jeweiligen Verantwortlichen fehlerfrei ausgeführt werden konnten. Die methodische Unterstützung der am häufigsten auftretenden Prozesse wurde evaluiert. Diese wurden insgesamt von den Experten, die später für die Anwendung dieser Prozesse verantwortlich sind, positiv hinsichtlich der Einführung ins Unternehmen bewertet. Die Evaluation zeigte, dass die Entwicklung, Anpassung und Integration der ausgewählten Methoden einen erheblichen Zeitaufwand bedeuten und gleichzeitig maßgeblich für den Erfolg der Unterstützungsleistung sind.

7.5 Anwendung der entwickelten Werkzeuge

Die Erfolgsevaluation in der Anwendung der entwickelten Werkzeuge fand anhand eines pilothaften Straßendauerlaufs mit den Daten in Tabelle 7.3 statt (vgl. [KARTHAUS14C, S. 12 f.]). Die Besonderheiten des Dauerlaufs und weitere Details zeigen Karthaus und Binz [KARTHAUS14C, S. 12 ff.] auf. Die in Tabelle 7.2, S. 126 aufgelisteten Werkzeuge wurden während der gesamten Laufzeit des Straßendauerlaufs parallel vom Prüfstandbedienpersonal, den Produktentwicklern und den Versuchingenieuren eingesetzt.

Prüfstand:	Powerpack-Prüfstand (Bremsmaschine des Prüfstands an Gelenkwelle des Standardantriebs)
Motor:	OM651DE22LA (Vierzylinder Diesel 170 PS)
Getriebe:	NAG3 (9-Gang-Automatikgetriebe, Wandlerstufenautomat)
Last:	Straßendauerlauf
Ist-Beginn-Datum:	26.11.2013
Ist-Ende-Datum:	05.04.2014
Prüfstandauslastung:	78 % (in der Zeit mit Fehlermanager, ohne Inbetriebnahme)

Tabelle 7.3: Eckdaten des Straßendauerlaufs zur Erfolgsevaluation (siehe auch [KARTHAUS14C, S. 12 f.])

7.6 Ergebnisse bei Einsatz der Methoden und Werkzeuge

In diesem Kapitel wird explizit auf die Effektivitätssteigerungen und die Effizienzsteigerungen durch den Einsatz der entwickelten Methoden und Werkzeuge eingegangen. Alle Ergebnisse sind von Karthaus und Binz [KARTHAUS14C] dokumentiert und können aufgrund des Umfangs nur auszugsweise dargestellt werden.

7.6.1 Bewertung der Effektivität: Verbesserung der Dokumentation und der Methode zur Dokumentation

Durch den Methodeneinsatz wurden mehr als 94 % aller Fehler automatisiert dokumentiert [KARTHAUS14C, S. 13]. Damit ist gegenüber der Ausgangssituation (vgl. Bild 7.1,

S. 125), in der 18 % nicht nachvollziehbar dokumentiert wurden, eine wesentliche Verbesserung und Effektivitätssteigerung eingetreten. Im Ausgangszustand war kein Fehlertracking über der Zeit des Prüflaufs oder über Softwareänderungen möglich, daher war eine Auswertung von Fehlerwiederholungen und Fehlerabstellungen zum Ende der Erprobung nicht möglich. Durch das Tool Fehler-Management-Monitoring konnten die wesentlichen Fehlerarten über die während der Erprobung eingesetzten Softwaredatenstände während des Prüflaufs erfasst werden (siehe Bild 7.4). Zuerst unbekannte Fehlerarten konnten im Verlauf zugeordnet werden.

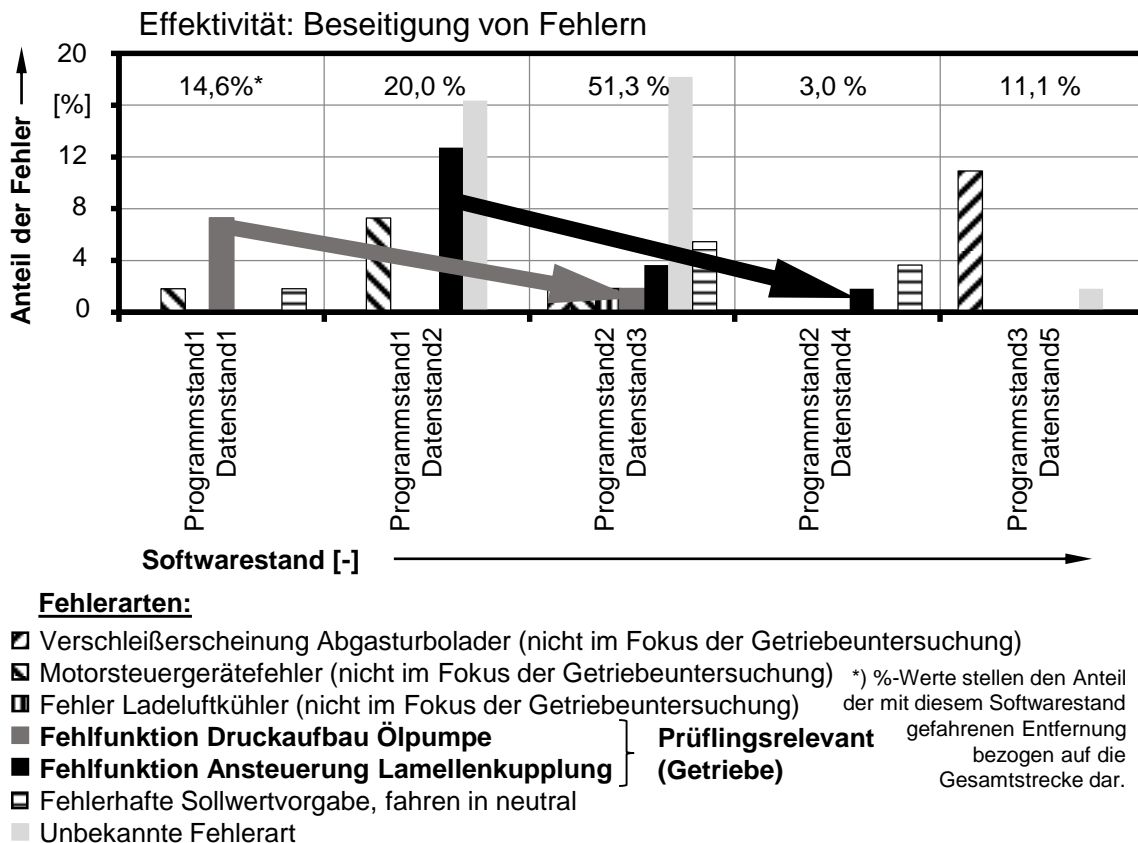


Bild 7.4: Häufigkeitsverteilung der Fehlerarten während des Prüflaufs [KARTHAUS15B]

Während der Erprobung konnten zwei häufiger auftretende, prüflingsrelevante Fehler detektiert werden. Dies waren die Fehlerarten „Fehlfunktion Druckaufbau Ölpumpe“ und „Fehlfunktion Ansteuerung Lamellenkupplung“. Bild 7.4 visualisiert, dass diese Fehlfunktionen durch Softwareänderungen während des Prüflaufs reduziert werden konnten. Mit diesem Diagramm kann die Frage nach der Wirksamkeit von Softwareänderungen in Bezug auf Fehlfunktionen beantwortet werden. Damit ist dokumentiert, dass innerhalb einer Entwicklungscharge Fehler abgestellt werden können. Somit setzen sich derartige Fehler nicht in spätere Entwicklungsphasen fort und die Änderungskosten werden im Sinne der „rule of ten“ minimiert. Damit ist der Erfolgsfaktor Effektivitätssteigerung nachweisbar.

Die Rückführung von Erprobungswissen mit eingesetzten Methoden und Werkzeugen – in diesem Fall der Fehler am Antriebsstrangprüfstand zur Dauerlauferprobung – wurde von den Anwendern des Wissens – bei dieser Untersuchung standen insbesondere der Entwickler und der Versuchingenieur im Vordergrund – hinsichtlich der Anforderungen durch eine Umfrage mittels Interviews und strukturiertem Fragebogen bewertet. Gemäß den Anforderungen (siehe Kapitel 5.2) wurden die Kriterien Validierung, Effektivität, Effizienz zur Ermittlung des Wissens aus dem FMM, Verständlichkeit der Wissensdarstellung, Erlernbarkeit der Bedienung des FMM, Anwendbarkeit, Übersichtlichkeit, Vollständigkeit, Komplexitätsbewältigung, Problemlösen und Innovativität berücksichtigt. Die Details der Bewertung sind von Karthaus und Binz [KARTHAUS14C, S. 24 ff.] dokumentiert. Die Methoden erfüllen die gestellten Anforderungen nach Anhang A.14. Der Aufwand in der Startphase des Tool-Einsatzes und die Erlernbarkeit der Werkzeuge sind hoch. Besondere Rückmeldungen der Experten aus dem Methodeneinsatz:

- Die erhobenen Daten werden als sehr valide und plausibel bezeichnet.
- Der Zeitgewinn gegenüber der manuellen Analyse wird auf 50 % bis 60 % geschätzt.
- Das Wissen ist geeignet, um Fehlerwiederholungen zu reduzieren.
- Eine einheitliche Auswertung über alle Prüfstände ist möglich.
- Die vordefinierten Fragen (FAQs) reduzieren die Komplexität der Auswertung.
- Das zur Verfügung gestellte Wissen hilft bei der Komplexitätsbewältigung.

Fazit aus der Expertenbefragung ist, dass das per FMM-Tool zur Verfügung gestellte Wissen den Produktentwicklungsprozess effektiver unterstützt. Die Methoden sind geeignet, um auf effiziente, anwendbare, verständliche, übersichtliche und nachvollziehbare Weise eine effektivere Nutzung des Erprobungswissens als bisher zu ermöglichen. Dadurch wird eine effektive, konsequente Beseitigung und Abstellung von Fehlern erreicht, was zu einer verstärkten, intensiveren Phase des Problemlösens in der Produktentwicklung führt. Die Vorteile, die sich für das Unternehmen aus diesen Erfolgsfaktoren ergeben, sind aus dem „Impact-Model“ (siehe Bild 6.2, S. 108) abgeleitet.

7.6.2 Bewertung der Effizienz von Beobachtungen der Prüfstandingenieure bei der Fehleranalyse

Nicht nur die Steigerung der Effektivität der Ergebnisse – dabei stehen der Entwickler und der Versuchingenieur im Vordergrund –, sondern auch die der Effizienz bei der Fehleranalyse ist ein Ziel. Diese weitere Untersuchung fokussiert sich nun auf den Versuchingenieur.

Zur Bewertung der Effizienz des Versuchsingenieurs bei der Fehleranalyse wurde ein Szenario mit einem simulierten Fehler erstellt. Der Fehler entstand durch einen falsch eingestellten Grenzwert der Getriebeöleingangstemperatur. Dieser Grenzwert wurde von 120 °C auf 75 °C herabgesetzt, die Warngrenze auf 73 °C. Bei Überschreitung dieser für mehr als drei Minuten wurde eine Abschaltung des Prüfstands gefordert. Damit konnte während des realen Prüfbetriebs ein Fehler für die acht Probanden simuliert werden. Zudem wurde die Aufzeichnung des Messsignals „Getriebeölausgangstemperatur“ unterbrochen. Die Versuchsingenieure sollten diesen Fehler analysieren und dessen Ursache ermitteln. Dazu gab es zwei Vorgehensweisen (der Fehler war für beide identisch): die Vorgehensweise mithilfe der Informationen der eigens entwickelten Werkzeuge Fehlermanager und Bericht-Bearbeitungs-Tool sowie die klassische Vorgehensweise mit den Werkzeugen des heutigen Stands der Technik.

Das Szenario wurde beobachtet; für die Bewertung der Effizienz wurden die Zeiten gemessen und verglichen, siehe Bild 7.5.

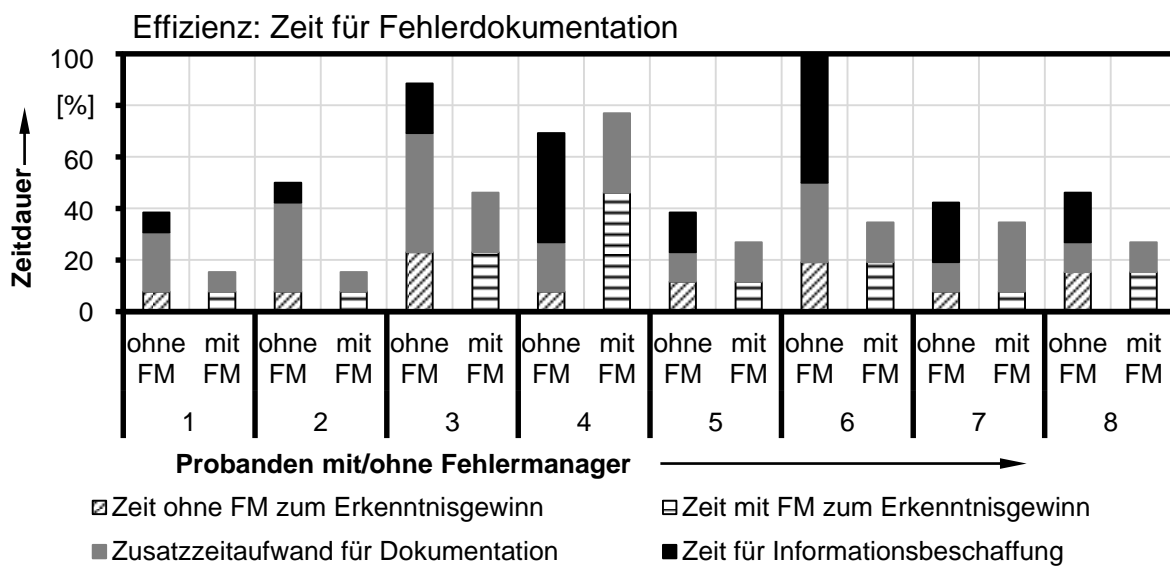


Bild 7.5: Zeitanteile unterschiedlicher Probanden bei der Fehleranalyse im Fehlerszenario [KARTHAUS15B].

Die Bewertung der Tools (FM und BBT) erfolgte anhand der für die Arbeit der Prüfstandingenieure wesentlichen Kriterien, die – mit Ausnahme der Ergonomie, siehe im weiteren Verlauf – mittels Fragebogen beurteilt wurden. Im zweiten Fall waren das Vorwissen bzw. die Erkenntnis über die Ursache des Fehlers bereits vorhanden, d. h. der Vergleich bezieht sich auf die manuellen Tätigkeiten zur Erstellung der Dokumentation des Versuchsingenieurs. Die Effizienz der verbesserten Fehleranalyse lässt sich aus Bild 7.5 ableiten.

Die Zeitdauer für die Analyse der Fehler sinkt durch den Einsatz des Fehlermanagers erheblich. Die Komplexität des Fehlers im Testszenario ist nicht hoch, die Fehler im realen Prüfbetrieb sind in der Regel deutlich komplexer. Die Unterstützung durch die Tools ist gegeben, sodass zu erwarten ist, dass sich dieser Effekt einer effizienteren Fehleranalyse bei komplexeren Fehlern noch stärker auswirken wird. In allen Fällen wurde entdeckt, dass das Signal nicht aufgezeichnet wurde. Der falsch eingestellte Grenzwert wurde als Fehler von sieben der acht Probanden erkannt und die passende Maßnahme (Anpassung des Grenzwerts) entsprechend eingeleitet. Das nicht vollständige Entdecken beider Fehler bei Proband sieben hätte in gleicher Weise beim Einsatz konventioneller Methoden, je nach Vorgehen bei der Messsignalanalyse, auftreten können. Die anderen Anforderungen (siehe Anhang A.14) wurden wie zuvor in Kapitel 7.6.1 wieder durch die Experten nach dem Methodeneinsatz bewertet. Die Probandenanzahl war in diesem Fall höher, daher fällt das Fazit differenzierter aus (siehe [KARTHAUS14C, S. 28 ff.]).

Die Anforderungen sind weitestgehend erfüllt. Es gibt Verbesserungsvorschläge zur Übersichtlichkeit der Darstellungen, da die Vollständigkeit von individuellen Sichtweisen abhängt. Durch die teilweise standardisierten Vorgaben und das konsequente Abarbeiten des Fehlerabstellprozesses wird die Flexibilität eingeschränkt, die Auswertung jedoch deutlich vereinfacht. Besonders hervorzuhebende Rückmeldungen sind:

- Die Anwendbarkeit der Methoden und Werkzeuge FM und BBT wird von den Probanden für den täglichen Einsatz bestätigt.
- Der Bericht unterstützt durch seine Informationsdarstellung die Analyse, um den aufgetretenen Fehler und dessen Ursache schnell einzukreisen.
- Die Verständlichkeit ist bei allen Probanden ohne vorherige Einweisung gegeben.

Die Reproduzierbarkeit ist gegeben, da die Berichte automatisiert erstellt werden (94 % der Fehler wurden automatisiert dokumentiert). Die Unterstützung der Versuchingenieure für eine effizientere Fehleranalyse ist gegeben. Der Effizienzgewinn für die einzelne Fehleranalyse liegt zwar nur im Minutenbereich, fließt aber in die Erhöhung der Auslastung ein (siehe Kapitel 7.7): Bei mehr als 30 Prüfständen und unter der konservativen Annahme „ein Fehler pro Tag und Prüfstand“ wird dadurch eine erhebliche Entlastung der Versuchingenieure und eine Reduktion der Stillstandzeiten erreicht. Unter Berücksichtigung der Tagessätze von mehreren Tausend Euro für einen Prüfstand, inklusive Bedienpersonal, amortisieren sich die Investitionskosten für die Toolentwicklung innerhalb kurzer Zeit – insbesondere im Hinblick darauf, dass bei parallel stillstehenden Prüfständen Versuchingenieure – als „knappe Ressource“ – schneller zur Verfügung

stehen. Damit ist nach dem Referenzmodell (siehe Bild 4.5, S. 87) insgesamt eine effizientere Produktentwicklung möglich.

Die Ergonomie der Informationsdarstellung wurde, wie bereits oben erwähnt, anhand von Eye-Tracking-Untersuchungen bewertet (siehe [KARTHAUS14C, S. 31 ff.]). Dazu wurden drei von acht Probanden (Nummer 1, 4 und 5) während der Beobachtung mit einem Eye-Tracking-System ausgestattet. Damit ist die optische Wahrnehmung der Informationsaufbereitung des HTML-Berichts (siehe Beispiel im Anhang A.66, S. 264) bewertbar. Die Teilbereiche dieses HTML-Berichts wurden nach Fixationen ausgewertet; gemessen wurde, wie lange der Proband einen einzelnen Bereich fokussiert und über diese Fixierung des Blicks Informationen aufgenommen hat.

Bei Proband Nummer 1, einem sehr erfahrenen Versuchsingenieur, war eine strukturierte Vorgehensweise beim Lesen des Berichts erkennbar (siehe Bild 7.5). Nach Betrachten des fehlerspezifischen Diagramms Nr. 4 und einer kurzen Überprüfung der Fehlerbeschreibung und der verursachenden Bauteile sowie einem erneuten Blick auf Diagramm Nr. 4 und Legende 4 konnte die richtige Ursache genannt werden. Da kaum Sprünge zwischen den einzelnen relevanten Teilbereichen des HTML-Berichts auftraten, lässt das auf einen sehr ergonomischen, strukturierten Bericht schließen. Diese Thesen bestätigen die Ergebnisse von Proband Nummer 5.

Bei Proband Nummer 4, einem eher unerfahrenen Versuchsingenieur, waren mehr Sprünge zwischen den einzelnen Informationselementen zu beobachten. Zudem wurde die Fehleranalyse mit dem Betrachten der Diagramme und nicht mit dem Betrachten der Überblicksdaten begonnen. Dies erklärt den höheren Zeitbedarf, um die einzelnen Informationen aufzunehmen und zu verarbeiten. Die Dauer zwischen Informationsaufnahme und Erkenntnisgewinn war bei diesem Probanden die längste gemessene.

Diese Beispiele zeigen, dass die Vorgehensweise beim Lesen der Berichte entscheidend für die Effizienz ist. Diese Erkenntnis lässt sich für die Schulung der nächsten Ingenieure nutzen, um die Vorgehensweise bei der Fehleranalyse mit dem HTML-Bericht zu erläutern. Dass alle notwendigen Informationen für eine Erstanalyse in dem HTML-Bericht vorhanden sind, konnte durch die Eye-Tracking-Untersuchungen nachgewiesen werden. Festgehalten werden kann, dass die Informationen im HTML-Bericht ergonomisch aufbereitet sind, das Lesen als Grundlage einer effizienten Analyse aber eine systematische Vorgehensweise erfordert.

7.7 Fazit der Evaluation – Auswirkungen auf die Produktentwicklung

In diesem Kapitel wird ein Fazit der Evaluation gezogen. Dabei werden unter anderem die Auswirkungen der Methodenanwendung in der industriellen Praxis bezogen auf die in Kapitel 5.1 formulierten Ziele für die Produktentwicklung, betrachtet.

Die Anwendungsevaluation erfolgte im Rahmen von studentischen Arbeiten und durch Experten beim Evaluationspartner. Die Unterstützungsevaluation erfolgte im Rahmen von Konferenzen, durch die Beratung mit akademischen Mitarbeitern und studentischen Hilfskräften und durch Fachgespräche beim Evaluationspartner. Die Anforderungen an die Methode (siehe Kapitel 5.2) können durch die Bewertungen der Anwender als weitestgehend erfüllt betrachtet werden. Weitestgehend deshalb, da sich durch die Evaluation Optimierungspotenziale ergaben, die nachträglich realisiert, allerdings nicht mehr evaluiert wurden. Der in Bild 6.2 a), S. 108, beschriebene Ist-Zustand konnte durch die Einführung der entwickelten Unterstützung anhand der vorgestellten Methode verbessert werden. Kriterien dafür sind die messbaren Erfolgsfaktoren, die sowohl in der Ausgangssituation (siehe Bild 7.1, S. 125) als auch nach Einführung der Prozesse im Unternehmen (siehe Bild 7.4, S. 136, und Bild 7.5, S. 138) gemessen wurden. Damit ist eine Erfolgsevaluation der Anwendung der eingeführten Methoden, die auf der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Unterstützung basieren, hinsichtlich Effektivität und Effizienz erfolgt.

Ausgehend von den Verbesserungen der messbaren Erfolgsfaktoren vermittelt das Referenzmodell (Bild 4.5, S. 87) den Eindruck, dass sich die eingeführten Unterstützungen positiv auf die Produktentwicklung des Unternehmens auswirken. Diese Annahme wird durch die folgenden Aspekte gestützt. Die erhöhte Effektivität bei der Fehlerabstellung (siehe Kapitel 7.6.1) sowie die erhöhte Effizienz bei der Fehleranalyse (Kapitel 7.6.2) führten in Kombination mit den Maßnahmen von Schenk [SCHENK17, S.87 ff.] zu einer Reduzierung der Stillstandzeiten. Statt einer geplanten Auslastung von 60 % wurde nach Abschluss des Dauerlaufs eine Auslastung von 78 % erreicht (siehe auch [KARTHAUS14C, S. 15 ff.]). Diese Effizienzsteigerung führte zu einer deutlichen Verkürzung der Gesamterprobungsdauer [KARTHAUS14C, S. 15 ff.]. Durch die Dokumentation der Fehlerbehebung konnte zudem der Produktreifegrad nachweislich gesteigert werden. Die verbesserte Auslastung der Prüfstände und die Reifegradsteigerung sprechen dafür, bei der Planung zukünftiger Erprobungen das Erprobungsportfolio anzupassen, um so die Erprobungsdauer und folglich die Entwicklungszeit von Fahrzeugtriebsträngen zu reduzieren.

Die kritische Betrachtung der Ergebnisse dieser Evaluation und der gesamten Arbeit findet im nächsten Kapitel statt.

8 Diskussion der Ergebnisse

In diesem Kapitel wird anhand der gestellten Anforderungen nach wissenschaftlichen Kriterien (siehe Anhang A.14, S. 203) überprüft und reflektiert, ob und inwieweit die Forschungsfragen – bzw. die operationalisierten Forschungsfragen (siehe Tabelle 1.1, S. 13) – beantwortet werden konnten, die in der Frage zusammengefasst werden können: „Wie kann Erprobungswissen in die Produktentwicklung zurückgeführt werden?“

Im ersten Teil der Arbeit (Kapitel 3 und 4) standen die analytischen Forschungsfragen im Vordergrund, im zweiten Teil (Kapitel 5 und 6) die synthetischen. Dabei wurden drei relevante Wissensgebiete oder Themenfelder – „Methodische Produktentwicklung“, „Wissensmanagement“ und „Fahrzeugantriebsstrangentwicklung und deren Versuchsmethodik“ – betrachtet. Die aufgestellten Forschungsfragen wurden im Rahmen dieser Arbeit im Wesentlichen positiv beantwortet. Im Folgenden wird kritisch betrachtet, welche Randbedingungen und Einschränkungen bei ihrer Beantwortung zu berücksichtigen sind.

So ist das Kapitel 2, „Stand der Technik und Forschung“, aufgrund der genannten komplexen und sehr dynamischen Wissensgebiete verhältnismäßig umfangreich ausgefallen. Die gesamte Literatur dazu zu erfassen und zu berücksichtigen, war und ist unmöglich. Durch Studienarbeiten (wie [WICHNER12] und [BAKELE12]) wurden allerdings viele Quellen geprüft, sodass eine breite theoretische Basis gewährleistet und die Erarbeitung der Ergebnisse nachvollziehbar sind. Eine weitergehende Reduzierung war kaum möglich.

Das Wissen, das während der Erprobung entsteht, konnte durch einen generischen Erprobungsprozess modelliert und mit qualitativen Erläuterungen von Experten ergänzt werden. Dies hat zwar keinen Anspruch auf Vollständigkeit, bietet aber für diese Arbeit eine ausreichende Grundlage. Die Frage nach den beeinflussenden Faktoren wurde überwiegend qualitativ beantwortet; nur im Rahmen der Evaluation beim Evaluationspartner war eine einmalige quantitative Ermittlung möglich. Aufgrund der in den qualitativen Untersuchungen verwendeten empirischen Methoden spiegeln sich in den Ergebnissen zwangsläufig subjektive Wahrnehmungen der Befragten. Der subjektive Einfluss bei den analytischen Forschungsfragen wurde aber durch den Einsatz von Hilfsmitteln, wie z. B. strukturierten Interviews und Fragebögen (Kapitel 4.2) oder Eye-

Tracking-Systemen (Kapitel 7.6), minimiert. Die Relevanz der ermittelten Einflussfaktoren bleibt aufgrund der fehlenden quantitativen Untersuchung unbekannt.

Anhand der quantitativ zu beantwortenden analytischen Forschungsfragen wurden objektiv messbare Erfolgskriterien für Effizienz und Effektivität ermittelt. Diese Kriterien sind aber unternehmensabhängig, das heißt, für andere als das hier untersuchte Partnerunternehmen sind andere Kriterien zu erwarten. Die vorgeschlagene generische Methode zur Unterstützung der Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung zeigt einen Weg auf, diese Kriterien unternehmensspezifisch zu ermitteln.

Trotz all dieser Einschränkungen lässt sich zeigen, dass in der industriellen Praxis Forschungsfragen bestehen, die durch Forschungstätigkeiten zu beantworten sind. So wurde die praxisrelevante Frage nach einer Begriffsbestimmung und Strukturierung von Erprobungswissen mit einer Definition von Erprobungswissen beantwortet und mit einem Strukturmodell detailliert. Die Praxistauglichkeit und die Objektivität der Definition des Erprobungswissens wurden im Rahmen dieser Untersuchung allerdings nicht explizit untersucht (siehe Kapitel 3.1.3), ebenso wie die anderer im Rahmen dieser Arbeit entstandenen Definitionen (z. B. „Erprobung“, „Erprobungsmethodik“).

Die Hauptforschungsfrage *„Wie muss eine Methode zur Unterstützung der Rückführung von Erprobungswissen in der industriellen Praxis gestaltet sein, um eine Effizienz- und Effektivitätssteigerung zu ermöglichen?“* und die daraus entwickelte Methode werden im Folgenden näher beleuchtet.

Die Methode zur Unterstützung der Rückführung von Erprobungswissen in der industriellen Praxis wurde als generische Methode entwickelt. Basis war das Wissensmanagement nach der VDI-Richtlinie 5610 [VDI 5610 2009], da dies im Ingenieurwesen weit verbreitet und von hoher praktischer Relevanz ist. Es bietet mit dem Prozess zur Einführung ins Unternehmen eine angemessene Strukturierung, enthält allerdings wenige direkt anwendbare, konkrete Vorgehensweisen. Die im Rahmen dieser Arbeit daraus entwickelten Methodenbaukästen, Kontextfaktoren und Methodenbeschreibungen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und lassen daher kein theoretisch vollkommen geschlossenes, in sich konsistentes System entstehen. Der generische Charakter der Methode sichert aber eine hohe Anwendbarkeit und bietet dadurch die Möglichkeit, die herrschende Komplexität zu bewältigen.

Für die Situationsanalyse wurde das Referenzmodell vorgeschlagen. Die Aussagen zu den oben im Rahmen der analytischen Forschungsfragen diskutierten und reflektierten

Punkte gelten in gleicher Weise auch für die Situationsanalyse. Im Vergleich mit den Anforderungen ist gerade das Referenzmodell als Methodenteil zur Darstellung zwischen Ist- und Soll-Situation eine Gratwanderung zwischen Erlernbarkeit und Praktikabilität. Einerseits stellt das Referenzmodell auf verständliche Art und Weise die Zusammenhänge zwischen den Einflussfaktoren dar. Andererseits ist die Erlernbarkeit schwierig zu bewerten, denn die Einfachheit der Darstellung kaschiert die Komplexität der Erstellung. Insbesondere die Stringenz und das systematische Denken in Faktoren, Attributen, Elementen und Verknüpfungen sowie das notwendige Abstraktionsvermögen gehen teilweise über das hinaus, was im „normalen“ Ingenieurstudium vermittelt wird, und setzt einige Erfahrung voraus. Denn immerhin ist das Erlernen dieser Methodik mit aufwendigem Selbststudium oder dem Besuch einer Schulung oder Vorlesung verbunden. Eine objektive Beurteilung der Bestandteile des Referenzmodells erfolgte nicht im Einzelnen; es handelt sich um eine subjektive Empfehlung des Autors, um Ist- und Soll-Situation anschaulich darzustellen.

Die Konzeption als nächster Schritt der vorgeschlagenen Methode enthält den zentralen Methodenbaukasten und die Auswahlsystematik. Welche Wissensmanagementmethoden aus dem entwickelten Methodenbaukasten geeignet sind, um die Rückführung zu unterstützen, ist nur für den Anwendungsfall beim Evaluationspartner und die dafür ausgewählten Methoden (Data Mining, Wissensmatrix, FAQ, ..., siehe Kapitel 7.2.2) valide nachgewiesen. Die Methoden, die beim Evaluationspartner umgesetzt wurden, könnten mit dem Status „nachweisbar optimiert“ bzw. „gut geeignet“ bewertet werden. Für die evaluierten Methoden besteht ein quantitativer Nachweis der erfolgreichen Anwendung; die Eignung der Methoden wurde auf Basis der Literatur, der Einschätzung des Bewertungsteams und anhand der Anforderungen der Anforderungsliste beurteilt. Den Status „geeignet“ haben Methoden, wenn sich die Eignung aufgrund von Literaturangaben auf das vorliegende Problem übertragen lässt; sie sind somit für den Einsatz im Methodenbaukasten nicht empirisch verifiziert, aber theoretisch einsetzbar. Viele haben aber den Status „bedingt geeignet“; dies ist dann der Fall, wenn sich eine Eignung nur erfahrungsbasiert vermuten lässt.

Die vorgestellte Methode zur Konzeption ist ein Weg, wie ein Methodenkonzept zur Verbesserung der Rückführung erreicht werden kann. Die im Rahmen der Evaluation ausgewählten Methoden stellen eine Verbesserung der Ausgangssituation dar, wie die Evaluation zeigt. Nicht erwiesen ist allerdings, ob durch eine andere Kombination von Methoden eine darüber hinausgehende Verbesserung hätte erzielt werden können.

Eine weitere an die entwickelte Methode gestellte Anforderung ist die der Objektivität. Doch gerade im Bereich Wissensmanagement, wo es um Individuen, implizites Wissen und zwangsläufig subjektive Wahrnehmungen geht, kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei Bewertungen (z. B. den Kontextbedingungen der Methodenbeschreibungen) subjektive Einflüsse enthalten sind. Kontextfaktoren und Kontextbedingungen ermöglichen eine objektive Bewertung bei der Auswahl der Methoden. Die Bewertung der Kontextbedingungen einer Methode erfolgte literaturbasiert und subjektiv durch den Autor und wissenschaftliche Mitarbeiter. Die Bewertung der Kontextfaktoren der Entwicklungssituation erfolgte subjektiv durch die Methodenanwender. Aus den unterschiedlichen handelnden Personen ergibt sich eine Unschärfe für den Vergleich zwischen Kontextbedingungen und Kontextfaktoren. Ziel ist ein relativer Vergleich zwischen den Methoden. Die Beschreibung der Kontextbedingungen innerhalb der Methodenbeschreibung ist einheitlich vorgenommen. Für den relativen Vergleich ist diese Unschärfe jedoch zulässig. Ein absoluter Maßstab für die einzelnen Bedingungen ist nicht hilfreich, da er zum einen eine Scheingenauigkeit vortäuscht und andererseits hierfür die Kontextbedingungen vor jedem Methodeneinsatz auf Aktualität geprüft werden müssten.

Der Schritt der Realisierung beinhaltet insbesondere die Umsetzung der ausgewählten Methoden in Tools. Die Forderung der industriellen Praxis nach Werkzeugen, um die entstehende Datenmenge zu handhaben, stellt, wie auch die Evaluation zeigt, ein Problem dar. Tools sind notwendig, um die Methoden evaluieren zu können. Die Akzeptanz der Methode hängt mit der Usability der Tools zusammen. Die Werkzeuge müssen für eine gute Usability an Unternehmensspezifika angepasst werden. Ohne ein Tool kann keine Verbesserung der Situation nachgewiesen und auch der Methodeneinsatz nicht evaluiert werden. Mit dieser Forderung nach Tools können die Ergebnisse nicht von Überzeugungen, die aufgrund von Unternehmensspezifika vorliegen, neutral getrennt werden. Die Anpassung der Tools ist notwendig, da zwar oft einfache Systeme wie z. B. Office-Produkte verwendet werden können, die neuen Tools aber in die vorhandene Rechnerinfrastruktur integriert werden müssen. Diese Tool-Bindung schränkt entweder die Flexibilität ein, oder, wenn Flexibilität gefordert wird, ist diese mit viel Aufwand (zeitlich und finanziell) aufgrund der notwendigen Adaption der Tools verbunden. Unterstützungswerkzeuge sind für viele Methoden notwendig und haben unterschiedlich starken Einfluss auf die Ergebnisse. Durch den Werkzeugeinsatz werden weitergehende Ergebnisse möglich.

Die aufgezeigten Punkte – insbesondere die Reflexionen zum Methodenbaukasten – gelten in gleicher Weise für den nächsten Schritt, die Einführung und den Einsatz von Wissensmanagementmethoden in Unternehmen.

Bisher wurden die entwickelte Methode und die Forschungsfragen betrachtet, die zur Entwicklung der Methode geführt haben. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Evaluation und somit der Anwendung der Methode sowie die Unterstützungsleistung dieser Arbeit anhand wissenschaftlicher Kriterien und gestellter Anforderungen reflektiert.

Die Ergebnisse der Evaluation, aufgeteilt in Unterstützungs-, Anwendungs- und Erfolgsevaluation, zeigen, dass die ausgewählten Methoden beim Evaluationspartner zu einer Effektivitäts- und Effizienzsteigerung führen. Damit ist die Nützlichkeit der entwickelten Methode nachgewiesen; der Nutzen rechtfertigt den Aufwand. Es zeigt sich zudem, dass die Methode einen praktischen Nutzen und damit eine Problemspezifität für die jeweilige Situation in einem einzelnen Unternehmen bietet. Die Ergebnisse der reduzierten Erfolgsevaluation konnten in weiteren Unternehmen allerdings nicht reproduziert werden, weswegen keine Aussagen zur Übertragbarkeit auf andere Unternehmen möglich sind; es besteht allerdings die Hypothese, dass diese aufgrund des generischen Charakters der Gesamtmethode gegeben ist. Im Rahmen der Arbeit war es zwar möglich, den kompletten Prozess erfolgreich und nutzenstiftend in einem Unternehmen zu etablieren; die Erfolgsevaluation hängt dabei aber wesentlich von der Tool-Unterstützung und der Einführung der Prozesse in Unternehmen ab. Vergleichbare Ergebnisse in anderen Unternehmen zu erzielen, war aufgrund des Zeitaufwands nicht möglich, da sie eine Wiederholung des kompletten Entwicklungs- und Etablierungsprozesses inkl. Tool-Entwicklung und anschließender Evaluation erfordern. Allerdings waren während der Unterstützungs- und der Anwendungsevaluation im Unternehmen des Evaluationspartners reproduzierbare Untersuchungen durchführbar. Aufgrund der einmaligen Evaluation der Gesamtmethode sind Aussagen zu ihrer Zuverlässigkeit nicht möglich. Beim Evaluationspartner wurden jedoch mehrere Kernaktivitäten des Wissensmanagements durch ein Gesamtkonzept und mehrere ausgewählten Methoden adressiert. Die Auswahl einzelner Methoden zur Erstellung eines Gesamtkonzepts lieferte dabei eine zuverlässige Gesamtlösung.

Das gezeigte Ergebnis ist im Vergleich mit der untersuchten Literatur und den durchgeführten Studien als innovativ zu betrachten. Dies gilt in erster Linie für den Evalu-

ationspartner; über die Auswirkungen auf die wissenschaftliche Praxis kann nur spekuliert werden. Auch wenn ein Großteil der gezeigten Methoden und Vorgehensweisen (z. B. Prozesse zur Einführung von WM oder Prozesse und Vorgehensweisen zur Tool-Entwicklung) in der Forschung hinlänglich bekannt und in dieser Arbeit nur Mittel zum Zweck sind, ist dennoch deren Behandlung in dieser Arbeit relevant. Diese Methoden und Vorgehensweisen sind notwendig, um im Gesamtkontext der Arbeit die erzielten Ergebnisse nachzuvollziehen und die Reproduzierbarkeit der entwickelten Unterstützung zu gewährleisten. Wie die durchgeführten Literaturrecherchen zeigen, existiert für den speziellen Anwendungsfall der Rückführung von Erprobungswissen keine weitere Methode mit vergleichbarem Detaillierungsgrad, was die vorgestellte Methode innovativ und konkurrenzfähig erscheinen lässt.

Die Validität der Ergebnisse zur Effektivitäts- und Effizienzsteigerung ist kritisch zu bewerten. Es sind lediglich zwei Kennzahlen, anhand derer der Erfolg des Methodeneinsatzes bewertet wird. Es ist fraglich, ob diese alle Einflussfaktoren abdecken. Es sind zwei aussagekräftige, zeitlich veränderliche, messbare, verständliche und beim Evaluationspartner akzeptierte Kennzahlen, die für die Anwendung bei diesem als valide betrachtet werden können. Es können noch weitere Punkte bei der Definition dieser Kennzahlen hinterfragt werden, z. B. wie die Vergleichsgrößen bei der Beschreibung der Ist-Situation [AKKAYA12] entstanden sind. Des Weiteren gibt es zwei Unterstützungen im „Impact Model“, die den messbaren Erfolgsfaktor „Anzahl der Fehlerwiederholungen“ beeinflussen. Der jeweilige Einfluss konnte nicht ermittelt werden, da beide Unterstützungen gleichzeitig eingeführt wurden. Die entwickelte Methode zur Unterstützung der Rückführung von Erprobungswissen wurde nur beim Evaluationspartner angewendet, sodass die Übertragbarkeit und der Gültigkeitsraum eingeschränkt sind. Die Erfolgsfaktoren wurden für den Ausgangszustand und den Evaluierungszustand mit den gleichen Methoden ermittelt. Die Ergebnisse der Studien wurden im Rahmen ihrer jeweiligen Veröffentlichung kritisch beleuchtet. Auch wenn die absolute „Wahrheit“ der Messgrößen (der Erfolgsfaktoren) variieren und hinterfragt werden kann, so ist durch die Arbeit, durch den relativen Vergleich von Ausgangszustand und Evaluierungszustand mit entwickelter Unterstützung, eine erhebliche Verbesserung nachweisbar. Die subjektiven Bewertungen der Versuchingenieure stützen die Ergebnisse zu den messbaren Erfolgsfaktoren: die Zeit für die Dauer der Fehleranalyse, die Anzahl der nicht nachvollziehbar dokumentierten Fehler, die Anzahl der Fehlerwiederholungen, die Anzahl sich wiederholender

Fehler und daraus folgend die Frühheit der Fehlerabstellung. Für den Untersuchungsraum können die Ergebnisse als valide betrachtet werden.

Als Fazit dieser Ergebnisdiskussion kann festgehalten werden: Die Forschungsfragen sind positiv beantwortet und erfolgreich evaluiert worden. Die bestehenden Einschränkungen bei der Beantwortung der Forschungsfragen (Reproduzierbarkeit, Übertragbarkeit, Objektivität, Nachvollziehbarkeit oder Verifizierung einzelner Teilmethoden) wurden in diesem Kapitel transparent anhand der wissenschaftlichen Kriterien und der aufgestellten Anforderungsliste aufgezeigt. Diese Einschränkungen sind insbesondere auf die Fokussierung auf die industrielle Praxis, speziell beim Evaluationspartner, die vergleichsweise langen Zeiträume der Erprobungsprozesse (gerade in der automobilen Betriebsfestigkeitserprobung) und die Dauer der Entwicklung zum Experten im Bereich der Erprobung zurückzuführen (siehe Bild 2.9, S. 26). Die Überprüfung der Reproduzierbarkeit und damit die statistische Absicherung der entwickelten Gesamtmethode war aufgrund des Zeitraumes und des Aufwandes für Methoden- und Toolentwicklung sowie die dazugehörige Evaluation eingeschränkt und nur bei einem Evaluationspartner durchführbar.

Dennoch konnte eine innovative Gesamtmethode entwickelt werden, welche die Produktentwicklung erfolgreich unterstützt und die Effektivität und die Effizienz der Rückführung von Erprobungswissen verbessert. Dies wurde durch die Evaluation der Methode eindrucksvoll bestätigt.

9 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beruht auf der Haupthypothese, dass durch einen Methodenbaukasten mit Wissensmanagementmethoden und situativer Methodenauswahl die Rückführung von Erprobungswissen in der industriellen Praxis praxisnah, effektiver und effizienter als bisher gestaltet werden kann. Die Vorgehensweise richtet sich an der Design Research Methodology von Blessing und Chakrabarti aus. Ausgehend von den Forschungsfragen wurden im Stand der Technik die wesentlichen Wissensgebiete „Wissensmanagement“, „Methodische Produktentwicklung“ und „Fahrzeugantriebsstrangentwicklung und Versuchsmethodik“ untersucht. Das Wissensgebiet der „Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung“ ist – zumindest nach dem aktuellen Stand der Forschung und Technik – in der Literatur nicht systematisch und umfassend untersucht. Zudem zeigte sich, dass aufgrund der Interdisziplinarität der Wissensgebiete unterschiedliche Begriffe und Verständnisse vorlagen.

Aufgrund der unterschiedlichen praktischen Herangehensweisen mit unterschiedlichen Zielsetzungen und Hintergründen wurden in Kapitel 3 für den Rahmen dieser Arbeit die Begrifflichkeiten „Versuch“, „Test“, „Erprobung“, „Prüfung“ usw. definiert und klassifiziert. Die zentralen Begriffe „Erprobung“, „Erprobungsmethodik“ und „Erprobungswissen“ sind in der Arbeit beschrieben; dazu gehören Definitionen grundlegender Art, die in dieser Weise in der Literatur nicht vorhanden waren. Dabei wurde erläutert, welche Arten und Typen von Wissen während der Erprobung entstehen. Wissensarten und Wissenstypen des Erprobungswissens lassen sich anhand des Erprobungsprozesses strukturierend zuordnen. Die aufgestellten Modelle zur Wissenserzeugung (siehe Kapitel 3.2) in der Erprobung konnten durch Erfahrungen und empirische Untersuchungen bestätigt werden. Die weitere Untersuchung des Erprobungswissens als aus der Erprobung entstehendes Wissen fokussierte sich auf die Ermittlung von Ist-Eigenschaften und Fehlern als zentralen Erprobungszielen.

Aus der industriellen Praxis gibt es bis dato kaum Publikationen zu Erfahrungen der Industrie mit diesem Thema; daher sollte eine empirische Untersuchung darüber Klarheit schaffen. Deshalb wurden anhand mehrerer empirischer Studien die dort auftretenden Probleme im Umgang mit Erprobungswissen erfasst. Es stellte sich heraus: Die Nutzung des Erprobungswissens ist in vielen Bereichen als nicht effektiv bewertet worden. Verbesserungspotenziale zeigte insbesondere der Umgang mit Wissen aus Fehlern, wobei hier eine kausale Kette zum Unternehmenserfolg besteht. Ergebnis der Untersuchungen

ist ein Referenzmodell, das die Einflussgrößen auf eine effektive Nutzung des Erprobungswissens aufzeigt: Festgestellt werden konnte, dass die effektive Nutzung dieses Wissens durch Probleme oder Situationen beeinträchtigt wird. Die Auswirkungen dieser Probleme auf messbare Erfolgsfaktoren und auf unternehmerische Erfolgsfaktoren sind anhand von Schlüsselfaktoren dargestellt. Eine quantitative Untersuchung der messbaren Erfolgsfaktoren wurde beim Evaluationspartner durchgeführt. Die Erfolgsfaktoren Effizienz und Effektivität konnten anhand dieser messbaren Größen dargestellt werden. Die untersuchte Literatur, die festgelegte Begriffswelt sowie die empirischen Untersuchungen schaffen das grundlegende, disziplinübergreifende Verständnis über den Problembereich.

Ausgehend von diesen Untersuchungen wurden die Anforderungen an eine Methode zur Rückführung von Erprobungswissen, ein Ansatz für einen Rückführungsprozess, ein Methodenbaukasten zur Unterstützung dieses Rückführungsprozesses und ein Prozess zur Implementierung und Evaluation dieser Methoden in einem Unternehmen entwickelt. Einzelne Ansätze einer generischen Versuchs- oder Erprobungsmethodik in diesem Wissensgebiet sind in der Literatur zwar vorhanden, der Konkretisierungsgrad dieser Methoden ist aber meist gering; größtenteils werden Prozessschritte nur auf abstrakter Ebene dargestellt. Insbesondere die Entwicklung des Methodenbaukastens ist von zentraler Bedeutung für diese Arbeit. Die Bausteine der Methode zur Rückführung von Erprobungswissen stellen die in dieser Arbeit entwickelte Unterstützung dar, um methodisch die aktuelle Situation zu verbessern. Der Rückführungsprozess selbst ist durch vier wesentliche Prozessschritte („Wissen erzeugen“, „Wissen speichern“, „Wissen verteilen“ und „Wissen nutzen“) realisiert. Die Auswahl der Wissensmanagementmethoden zur Unterstützung des Rückführungsprozesses erfolgt zweistufig über eine situative, praxisnahe Vorauswahl und eine konkrete, objektive Bewertung des Methodeneinsatzes für die jeweilige Situation. Die Unterstützungswerkzeuge, deren Entwicklung und die Einführung der Methoden ins Unternehmen sind gerade bei Methoden des Wissensmanagements von entscheidender Bedeutung. Der praktische Einsatz derartiger Methoden steht und fällt mit der ihrer Unterstützung durch geeignete Werkzeuge: Diese Werkzeuge und vor allem deren Handhabung und Nutzerfreundlichkeit sind entscheidend für die Akzeptanz des Methodeneinsatzes. Die Entwicklung derartiger an die betrieblichen Anforderungen angepasster Tools nimmt bei der Einführung von Methoden und notwendigen Werkzeugen vergleichsweise viel Zeit in Anspruch.

Ausgehend von einer Situationsanalyse bei einem Evaluationspartner wurden Methoden anhand des vorgestellten Methodenbaukastens identifiziert und ausgewählt, die eine Verbesserung der Wissensnutzung versprachen. Die Umsetzung, Anpassung, Werkzeugentwicklung und die Einführung ins Unternehmen erfolgten im Anschluss anhand der vorgeschlagenen Prozesse. Für die Verankerung und erfolgreiche Implementierung der Wissensmanagementmethoden im Unternehmen ist ein transparenter Prozess zur Integration der Methoden in Unternehmensabläufe, inklusive Evaluation und kontinuierlicher Verbesserung, vorhanden. Evaluation und kontinuierliche Verbesserung führen zu quantitativen Aussagen und tatsächlichen, messbaren Verbesserungen.

Der Erfolg, die Anwendung und die Unterstützung durch die Methode wurden auf unterschiedliche Arten evaluiert. Die Erfolgsevaluation des Methodeneinsatzes erfolgte pilothaft an einem Dauerlaufprüfstand der Automobilindustrie über mehrere Monate. Die Effektivität und die Effizienz dieser Erprobung und der Rückführung von Erprobungswissen konnten durch den Einsatz von WM-Methoden gesteigert werden. Durch die Anwendung der entwickelten Methode wird ein messbarer Erfolg für die Rückführung von Erprobungswissen hinsichtlich Effektivität und Effizienz erzielt, also eine verbesserte Situation erreicht. Die Ergebnisse wurden mit allgemein anerkannten wissenschaftlichen Kriterien kritisch reflektiert. Darüber hinaus unterstützt der Methodeneinsatz den Evaluationspartner bei der Erreichung seiner Ziele im Speziellen durch einen höheren Produktreifegrad und geringere Stillstandzeiten und damit eine höhere Auslastung sowie insgesamt höhere Laufzeiten der Prüfstände. Folglich ergeben sich bei gleichbleibender Laufleistung (und Dauer zum Abfahren dieser Laufleistung) der Prüflinge kürzere einzuplanende Erprobungsdauern. Mit dem frühzeitigen Erkennen, Dokumentieren und Abstellen der Fehler ergibt sich ein höherer Reifegrad der Produkte am Ende einer Erprobung. Mit planbar kürzeren Erprobungsdauern und einem höheren Produktreifegradzuwachs innerhalb eines Entwicklungszykluses oder einer -charge ist langfristig eine Optimierung des Erprobungsportfolios verbunden. Das Resultat sind reduzierte Gesamtentwicklungszeiten, also eine Verkürzung der „Time to Market“ des Produkts.

Die Arbeit dient dazu, ein Verständnis für einen neuen Problembereich zu entwickeln, der bis dato in dieser Zusammensetzung der Wissensgebiete wenig untersucht wurde. Zugleich wurde eine Methode zur Unterstützung und Verbesserung der Rückführung von Erprobungswissen erarbeitet. Die analytischen und synthetischen Forschungsfragen konnten durch die gezeigten Untersuchungen, Ergebnisse und deren Diskussion beantwortet und die Hypothesen dieser Arbeit einmalig positiv bestätigt werden.

10 Ausblick

„Jedes Experiment ist eine Frage an die Natur, auf welche zu antworten sie gezwungen wird“ – mit diesem Eingangszitat beginnt diese Arbeit. Das Zitat bildet somit einen Rahmen für diese Arbeit, denn auch in Zukunft wird es noch viele solcher Fragen durch Experimente und Erprobungen zu beantworten geben. In diesem Sinne können die Ergebnisse dieser Arbeit als Antwort auf eine gestellte Frage in vielerlei Hinsicht weiterverwendet werden. Dieser Ausblick zeigt einige dieser Verwendungsmöglichkeiten auf.

Beispielsweise ist die vorgeschlagene Terminologie der Erprobungsmethodik in weiteren Anwendungsfällen zu untersuchen. Wie mit dem Stand der Technik aufgezeigt wurde, ist das Wissensmanagement im Bereich der Erprobungsmethodik bisher wenig ausgeprägt. Die Betrachtung der Erprobung als Methode zur Informations- und Wissenserzeugung und die konsequente Organisation der Erprobungsschritte im Unternehmen mit Ansätzen aus dem Wissensmanagement scheinen noch viel Optimierungspotenzial zu bieten, z. B. in der Vernetzung von durchgeführten Erprobungen und deren Ergebnissen und Erfahrungen mit anderen Projekten oder Projektphasen oder bei der Wissensverteilung von Erprobungsergebnissen im Unternehmen.

Der Teilbereich der Ist-Eigenschaftsermittlung ist aus dieser Arbeit ausgegrenzt und kann anhand seiner Charakteristika weiter strukturiert und untersucht werden. Insgesamt wurde festgestellt, dass das Forschungsgebiet „Produktentwicklungsmethoden“ deutlich stärker strukturiert ist und mehr Modellvorstellungen und Vorgehensweisen bereithält als das Forschungsgebiet „Erprobungsmethodik“.

Weiterentwicklungsmöglichkeiten ergeben sich beispielsweise aus der Erkenntnis, dass der Informationsfluss von der Erprobung zurück in die Entwicklung/Konstruktion unternehmensabhängig träge sein kann. Ausgehend von dieser Erkenntnis lässt sich vermuten, dass Methoden, die Informationsflüsse beschleunigen, auch Auswirkungen auf die Gesamtentwicklungszeit haben.

Diese Arbeit bildet mit ihrem Inhalt, ihren Ideen und dem aufgeführten Ausblick ein Fundament für weitere Forschungsarbeiten.

Die Ergebnisse können weiter operationalisiert und in anderen Unternehmen angewendet werden. Dadurch könnten mehrere der heute als „bedingt geeignet“ oder „geeignet“ betrachteten Methoden mit einem Status „nachweisbar optimiert“ oder „gut geeignet“ bewertet werden. So wird das Erfahrungswissen, das durch die Methodenbe-

schreibungen und durch die Methodenmatrizen erzeugt wird, gespeichert und vervielfältigt. Die Operationalisierung von Erprobungsmethoden und von Wissensmanagementmethoden zur Rückführung von Erprobungswissen kann sicherlich von den Erfahrungen der Operationalisierung von Produktentwicklungsmethoden profitieren.

Auch die Rückführung von Erprobungswissen lässt sich, ausgehend von dieser Arbeit, weiter erforschen. So könnte z. B. durch eine stärkere Integration von Wissenstypen und deren Strukturierung in die Methode die Auswahl von Methoden zur Rückführung weiter konkretisiert werden. Dazu wäre es möglich, generische Modellvorstellungen über die Kombination von Methoden, Situationen und Erprobungswissenstypen mit dem Ziel einer Verknüpfung von Methoden und Wissenstypen zu entwickeln.

Die Weiterentwicklung der vorgeschlagenen Definitionen der Erprobungsmethodik kann Auswirkungen auf andere Forschungsbereiche, z. B. auf die methodische Produktentwicklung, haben. Die Arbeit zeigt auf, dass das Wissensgebiet der Erprobungsmethodik im Rahmen der methodischen Produktentwicklung bis dato in der Literatur und auch in der Lehre wenig Raum einnimmt. Durch einen Vergleich zwischen Konstruktionsmethodik und Erprobungsmethodik könnte das Wissensgebiet Erprobungswissen oder Erprobungsmethodik auch Eingang in die Lehre finden.

Die Arbeit liefert neue Ideen und Strukturierungsansätze für Forschungsarbeiten im Bereich einer generischen Erprobungsmethodik. Dies könnte zu einem Paradigmenwechsel und zu einer neuen Sicht auf Erprobungszentren und Prüfstände führen, nämlich Prüffelder und Prüfstände nicht von der Prüftechnik her zu denken, sondern von ihrem Zweck, Wissen zu erzeugen. Davon und von den gezeigten Ergebnissen der Arbeit ausgehend kann folgende weitergehende Forschungsfrage gestellt werden: Wie sind zukünftige Erprobungszentren, Prüffelder oder Prüfstände aus dem Blickwinkel des Wissensmanagements mit dem konsequenten Fokus auf deren Hauptaufgabe – der Erzeugung von Wissen – zu planen, zu gestalten, zu bauen und zu betreiben?

Literaturverzeichnis

- Aamodt95 AAMODT, A.; NYGARD, M.: Different roles and mutual dependencies of data, information, and knowledge – an AI perspective on their integration. In: CHEN, P. P. (Hrsg.): *Data and Knowledge Engineering*. North-Holland: Elsevier, Bd.-Nr.: 16, 1995, S. 191-222.
- Adler08 ADLER, D.: *Mercedes-Benz*. 1. Auflage. Minneapolis: Motorbooks, MBI Publishing Company, 2008. ISBN 978-0-7603-3372-3.
- Ahmed99 AHMED, S.; BLESSING, L.; WALLACE, K.: The relationships between data, information and knowledge based on a preliminary study of engineering designers. In: OTTO, K. (Hrsg.): *Proceedings of ASME International Conference on Design Theory and Methodology (DET99)*. American Society of Mechanical Engineers (ASME), Las Vegas, Nevada, 1999.
- Ahmed00 AHMED, S.: *Understanding the Use and Reuse of Experience in Engineering Design*. Cambridge, Cambridge University, Engineering Department, Dissertation, 2000.
- Ahmed05 AHMED, S.; HACKER, P.; WALLACE, K.: The role of knowledge and experience in engineering design. In: SAMUEL, A.; LEWIS, W. (Hrsg.): *Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED 05)*. Design Society, 15th International Conference on Engineering Design, Melbourne, 2005.
- Akkaya12¹ AKKAYA, F.: *Fehleranalyse und Auswertung von Prüfstandabschaltungen bei konventionellen und hybriden Antriebssträngen*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Studienarbeit, 2012.
- Albers02 ALBERS, A.; SCHYR, C.; PFEIFFER, M.: Neue Bedienkonzepte an komplexen Antriebsstrangprüfständen. In: *ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift*. Jahrgang 104, Bd.-Nr.: 9, 2002, S. 802-810.
- Albers03 ALBERS, A.; NOWICKI, L.: Integration der Simulation in die Produktentwicklung – Neue Möglichkeiten zur Steigerung der Qualität und Effizienz in der Produktentwicklung. In: BURBLIES, A.; SAUTER, J. (Hrsg.): *Symposium Simulation in der Produkt- und Prozessentwicklung*. Bremen, 2003, S. 141-147, ISBN 3-8167-6454-1.

¹ Vom Autor betreute studentische Arbeit.

- Albers05a ALBERS, A.; BURKARDT, N.; MEBOLT, M.; SAAK, M.: Spalten Problem Solving Methodology in the Product Development. In: SAMUEL, A.; LEWIS, W. (Hrsg.): *Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED 05)*. Design Society, 15th International Conference on Engineering Design, Melbourne, 2005.
- Albers05b ALBERS, A.; SCHYR, C.: Modellgestützte Erprobungsmethodik in der Antriebsstrangentwicklung. In: VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.): *Erprobung und Simulation in der Fahrzeugentwicklung – Mess- und Versuchstechnik*. VDI-Berichte, Nr. 1900, Düsseldorf: VDI-Verlag, 2005, S. 69-83.
- Albers07 ALBERS, A.; MEBOLT, M.: IPEMM – Integrated Product Development Process Management Model, based on Systems Engineering and systematic problem solving. In: BOCQUET, J.-C. (Hrsg.): *Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED 07)*. Design Society, 16th International Conference on Engineering Design, Paris, 2007.
- Albers09 ALBERS, A.; DÜSER, T.: Domänenübergreifende Entwicklungsprozesse – Ein modellbasierter Ansatz vom Anwendungsfall bis zur Optimierung. In: KOMPETENZZENTRUM DAS VIRTUELLE FAHRZEUG FORSCHUNGSGESELLSCHAFT (Hrsg.) *Multidisziplinäre Integration – Gesamtsystem Fahrzeug*. 2. Grazer Symposium Virtuelles Fahrzeug, Graz, 2009.
- Albers10 ALBERS, A.: Five Hypotheses about Engineering Processes and their Consequences. In: HORVÁTH, I.; MANDORLI, F.; RUSÁK, Z. (Hrsg.): *Proceedings of the TMCE 2010*. Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering (TCME), Ancona, Italy, 2010. ISBN 978-90-5155-060-3.
- Albers11 ALBERS, A.; BRAUN, A.: A generalized framework to compass and to support complex product engineering processes. In: *International Journal of Product Development*. Jahrgang 15, Bd.-Nr.: 1-3, 2011, S. 6-25.
- Albers14 ALBER, A.; WALTER, B.; GLADYSZ, B.; REIß, N.; DÖRR, M.; HEINKELMANN, M.: Ansatz zur situations- und bedarfsgerechten Methodenauswahl in der Produktentwicklung basierend auf dem Systemtripel aus Zielsystem, Handlungssystem und Objektsystem. In: RIEG, F.; BRÖKEL, K.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K.-H.; STELZER, R. (Hrsg.): *12. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik 2014: Methoden in der Produktentwicklung: Kopplung von Strategien und Werkzeugen im Produktentwicklungsprozess*. Bayreuth, 2014, S. 83–94. ISBN 978-3-00-046544-4.
- Albers15a ALBERS, A.; REIß, N.; BURSAC, N.; WALTER, B.; GLADYSZ, B.: InnoFox – Situationsspezifische Methodenempfehlung im Produktentstehungsprozess. In: BAUER, W.; BERTSCHE, B.; BINZ, H. (Hrsg.): *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung 2015*. Stuttgart, 2015.

- Albers15b ALBERS, A.; BURSAC, N.; WINTERGERST, E.: Produktgenerationsentwicklung – Bedeutung und Herausforderungen aus einer entwicklungsmethodischen Perspektive. In: BAUER, W.; BERTSCHE, B.; BINZ, H. (Hrsg.): *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung 2015*. Stuttgart, 2015.
- Albers16a ALBERS, A.; BEHRENDT, M.; KLINGLER, S.; MATROS, K.: Verifikation und Validierung im Produktentstehungsprozess. In: LINDEMANN, U. (Hrsg.): *Handbuch Produktentwicklung*. München: Carl Hanser Verlag, 2016, S. 541-570.
- Albers16b ALBERS, A.; REISS, N.; BURSAC, N.; RICHTER, T.: The integrated Product engineering Model (iPeM) in context of the product generation engineering. In: WANG, L.; KJELLBERG, T. (Hrsg.): *26th CIRP Design Conference 2016*. Procedia CIRP Volume 50, Stockholm: Elsevier Procedia, 2016, S. 100-105. ISBN: 978-1-5108-2861-2.
- Alvermann08 ALVERMANN, G.: *Virtuelle Getriebeabstimmung*. Braunschweig, Technische Universität Carolo-Wilhelmina, Institut für Fahrzeugtechnik, Dissertation, 2008. ISBN 978-3-8322-8052-9.
- Ambrosy96 AMBROSY, S.: *Methoden und Werkzeuge für die integrierte Produktentwicklung*. München, Technische Universität München, Lehrstuhl für Konstruktion im Maschinenbau, Dissertation, 1996.
- Bakele12² BAKELE, T.: *Literaturrecherche zur integrierten Produktentwicklung mit Fokus auf Konstruktion und Erprobung mit Schwerpunkt auf die Erprobungsmethodik*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Studienarbeit, 2012.
- Bateson81 BATESON, G.: *Ökologie des Geistes*. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag, 1981. ISBN 3-518-07539-X.
- Bauer11a BAUER, R.: Neues Regelkonzept für die dynamische Antriebsstrangprüfung. In: MOSCHIK, S.; DOURDOUMAS, N. (Hrsg.): *SSRP 2011 – 17. Steirisches Seminar über Regelungstechnik und Prozessautomatisierung*. Retzhof (Österreich), 2011, S. 104-116. ISBN 978-3-901439-09-4.
- Bauer11b BAUER, R.: New Methodology for Dynamic Drive Train Testing. In: SAE INTERNATIONAL (Hrsg.): *Symposium on International Automotive Technology*. Siat, India, 2011.
- Baumann06 BAUMANN, G.: Was verstehen wir unter Test? Abstraktionsebenen, Begriffe und Definitionen. In: REUSS, H.-C. (Hrsg.): *1. AutoTest Fachkonferenz: Test und Diagnose in der Automobilentwicklung*. Stuttgart, Tagungsband KFZ-Mechatronik und Software, 2006.

² Vom Autor betreute studentische Arbeit.

- Bendel67 BENDEL, R.; FAVRE, W.: Magnetbandgesteuerter Prüfstand für automatische Getriebe. In: *ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift*. Jahrgang 69, Bd.-Nr.: 9, 1967, S. 322-328.
- Berekoven09 BEREKOVEN, L.; ECKERT, W.; ELLENRIEDER, P.: *Marktforschung Methodische Grundlagen und praktische Anwendung*. 12. überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Gabler GWV Fachverlage, 2009.
- Bertermann13 BERTERMANN, B.; EBERT, S.; NAEGELE, G.; VIRGILITO, A.; WILKESMANN, U.: *Werkzeugkasten für einen erfolgreichen Wissensaustausch in Betriebs- und Personalräten*. Dortmund: Forschungsgesellschaft für Gerontologie, eigene Darstellung, 2013.
- Bertsche04 BERTSCHE, B.; LECHNER, G.: *Zuverlässigkeit im Fahrzeug- und Maschinenbau*. 3. überarbeitete und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2004.
- Bichlmaier00 BICHLMAIER, C.: *Methoden zur flexiblen Gestaltung von integrierten Entwicklungsprozessen*. München, Technische Universität München, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Dissertation, 2000.
- Binz11 BINZ, H.; KELLER, A.; KRATZER, M.; MESSERLE, M.; ROTH, D.: Increasing Effectiveness and Efficiency of Product Development – A Challenge for Design Methodologies and Knowledge Management. In: BIRKHOFFER, H. (Hrsg.): *The Future of Design Methodology*. London: Springer-Verlag, 2011, S. 79-90.
- Birkhofer05 BIRKHOFFER, H.; JÄNSCH, J.; KLOBERDANZ, H.: An extensive and detailed view of the application of design methods and methodology in industry. In: SAMUEL, A.; LEWIS, W. (Hrsg.): *Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED 05)*. Design Society, 15th International Conference on Engineering Design, Melbourne, 2005.
- Björkstrand06 BJÖRKSTRAND, R.; LALLIMO, J.: Knowledge intensive design system – an attempt for better engineering environment. In: MALMQVIST J.; BERGLUNG F. (Hrsg.): *Proceedings of 1st Nordic Conference on Product Lifecycle Management – NordPLM'06*. Chalmers University of Technology, Göteborg, 2006, S. 243-253.
- Blessing09 BLESSING, L. T. M.; CHAKRABARTI, A.: *DRM, a Design Research Methodology*. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer-Verlag, 2009.
- Bley70 BLEY, W.; EHLERS, G. A.: Schwungmassenprüfstand für automatische Getriebe. In: *ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift*. Jahrgang 72, Bd.-Nr.: 2, 1970, S. 47-50.
- Blom11 BLOM, A.: *Methoden der empirischen Sozialforschung I*. Kaiserslautern, Technische Universität, Fachgebiet empirische Sozialforschung, Vorlesungsskript Wintersemester 2011/2012.

- Blumrich13 BLUMRICH, R.; MERCKER, E.; MICHELBAACH, A.; VAGT, J.-D.; WIDDECKE, N.; WIEDEMANN, J.: Windkanäle und Messtechnik. In: SCHÜTZ, T. (Hrsg.): *Hucho – Aerodynamik des Automobils*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2013, S. 831-940. ISBN 978-3-8348-2316-8.
- Bodendorf06 BODENDORF, F.: *Daten- und Wissensmanagement*. 2. aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2006.
- Boehm81 BOEHM, B.: *Software Engineering Economics*. New Jersey: Prentice-Hall, 1981.
- Böhl07 BÖHL, U.: *Effiziente Abstimmung von Automatikgetrieben*. Braunschweig, Technische Universität Carolo-Wilhelmina, Institut für Fahrzeugtechnik, Dissertation, 2007. ISBN 978-3-8322-6264-8.
- Bohn94 BOHN, R.: Measuring and Managing Technological Knowledge. In: MIT SLOAN SCHOOL OF MANAGEMENT (Hrsg.): *MIT Sloan Management Review*. Jahrgang 36, Bd.-Nr.: 1, 1994, S. 61-73.
- Botta16 BOTTA, A.: *Quantifizierung der visuellen Größenkodierung und des Informationsgehalts zweidimensionaler Objekte auf Basis der Blickinteraktion*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Dissertation, 2016.
- Braess85 BRAESS, H.-H.: Konstruktion, Berechnung und Versuch – Zunehmende Partnerschaft auch in der Automobiltechnik. In: *ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift*. Jahrgang 87, Bd.-Nr.: 7, 1985, S. 327-333.
- Braess95 BRAESS, H.-H.: Selbstorganisation und Selbstoptimierung – Chancen einer fraktalen Entwicklung der Meß- und Versuchstechnik im Automobilbau? In: VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.): *Erprobung und Simulation in der Fahrzeugentwicklung*. VDI-Berichte, Nr. 1189, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1995, S. 1-15.
- Braess11 BRAESS, H.-H.; SEIFFERT, U.: *Handbuch Kraftfahrzeugtechnik*. 6. aktualisierte und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2011.
- Braess13 BRAESS, H.-H.; SEIFFERT, U.: *Handbuch Kraftfahrzeugtechnik*. 7. aktualisierte Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2013.
- Brandt91 BRANDT, H.; KÜCÜKAY, F.; SEICHTER, R.: Rechnerunterstützte Prüfstands- und Fahrzeugerprobung bei Automatikgetrieben. In: VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.): *Getriebe in Fahrzeugen Heute und Morgen*. VDI-Berichte, Nr. 878, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1991, S. 567-595.

- Brandt93 BRANDT, H.: *Rechnerunterstützte Gestaltung der Dauererprobungen bei PKW-Automatikgetrieben*. VDI Fortschritt-Berichte, Reihe 12 Verkehrstechnik/Fahrzeugtechnik, Nr. 190. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1993. ISSN 0178-9449.
- Braun05 BRAUN, T.: *Methodische Unterstützung der strategischen Produktplanung in einem mittelständisch geprägten Umfeld*. München, Technische Universität München, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Dissertation, 2005.
- Braun15 BRAUN, A.: *Modellbasierte Unterstützung der Produktentwicklung – Potenziale der Modellierung von Produktentstehungsprozessen am Beispiel des integrierten Produktentstehungsmodells (iPeM)*. Karlsruhe, Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Produktentwicklung, Dissertation, 2015.
- Brodbeck01 BRODBECK, P.; PFEIFFER, M.; GERMANN, S.; SCHYR, C.; LUDEMANN, S.: Verbesserung der Simulationsgüte von Antriebsstrangprüfständen mittels Reifenschlupfsimulation. In: VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.): *Getriebe in Fahrzeugen 2001*. VDI-Berichte, Nr. 1610, Düsseldorf: VDI-Verlag, 2001, S. 137-153.
- Broßmann11 BROßMANN, M.; MÖDINGER, W.: *Praxisguide Wissensmanagement - Qualifizieren in Gegenwart und Zukunft. Planung, Umsetzung und Controlling in Unternehmen*. Heidelberg Dordrecht London New York: Springer Verlag, 2011.
- Bullinger97 BULLINGER, H.-J.; WÖRNER, K.; PRIETO, J.: *Wissensmanagement heute. Daten, Fakten, Trends*. Stuttgart: Fraunhofer Institut Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), 1997.
- Bullinger98 BULLINGER, H.-J.; WARSCHAT, A.; PRIETO, J.; WÖRNER, K.: Wissensmanagement – Anspruch und Wirklichkeit: Ergebnisse einer Unternehmensstudie in Deutschland. In: *IM – Fachzeitschrift für Information Management & Consulting*. Saarbrücken: IMC Information Multimedia Communication GmbH, Jahrgang 98, Bd.-Nr.: 1, 1998, S. 7-23.
- Chen76 CHEN, P. P.-S.: The Entity-Relationship Model-Toward a Unified View of Data. In: ASSOCIATION FOR COMPUTING MACHINERY INC. (Hrsg.): *ACM Transactions on Database Systems (TODS)*. Bd.-Nr. 1, 1976, S. 9-36.
- Chroust92 CHROUST, G.: *Modelle der Softwareentwicklung*. München, Wien: R. Oldenbourg Verlag, 1992.
- Clark91 CLARK, K.; FUJIMOTO, T.: *Automobilentwicklung mit System*. Frankfurt, New York: Campus Verlag, 1992, übersetzt und herausgegeben von STOTKO, E. C. Das amerikanische Original: *Product Development Performance*. Bosten Massachusetts: Harvard Business School Press, 1991.
- Daenzer99 DAENZER, W. F.; HUBER, F.: *Systems Engineering – Methodik und Praxis*. 10. durchgesehene Auflage. Zürich: Industrielle Organisation, 1999.

- Davenport98 DAVENPORT, T. H.; PRUSAK, L.: *Wenn ihr Unternehmen wüßte, was es alles weiß. Das Praxishandbuch zum Wissensmanagement*. Landsberg a. Lech: Verlag Moderne Industrie, 1998.
- Dick06 DICK, M.; SCHRADER, K.: Triadengespräch: eine Methode zur Weitergabe erfahrungsbasier-ten Wissens in Organisationen. In: KLAUS, J.; VOGT, H. (Hrsg.): *Wissensmanagement und wissenschaftliche Weiterbildung. Dokumentation der DGWF-Jahrestagung*. Hamburg: DGWF e. V., 2006, S. 259-270.
- Demtröder08 DEMTRÖDER, W.: *Experimentalphysik 1 – Mechanik und Wärme*. 5. neu bearbeitete und aktualisierte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008.
- DIN 1319 Teil 1 1995 Norm DIN 1319 Teil 1: *Grundlagen der Meßtechnik – Grundbegriffe*. Berlin: Beuth-Verlag, Januar 1995.
- DIN 2330 2013 Norm DIN 2330: *Begriffe und Benennungen – Allgemeine Grundsätze*. Berlin: Beuth-Verlag, Juli 2013.
- DIN 7190 2001 Norm DIN 7190: *Pressverbände – Berechnungsgrundlagen und Gestaltungsregeln*. Berlin: Beuth-Verlag, Februar 2001.
- DIN EN ISO 17000 2005 Norm DIN EN ISO/IEC 17000: *Konformitätsbewertung – Begriffe und allgemeine Grundlagen*. Berlin: Beuth-Verlag, März 2005.
- DIN EN ISO 9000 2005 Norm DIN EN ISO 9000: *Qualitätsmanagementsysteme – Grundlagen und Begriffe*. Berlin: Beuth-Verlag, Dezember 2005.
- DIN ISO 3534 Teil 2 2013 Norm DIN ISO 3534 Teil 2: *Statistik – Begriffe und Formelzeichen – Teil 2: Angewandte Statistik*. Berlin: Beuth-Verlag, Dezember 2013.
- DIN ISO/IEC 2382 Teil 1 1997 Entwurf DIN ISO/IEC 2382 Teil 1: *Informationstechnik Begriffe – Teil 1: Grundbegriffe*. Berlin: Beuth-Verlag, Oktober 1997.
- Doignon88 DOIGNON, J. P.; FALMAGNE, J. C.: Parametrization of knowledge structures. In: *Discrete Applied Mathematics*. Jahrgang 21, Bd.-Nr. 2, 1988, S. 87-100.
- Dombrowski15 DOMBROWSKI, U.: *Lean Development*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2015.
- Dörner76 DÖRNER, D.: *Problemlösen als Informationsverarbeitung*. Stuttgart: Kohlhammer, 1976.
- Duden13 DUDENREDAKTION: *Duden – Die deutsche Rechtschreibung*. 26. völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin: Bibliographisches Institut, 2013.

- Duden20 DUDENREDAKTION: *Duden – Die deutsche Rechtschreibung*. Internetseite, Bibliographisches Institut, Berlin, Aufruf am 22.02.2020.
<http://www.duden.de/rechtschreibung/Methode>
<http://www.duden.de/rechtschreibung/Methodik>
<http://www.duden.de/rechtschreibung/Rueckkopplung>
<http://www.duden.de/rechtschreibung/Rueckfuehrung>
<http://www.duden.de/rechtschreibung/Experiment>
<http://www.duden.de/rechtschreibung/Erprobung>
<http://www.duden.de/rechtschreibung/untersuchen#b2-Bedeutung-1>
<http://www.duden.de/rechtschreibung/virtuell>
<http://www.duden.de/rechtschreibung/real>
<http://www.duden.de/rechtschreibung/experimentell>
<http://www.duden.de/rechtschreibung/Pruefstand>
- Düser10 DÜSER, T.: *X-in-the-Loop – ein durchgängiges Validierungsframework für die Fahrzeugentwicklung am Beispiel von Antriebsstrangfunktionen und Fahrerassistenzsystemen*. Karlsruhe, Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Produktentwicklung, Dissertation, 2010.
- Dylla91 DYLLA, N.: *Denk- und Handlungsabläufe beim Konstruieren*. München, Technische Universität, Fakultät Maschinenwesen, Dissertation, 1991.
- Eberan- EBERAN-EBERHORST, R: Ein Automobil-Prüfstand mit mechanisch- simulierter Fahrdynamik. In: *ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift*. Jahrgang 70, Bd.-Nr.: 11, 1968, S. 373-378.
- Eberhorst68
- Eckert01 ECKERT, C.; CLARKSON, J.; STACEY, M.: Information flow in engineering companies: problems and their causes. In: CULLEY, S. ; DUFFY, A.; MCMAHON, C.; WALLACE, K. (Hrsg.): *Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED 2001)*. Design Society, 13th International Conference on Engineering Design, Glasgow, 2001, S. 43-50. ISBN 1-86058-356-3.
- Eder08 EDER, W. E.; HOSNEDL, S.: *Design Engineering: A Manual for Enhanced Creativity*. London, New York: CRC Press Taylor & Francis Group, 2008.
- EG07 715 EUROPÄISCHE UNION: *Verordnung des Europäischen Parlamentes und Rates über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 5 und Euro 6) und über den Zugang zu Reparatur- und Wartungsinformationen für Fahrzeuge*. (EG) Nr. 715 / 2007, 20. Juni 2007.
- Ehrlenspiel03 EHRENSPIEL, K.: *Integrierte Produktentwicklung – Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit*. 2. überarbeitete Auflage. München, Wien: Carl Hanser Verlag, 2003.

- Ehrlenspiel13 EHRENSPIEL, K.; MEERKAMM, H.: *Integrierte Produktentwicklung – Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit*. 5. überarbeitete und erweiterte Auflage. München, Wien: Carl Hanser Verlag, 2013.
- Ehrlenspiel14 EHRENSPIEL, K.; KIEWERT, A.; LINDEMANN, U.; MÖRTL, M.: *Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren – Kostenmanagement bei der integrierten Produktentwicklung*. 7. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2014.
- Endlein15 Endlein, M.; Heller, U.; Letzner-Friedlein, P.; Matuschek, A.; Trede, S.; Weber, B.: *2015 DAT-Report*. Ostfildern: Deutsche Automobil Treuhand GmbH, 2015.
- Enoch30 ENOCH: Kraftwagenprüfstände im Dienst des praktischen Fahrbetriebs. In: *ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift*. Jahrgang 33, Bd.-Nr. 18, 1930, S. 438-443.
- Eppinger12 EPPINGER, S. D.; BROWNING, T. D.: *Design Structure Matrix Methods and Applications*. Cambridge, London: The MIT Press, 2012.
- Eppler04 EPPLER, M. J.: Kognitive Werkzeuge als Instrumente des persönlichen Wissensmanagements. In: MANDL, H. ; REIMANN-ROTHMAIER, G. (Hrsg.): *Psychologie des Wissensmanagements*. Göttingen, Bern: Hogrefe, 2004, S. 251-258.
- Eppler99 EPPLER, M. J.; RÖPNACK, P. S.; RÖPNACK, A.: Improving Knowledge Intensive Processes through an Enterprise Knowledge Medium. In: PRASAD, J. (Hrsg.): *Proceedings of The 1999 ACM SIGCPR Conference 'Managing Organizational Knowledge for Strategic Advantage: The Key Role of Information Technology and Personnel*. New Orleans, 1999, S. 371-389.
- Evbuomwan97 EVBUOMWAN, N. F. O.: Concurrent design knowledge capture in design function deployment. In: *Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED 1997)*. 11th International Conference on Engineering Design, Tampere, Bd.-Nr. 2, 1997. S. 219-222.
- Eversheim03 EVERSHEIM, W.: *Innovationsmanagement für technische Produkte: Systematische und integrierte Produktentwicklung und Produktionsplanung*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2003.
- Farooq14 FAROOQ, A.; TAVARES, S. M. O.; NOVOA, H.; ARAUJO, A.: An application of Knowledge Management in Design Structure Matrix for a process improvement phase. In: MARLE, F.; JANKOVIC, M.; MAURER, M.; SCHMIDT, D. M.; LINDEMANN, U. (Hrsg.): *Risk and change management in complex systems. Proceedings of the 16th International DSM Conference*. Design Society, 16th International DSM Conference, Paris, 2014, S. 287-296. ISBN 978-1-56990-491-6.

- Feldhusen13 FELDHUSEN, J.; GROTE, K.-H.: *Pahl/Beitz Konstruktionslehre – Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung*. 8. vollständig überarbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2013.
- Finke05 FINKE, I.; WILL, M.: Mitarbeiterorientierte Einführung von Wissensmanagement. In: BARSKE, H.; GERYBADZE, A.; HÜNNINGHAUSEN, L.; SOMMERLATTE, T. (Hrsg.): *Digitale Fachbibliothek. Innovationsmanagement. Produkte – Prozesse – Dienstleistungen*. Düsseldorf: Symposion, 2005, S. 1-57.
- Finke09 FINKE, I.: Einführung von Wissensmanagement. In: MERTINS, K.; SEIDEL, H. (Hrsg.): *Wissensmanagement im Mittelstand – Grundlagen – Lösungen – Praxisbeispiele*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2009, S. 23-32.
- Frankenberger97 FRANKENBERGER, E.: *Arbeitsteilige Produktentwicklung – Empirische Untersuchung und Empfehlungen zur Gruppenarbeit in der Konstruktion*. VDI Fortschritt-Berichte, Reihe 1 Konstruktionstechnik/Maschinenelemente, Nr. 291, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1997. ISBN 3-18-329101-0.
- Friedewald06 FRIEDEWALD, A.; KURZEWITZ, M.: Wissens- und Kompetenzmanagement in der schiffbaulichen Projektierung – Ein Instrument zur Umsetzung von Marktanforderungen. In: SCHENK, M. (Hrsg.): *Angewandtes Wissensmanagement im Anlagenbau*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2006, S. 43-52.
- Fröbel13³ FRÖBEL, M.: *Machbarkeitsuntersuchung zur Integration von Erprobungswissen in aktuelle CAD Systeme*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Studienarbeit, 2013.
- Fuchs-Kittowski10 FUCHS-KITTOWSKI, K.: Wissens-Ko-Produktion – Verarbeitung, Verteilung und Entstehung von Informationen in kreativ-lernenden Organisationen. In: FUCHS-KITTOWSKI, K.; PARTHEY, H.; UMSTÄTTER, W.; WAGNER-DÖBLER, R. (Hrsg.): *Organisationsinformatik und Digitale Bibliothek in der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2000*. 2. Auflage, Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung, 2010, S. 9-88. ISBN 978-3-934682-53-5.
- Funck91 FUNCK, G.; SCHULZ, H.: Praxisgerechte Lebensdauererprobung von Fahrzeuggetrieben und angetriebenen Achsen auf rechnergestützten Prüfständen. In: VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.): *Getriebe in Fahrzeugen: heute und morgen*. VDI-Berichte, Nr. 878, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1991, S. 443-465.
- FVA 131 2010 Richtlinie FVA 131 IV: *Zählverfahren zur Bildung von Kollektiven und Matrizen aus Zeitfunktionen*. Frankfurt am Main: Forschungsvereinigung Antriebstechnik (FVA), 2010.

³ Vom Autor betreute studentische Arbeit.

- Gaberscik02 GABERSCIK, G.; WIESER, M.; TRIPOLT, W.: Prüftechnik in der Antriebsstrangentwicklung. In: *ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift*. Jahrgang 104, Bd.-Nr.: 1, 2002, S. 78-84.
- Gaus99 GAUS, H.; WEIBLEN, W.: Einbindung der Meß- und Versuchstechnik in den Entwicklungsablauf. In: VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.): *Mess- und Versuchstechnik im Fahrzeugbau*. VDI-Berichte, Nr. 1470, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1999, S. 1-20.
- Gebauer88 GEBAUER, W.: Ein hochdynamischer Motorprüfstand mit Simulation von Fahrer, Fahrzeug und Fahrwiderstand. In: VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.): *Mess- und Versuchstechnik im Fahrzeugbau*. VDI-Berichte, Nr. 681, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1988, S. 67-84.
- Geiger05 GEIGER, W.; KOTTE, W.: *Handbuch Qualität*. 4. Auflage. Wiesbaden: Vieweg & Sohn Verlag/GWV Fachverlage GmbH, 2005.
- Geisen17 GEISEN, E.; BERGSTROM, J.-R.: *Usability Testing for Survey Research*. Cambridge: Elsevier Inc, 2017.
- Gerster16 GERSTER, M.: Neues AVL-Testzentrum: Antriebe der Zukunft auf dem Prüfstand. In: KLUGER, H. (Hrsg.): *Automobilwoche*. Oberpfaffenhofen: Crain Communications GmbH, 03 / 2016. <https://www.automobilwoche.de/article/20160126/NACHRICHTEN/160129932/neues-avl-testzentrum-antriebe-der-zukunft-auf-dem-pruefstand>
- Gierse81 GIERSE, F. J.: *Wertanalyse und Konstruktionsmethodik in der Produktentwicklung*. In: VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.): *Wertanalyse '81*. VDI-Berichte, Nr. 430, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1981.
- Glazer91 GLAZER, R.: Marketing in an Information-Intensive Environment: Strategic Implications of Knowledge as an Asset. In: KINNEAR, T. C. (Hrsg.): *Journal of Marketing*. American Marketing Association, Jahrgang 4, Bd.-Nr.: 55, 1991, S. 1-19.
- Goos13 GOOS, J.-C.: *Messdatengestützte simulative Untersuchung der Eignung von Prüfständen zur straßennahen Abbildung von Lastwechseln*. Darmstadt, Technische Universität Darmstadt, Institut für Mechatronische Systeme im Maschinenbau, Diplomarbeit, 2013.
- Gopsill13 GOPSILL, J. A.; MCALPINE, H. C.; HICKS, B. J.: Meeting the requirements for supporting engineering design communication – partbook. In: LINDEMANN, U.; VENKATARAMAN, S.; KIM, Y.; LEE, S.; DONG, A.; LIN, Y. (Hrsg.): *Proceedings of the 19th International Conference on Engineering Design (ICED 2013)*. Vol. 6: Design Information and Knowledge. Design Society, 19th International Conference on Engineering Design, Seoul, 2013, S. 269-280.

-
- Götz13⁴ GÖTZ, B.: *Entwicklung und Programmierung eines Tools für die Erprobungsplanung*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Studienarbeit, 2013.
- Grant97 GRANT, E.: *The International Transfer of Manufacturing: Linking Content and Process*. Cambridge, Cambridge University, Engineering Department, Dissertation, 1997.
- Größer92 GRÖßER, H.: *Systematische rechnerunterstützte Ermittlung von Produktanforderungen*. Darmstadt, Technische Hochschule Darmstadt, Dissertation, 1992.
- Gruber14⁵ GRUBER, S.: *Grafische Fehlerdarstellung an Triebstrangprüfständen*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Diplomarbeit, 2014.
- Haas07 HAAS, M.: Methoden künstlicher Intelligenz in betriebswirtschaftlichen Anwendungen. In: KRAMER, J.; NEUMANN-SZYSZKA, J.; NITSCH, K.; PRAUSE, G.; WEIGAND, A.; WINKLER, J. (Hrsg.): *Wismarer Schriften zu Management und Recht, Band 7*. 1. Auflage, Bremen, Hamburg: CT Salzwasser-Verlag GmbH & Co. KG, 2006.
- Hageroth03 HAGEROTH, A.: *Automatisierte Optimierung des Schaltkomforts von Automatikgetrieben*. Braunschweig, Technische Universität Carolo-Wilhelmina, Institut für Fahrzeugtechnik, Dissertation, 2003. ISBN 3-8322-1642-1.
- Hardy01 HARDY, J.: *Platons Theorie des Wissens im Theaitet*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 2001.
- Hartung12 HARTUNG, M.: *Ontologie-Management – Kapitel 4: Erstellung von Ontologien*. Dresden, Universität Leipzig, Institut für Informatik, Vorlesungsmanuskript, 2012.
- Haun02 HAUN, M.: *Handbuch Wissensmanagement Grundlagen und Umsetzung, Systeme und Praxisbeispiele*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005.
- Heinevetter99 HEINEVETTER, G. W.: *Bereitstellung von Erfahrungswissen für die Entwicklung umweltgerechter Erzeugnisse*. Dresden, Technische Universität Dresden, Institut für Maschinenelemente und Maschinenkonstruktion, Dissertation, 1999.
- Heisig01 HEISIG, P.; VORBECK, J.: Benchmarking Survey Results. In: MERTINS, K. ; HEISIG, P. ; VORBECK, J. (Hrsg.): *Knowledge Management: Best Practices in Europe*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2001, S. 97-123.
-

⁴ Vom Autor betreute studentische Arbeit.

⁵ Vom Autor betreute studentische Arbeit.

- Heisig05 HEISIG, P.; ORTH, R.: *Wissensmanagement Frameworks aus Forschung und Praxis. Eine inhaltliche Analyse*. Berlin: eureki & Fraunhofer IPK, 2005. ISBN 3-00-015865-0.
- Heisig14 HEISIG, P.: *Methodenfinder – Methoden und Werkzeuge für den Umgang mit Wissen*. Cambridge, Internetseite. Aufgerufen am 28.12.2014.
<http://www.methodenfinder.de/>.
- Heitsch88 HEITSCH, E.: *Überlegungen Platons im Theaetet*. Wiesbaden, Stuttgart: Franz Steiner Verlag, 1988.
- Hellmund98 HELLMUND, R.; SCIUTO, M.: Road to Rig – Transfer von Fahrzeugtesten ins Labor. In: PISCHINGER, S. (Hrsg.): *7. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik 1998*. VKA-Lehrstuhl für Verbrennungskraftmaschinen, Aachen, 1998, S. 1361-1388.
- Herfelder07 HERFELDER, U.: *Matrix-basierte Verknüpfung von Komponenten und Funktionen zur Integration von Konstruktion und numerischer Simulation*. München, Technische Universität, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Dissertation, 2007. ISBN 978-3-89963-545-4.
- Hering12 HERING, E.; SCHÖNFELDER, G.: *Sensoren in Wissenschaft und Technik – Funktionsweise und Einsatzgebiete*. Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag | Springer Fachmedien GmbH, 2012.
- Heynen99 HEYNEN, C.; SCHWEIGER, W.: Dokumentation von Berechnungen. In: MEERKAMM, H. (Hrsg.): *Fertigungsgerechtes Konstruieren – Beiträge zum 10. Symposium*. Schnaittach, 1999, S. 31-40.
- Heynen01 HEYNEN, C.: *Wissensmanagement im Berechnungsprozess der Produktentwicklung*. Erlangen, Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Konstruktionstechnik, Dissertation, 2001.
- Hicks02 HICKS, B. J.; CULLEY, S. J.; ALLEN, R. D.; MULLINEUX, G.: A framework for the requirements of capturing, storing and reusing information and knowledge in engineering design. In: *International Journal of Information Management*. Jahrgang 22, Bd.-Nr.: 4, 2002, S. 263-280.
- Hilbert12 HILBERT, A.; WIELAND, U.: Zur adaptiven Steuerung von wissensintensiven Geschäftsprozessen. In: MATTFELD, D. C. ; ROBRA-BISSANTZ, S. (Hrsg.): *Multikonferenz Wirtschaftsinformatik*. Institut für Wirtschaftsinformatik, Braunschweig, 2012.
- Hildebrandt74 HILDEBRANDT, K.; LEHL, E.-H.: Einsatz von Prozeßrechnern an Motoren-Prüfständen. In: *ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift*. Jahrgang 76, Bd.-Nr.: 2, 1974, S. 33-37.

- Homann68 HOMANN, R.; STEINHILBER, H.; WITTMANN, H. J.: Fahrzeugprüfstände – Bauarten und Erfahrungen aus Konstruktion und Anwendung. In: *ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift*. Jahrgang 70, Bd.-Nr. 2, 1968, S. 52-59.
- Hoyler68 HOYLER, A.: Prüfstand für Kraftwagen. In: *ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift*. Jahrgang 70, Bd.-Nr.: 2, 1968, S. 59-62.
- Hubka76 HUBKA, V.: *Theorie der Konstruktionsprozesse – Analyse der Konstruktionstätigkeit*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1976.
- Hubka92 HUBKA, V.; EDER, W. E.: *Einführung in die Konstruktionswissenschaft – Übersicht, Modell, Anleitung*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1992.
- IEEE 830 2009 Richtlinie IEEE Std 830TM-1998(R2009): *Recommended Practice for Software Requirements Specifications*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Dezember 2009. ISBN 0-7381-0332-2.
- Imai92 IMAI, M.: *Kaizen – Der Schlüssel zum Erfolg der Japaner im Wettbewerb*. 3. Auflage, Übersetzung aus der amerikanischen Ausgabe von Franz Nitsch. München: Wirtschaftsverlag Langen Müller Herbig, 1992.
- Jager99 JAGER, M.: The KMAT: Benchmarking Knowledge Management. In: *Library Management*. MCB UP Ltd, Jahrgang 20, Bd.-Nr. 7, 1999, S. 367-372. ISSN: 0143-5124.
- Jarratt11 JARRATT, T. A. W.; ECKERT, C. M.; CALDWELL, N. H. M.; CLARKSON, P. J.: Engineering change: an overview and perspective on the literature. In: *Research in Engineering Design*. London: Springer-Verlag, Jahrgang 2, Bd.-Nr.: 22, 2011, S. 103–124.
- Jung13 JUNG, B.; SCHWEIßER, S.; WAPPIS, J.: *8D und 7Step – Systematisch Probleme lösen*. 2. Auflage. München: Carl Hanser Verlag, 2013.
- Kammerer09 KAMMERER, C.; SCHMIDT, R.; HOCHMANN, G.: Durchgängige Entwicklungsplattform für Motoren- und Fahrzeugversuch. In: *ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift*. Jahrgang 111, Bd.-Nr.: 11, 2009, S. 842-860.
- Karthaus13a KARTHAUS, C.; BINZ, H.; KLOS, W.: Influence of suspension on powertrain loads on test rigs. In: BARGENDE, M.; REUSS, H.-C.; WIEDEMANN, J. (Hrsg.): *13th Stuttgart International Symposium Automotive and Engine Technology*. Stuttgart, 2013, S. 419-435.
- Karthaus13b KARTHAUS, C.; SCHENK, M.; KLOS, W.; BINZ, H.; BERTSCHE, B.: Automatisierte Fehlerreaktion und lernfähige Fehleranalyse zur Erhebung von Erprobungswissen auf Antriebsstrangprüfständen. In: SPATH, D.; BERTSCHE, B.; BINZ, H. (Hrsg.): *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung 2013*. Stuttgart, 2013.

- Karthus14a KARTHAUS, C.; ROTH, D.; BINZ, H.: Empirical industrial study of the cooperation of testing and design departments. In: MARJANOVIC, D.; STORGA, M.; PAVKOVIC, N.; BOJCETIC, N. (Hrsg.): *Proceedings of the DESIGN 2014 (DESIGN)*. Design Society, 13th International Design Conference, Dubrovnik, 2014, S. 251-261. ISSN 1847-9073.
- Karthus14b KARTHAUS, C.; ROTH, D.; BINZ, H.; SCHENK, M.; BERTSCHE, B.: Approach for recirculation of testing knowledge into product development supported by matrixed-based methods. In: MARLE, F.; JANKOVIC, M.; MAURER, M.; SCHMIDT, D. M.; LINDEMANN, U. (Hrsg.): *Risk and change management in complex systems. Proceedings of the 16th International DSM Conference*. Design Society, 16th International DSM Conference, Paris, 2014, S. 349-358. ISBN 978-1-56990-491-6.
- Karthus14c KARTHAUS, C.; BINZ, H.: *Abschlussbericht „Fehlermanager und dynamisches Rig“*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Institutsbericht Nr. 625, 2014.
- Karthus15a KARTHAUS, C.; BINZ, H.; ROTH, D.: *Studie zur Kooperation und zum Informationsaustausch zwischen Konstruktion und Erprobung*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Institutsbericht Nr. 628, Online Publikation der Universität Stuttgart (OPUS): https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/4617/1/IKTD_Institutsbericht_628_Studie_zur_Kooperation_und_zum_Informationsaustausch_zwischen_Konstruktions_und_Erprobungsabteilungen_Karthus_Binz_Roth.pdf, 2015.
- Karthus15b KARTHAUS, C.; BINZ, H.; ROTH, D.: Methodenbaukasten zur situativen Unterstützung der Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung. In: BAUER, W.; BERTSCHE, B.; BINZ, H. (Hrsg.): *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung 2015*. Stuttgart, 2015.
- Karthus15c KARTHAUS, C.; KARLSSON, Z.; PALAND, T.; KIRSCHBAUM, F.; BEHRENDT, H.: Applikation auf Antriebsstrangprüfständen. In: BEIDL, C.; CHRIST, C. (Hrsg.): *6. Internationales Symposium für Entwicklungsmethodik – Beiträge*. Wiesbaden, AVL und Technische Universität Darmstadt, 2015, S. 36-47.
- Karthus15d KARTHAUS, C.; ROTH, D.; BINZ, H.; SCHENK, M.; BERTSCHE, B.: Approach for recirculation of testing knowledge into product development supported by matrixed-based methods. In: EPPINGER, S. D.; MARLE, F.; JANOVIC, M.; YANNOU, B. (Hrsg.): *The Journal of Modern Project Management*. Jahrgang 3, Bd.-Nr.: 2, 2015.
- Katzenbach12 KATZENBACH, A.: *Informationstechnik und Wissensverarbeitung in der Produktentwicklung*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Vorlesungsskript, 2012.

- Keller09 KELLER, A.; BINZ, H.: Requirements on Engineering Design Methodologies. In: LEIFER, L.; SKOGSTAD, P.; BERGENDAHL, M. N.; GRIMHEDEN, M.; LINDEMANN, U. (Hrsg.): *Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED 2009)*. Design Society, 17th International Conference on Engineering Design, Stanford, 2009, S. 203-214.
- Kirchner07 KIRCHNER, E.: *Leistungsübertragung in Fahrzeuggetrieben*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2007.
- Kleinsmann10 KLEINSMANN, M.; BUIJS, J.; VALKENBURG, R.: Understanding the complexity of knowledge integration in collaborative new product development teams: A case study. In: *Journal of Engineering and Technology Management*. Elsevier, Jahrgang 27, Bd.-Nr.: 1-2, 2010, S. 20-32.
- Klos04 KLOS, W.: *Gruppenschaltungsansteuerung von Nutzfahrzeuggetrieben*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Dissertation, 2004.
- Klos11a KLOS, W.; SCHENK, M.; SCHWÄMMLE, T.; MÜLLER, M.; BERTSCHE, B.: Antriebsstrangerprobung bei der Daimler AG moderne Erprobungsmethodik. In: CHRIST, C.; BEIDL, C. (Hrsg.): *Beiträge 4. Internationales Symposium für Entwicklungsmethodik*. Wiesbaden, AVL und Technische Universität Darmstadt, 2011, S. 161-171.
- Klos11b KLOS, W.; SCHENK, M.; SCHWÄMMLE, T.; MÜLLER, M.; BERTSCHE, B.: Antriebsstrangerprobung bei der Daimler AG moderne Erprobungsmethodik. In: CHRIST, C.; BEIDL, C. (Hrsg.): *Beiträge 4. Internationales Symposium für Entwicklungsmethodik*. Wiesbaden, AVL und Technische Universität Darmstadt, 2011, PPT-Vortrag zur Tagung am 09.11.2011.
- Kluge31 KLUGE, H.: Einiges über Konstruktion und Gebrauch von Kraftwagenprüfständen. In: *ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift*. Jahrgang 34, 1931. S. 655-657. S. 685-687. S. 735-738.
- Kohl09 KOHL, I.: *Akzeptanzförderung bei der Einführung von Wissensmanagement – Ein Methodenbaukasten für kleine und mittlere Unternehmen*. Berlin, Technische Universität Berlin, Fraunhofer Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik, Dissertation, 2009.
- Koller90 KOLLER, R.; BERNS, S.: Strukturierung von Konstruktionswissen. In: *Konstruktion*. Jahrgang 42, Bd.-Nr.: 3, 1990, S. 85-90.
- Kollmann84 KOLLMANN, F. G.: *Welle-Nabe-Verbindungen: Gestaltung, Auslegung, Auswahl*. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer-Verlag, 1984.
- Korn73 KORN, D.: Grenzen des Wissens – Anhand von Beispielen aus der Physik. In: HESS, G. (Hrsg.): *Konstanzer Universitätsreden*. Konstanz: Universitätsverlag, 1973.

- Kratzer14 KRATZER, M.: *Anwendungsspezifische Entwicklung eines proaktiven Konstruktionssystems auf Basis von Softwareagenten*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Dissertation, 2014.
- Krcmar05 KRCMAR, H.: *Informationsmanagement*. 4. überarbeitete und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2005.
- Kreimeyer06 KREIMEYER, M.; HERFELDER, U.; DEUBZER, F.; LINDEMANN, U.: *Effiziente Zusammenarbeit von Konstruktions- und Simulationsabteilungen in der Automobilindustrie*. München, Technische Universität München, Lehrstuhl für Produktentwicklung, CiDaD-Working Paper Series, Jahrgang 02, Bd.-Nr.: 1, Juni 2006. ISSN 1861-079X
- Krypczyk13 KRYPCZYK, V.: *Softwareentwicklungsprozess – Von der ersten Idee bis zur Installation*. Imprint, Software & Support Media GmbH, 2013. ISBN 978-3-86802-454-8.
- Kübler12 KÜBLER, M.; AMMANN, R.; WISBACH, M.: VIP, der virtuelle Getriebe-Endprüfstand. In: VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.): *16. Berechnung, Simulation und Erprobung im Fahrzeugbau 2012 (SIMVEC)*. VDI-Berichte, Nr. 2169, Düsseldorf: VDI-Verlag, 2012, S. 865-874. ISBN 978-3-18-092169-3.
- Kücükay95 KÜCÜKAY, F.: Repräsentative Erprobungsmethoden bei der Pkw-Getriebeentwicklung. In: VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.): *Getriebe in Fahrzeugen*. VDI-Berichte, Nr. 1175, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1995, S. 49-65.
- Kuhlenkötter01 KUHLENKÖTTER, B.: *Beitrag zur Produktentwicklung – Systematik zur unternehmensspezifischen Methodenauswahl*. Dortmund, Universität Dortmund, Lehrstuhl für Maschinenelemente, Maschinengestaltung und Handhabungstechnik, Dissertation, 2001.
- Laermann03 LAERMANN, F.-J.; LOTH, S.: Fahrzeugverifizierung im modernen Entwicklungsprozess. In: VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.): *Erprobung und Simulation in der Fahrzeugentwicklung*. VDI-Berichte, Nr. 1755, Düsseldorf: VDI-Verlag, 2003, S. 3-24.
- Lehmann05 LEHMANN, I.: *Wissen und Wissensvermittlung im ökologischen Landbau in Baden-Württemberg in Geschichte und Gegenwart*. Stuttgart, Universität Hohenheim, Dissertation, 2005.
- Lerch12 LERCH, R.: *Elektrische Messtechnik – Analoge, digitale und computergestützte Verfahren*. 6. neu bearbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2012.
- Liese03 LIESE, H.: *Wissensbasierte 3D-CAD Repräsentation*. Darmstadt, Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion, Dissertation, 2003. ISBN 3-8322-2363-0.

- Lindemann88 LINDEMANN, U.; KUGLER, A.: Prüfsysteme mit Leistungsrückspeisung und Verspannung – Beispiele für Hydrostatiklösungen. In: VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.): *Mess- und Versuchstechnik im Fahrzeugbau*. VDI-Berichte, Nr. 681, VDI-Verlag: Düsseldorf, 1988, S. 67-84.
- Lindemann07 LINDEMANN, U.: *Methodische Entwicklung technischer Produkte – Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden*. 2. bearbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2007.
- Lindemann09a LINDEMANN, U.: *Methodische Entwicklung technischer Produkte – Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden*. 3. korrigierte Auflage. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer-Verlag, 2009.
- Lindemann09b LINDEMANN, U.; MAURER, M.; BRAUN, T.: *Structural Complexity Management – An Approach for the Field of Product Design*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2009.
- Lindemann12 LINDEMANN, U.: *Forschungsmethodik in den Ingenieurwissenschaften*. München, Technische Universität, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Vorlesungsskript, 2012.
- Lindemann14 LINDEMANN, U.: *CiDaD – Competence in Design and Development*. München, Technische Universität München, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Internetseite. Aufgerufen am 01.11.2014.
<http://www.cidad.de/portal/>.
- Loew16 LOEW, T.: Zertifizierung, Auditierung, Akkreditierung – Einführung in die Funktionsweise von Konformitätsbewertungssystemen und die verwendeten Begriffe. In: FRIEDEL, R.; SPINDLER, E. (Hrsg.): *Zertifizierung als Erfolgsfaktor – Nachhaltiges Wirtschaften mit Vertrauen und Transparenz*. Wiesbaden: Springer Gabler, 2016, S. 449-470.
- Lucko12 LUCKO, A.: *Ein Beitrag zur Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen Karosserieentwicklung und Produktionsplanung*. Hamburg, Helmut Schmidt Universität Hamburg, Institut für Konstruktions- und Fertigungstechnik, Dissertation, 2012.
- Lukoschat06 LUKOSCHAT, H; KLETZING, U.: „Mentoring Revisted“ – Ziele, Effekte und künftige Herausforderungen. In: PETERS, S.; GENGE, F.; WILLENIUS, Y. (Hrsg.): *Flankierende Personalentwicklung durch Mentoring II: Neue Rekrutierungswege*. München: Rainer Hampp Verlag, 2006, S. 87-101.
- Lüpkes14 LÜPKES, K.: *Erarbeitung und Anwendung von Methoden zur modelbasierten Applikation von Parametern der Kupplungsansteuerung in Automatikgetrieben von hybriden Antriebssträngen*. Darmstadt, Technische Universität Darmstadt, Institut für Mechatronische Systeme im Maschinenbau, Diplomarbeit, 2014.

- Mäder12 MÄDER, D.; RÖSKI, K.; NYENHUIS, M.; SCHLEICH, M.; MÜLLER, S.; JAUTZE, M.: Wissensrepräsentation und algorithmische Analyse von Erfahrungswissen im Bereich der Fahrdynamikentwicklung. In: VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.): *16. Berechnung, Simulation und Erprobung im Fahrzeugbau 2012 (SIMVEC)*. VDI-Berichte, Nr. 2169, VDI-Verlag: Düsseldorf, 2012, S. 57-68. ISBN 978-3-18-092169-3.
- Manhartsberger12 MANHARTSBERGER, M.; ZELLHOFER, N.: *FAQ – Usability*. Wien: Interface Consult.
- Martinec14 MARTINEC, T.; PAVKOVIC, N.: Visualization of Information Traceability in Product Development. In: MARJANOVIC, D.; STORGA, M.; PAVKOVIC, N.; BOJCETIC, N. (Hrsg.): *Proceedings of DESIGN 2014 (DESIGN)*. Design Society, 13th International Design Conference, Dubrovnik, 2014, S. 1831-1842. ISSN 1847-9073.
- Maurer10 MAURER, M.; LINDEMANN, U.; BRAUN, T.: *Structural Complexity Management – An Approach for the field of product design*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2010.
- Mayer-Bachmann07 MAYER-BACHMANN, R.: *Integratives Anforderungsmanagement*. Karlsruhe, Universität Karlsruhe, Institut für Informationsmanagement im Ingenieurwesen, Dissertation, 2007. ISBN 978-3-86644-194-1.
- Meerkamm98 MEERKAMM, H.; WARTZACK, S.: Verkürzung der Produktentwicklungszeiten durch Integration von Fertigungswissen in den Konstruktionsprozess. In: VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.): *Prozessketten für die virtuelle Produktentwicklung in verteilter Umgebung, Informationsverarbeitung in der Konstruktion*. VDI-Berichte, Nr. 1435, VDI-Verlag: Düsseldorf, 1998, S. 199-218. ISBN 3-18-091435-1.
- Meinke12 MEINKE, J. H.: *Wissensmanagement im Bereich der universitären Forschung*. Regensburg, Universität Regensburg, Philosophische Fakultät, Dissertation, 2012.
- Mertins01 MERTINS, K.; HEISIG, P.; VORBECK, J. (Hrsg.): *Knowledge Management. Concepts and Best Practices*. Berlin: Springer-Verlag, 2001.
- Mertins09a MERTINS, K.; FINKE, I.; ORTH, R.: Ein Referenzmodell für Wissensmanagement. In: MERTINS, K.; SEIDEL, H. (Hrsg.): *Wissensmanagement im Mittelstand – Grundlagen – Lösungen – Praxisbeispiele*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2009, S. 15-22.
- Mertins09b MERTINS, K.; SEIDEL, H.: *Wissensmanagement im Mittelstand – Grundlagen – Lösungen – Praxisbeispiele*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2009.
- Mittelman11 MITTELMANN, A.: *Werkzeugkasten – Wissensmanagement – mehr als 60 Methoden praxisnah erklärt*. Norderstedt: Books on Demand GmbH, 2011. ISBN 978-3-8423-7087-6.

-
- Mittelstraß80 MITTELSTRAß, J.: *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie*. Leipzig: Wissenschaftsverlag Bibliographisches Institut, Bd.-Nr.: 1: A-G, 1980. ISBN 13: 3-411-01603-5.
- Moll10 MOLL, F.: *Operationalisierte Wissensqualität zur Bewertung von Wissen in der Produktentwicklung*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Studienarbeit, 2010.
- Morin85 MORIN, J.: *L'Excellence Technologique*. Paris: Publi-Union, J. Picollec, 1985.
- Müller08 MÜLLER, M.; GRAUBNER, C.: *Wissensmanagement und Innovationsmanagement – Wissensverteilung 2 (Vertiefung „Social Software“)*. Erlangen-Nürnberg, Universität Erlangen-Nürnberg, Technische Fakultät, Vorlesungsvortrag, 2008.
- Müller72 MÜLLER, H. F.: *Das moderne Lexikon in 20 Bänden – Band 16: Rohb-Schul*. Gütersloh: Verlagsgruppe Bertelsmann, 1972.
- Müller-Kose02 MÜLLER-KOSE, J.-P.: *Repräsentative Lastkollektive für Fahrzeuggetriebe*. Braunschweig, Technische Universität Carolo-Wilhelmina, Institut für Fahrzeugtechnik, Dissertation, 2002.
- Naunheimer07 NAUNHEIMER, H.; BERTSCHE, B.; LECHNER, G.: *Fahrzeuggetriebe*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2007.
- Neese91 NEESE, J.: *Methodik einer wissensbasierten Schadenanalyse am Beispiel Wälzlagerungen*. München, Technische Universität, Fakultät Maschinenwesen, Dissertation, 1991.
- Nitzschke11 NITZSCHKE, E.; KIRSCHBAUM, F.; LINSSEN, R.: Applikationsmethodik in der Motorenentwicklung bei Mercedes-Benz Cars. In: CHRIST, C.; BEIDL, C. (Hrsg.): *Beiträge 4. Internationales Symposium für Entwicklungsmethodik*. Wiesbaden, AVL und Technische Universität Darmstadt, 2011, S. 117-129.
- Nonaka95 NONAKA, I.; TAKEUCHI, H.: *The Knowledge creating company*. Oxford: Oxford University Press, 1995.
- Nonaka12 NONAKA, I.; TAKEUCHI, H.: *Die Organisation des Wissens – Wie japanische Unternehmen eine brachliegende Ressource nutzbar machen*. 2. Auflage. Frankfurt am Main: Campus Verlag, 2012.
- North11 NORTH, K.: *Wissensorientierte Unternehmensführung – Wertschöpfung durch Wissen*. 5. aktualisierte und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Gabler Verlag | Springer Fachmedien, 2011.
- Ophey05 OPHEY, L.: *Entwicklungsmanagement – Methoden in der Produktentwicklung*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005.

- Orlowski07 ORLOWSKI, P. F.: *Praktische Regeltechnik Anwendungsorientierte Einführung für Maschinenbauer und Elektrotechniker*. 6. neu bearbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2007.
- Orth16 ORTH, R.; VOIGT, S.: *Methodenbeschreibung FAQ*. Berlin: CC Wissensmanagement Fraunhofer IPK, Internetseite. Aufgerufen am 28.12.2016.
<http://www.prowis.net/prowis/?q=node/127>.
- Otegui14 OTEGUI, J. L.: *Failure Analysis – Fundamentals and Applications in Mechanical Components*. Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer-Verlag, 2014.
- Ovtcharova14 OVTCHAROVA, J.: *MAP-Tool: Vom Markt zum Produkt, im Rahmen der Verbundforschung Baden-Württemberg „Zukunftsoffensive Junge Generation“*. Karlsruhe, Universität Karlsruhe, Institut für Rechneranwendung in Planung und Konstruktion, Internetseite, aufgerufen am 01.11.2014.
<http://nosnos.synology.me/MethodenlisteUniKarlsruhe/imihome.imi.uni-karlsruhe.de/map.html>.
- Pahl77 PAHL, G.; BEITZ, W.: *Konstruktionslehre*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1977.
- Pahl89 PAHL, G.: Anforderungen an die Wissensverarbeitung aus Sicht der Konstruktion. In: VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.): *Expertensysteme in Entwicklung und Konstruktion – Bestandsaufnahme und Entwicklungsrichtungen*. VDI-Berichte, Nr. 775, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1989, S. 1-24.
- Pahl05 PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. H.: *Konstruktionslehre. Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung*. 6. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005.
- Paland05 PALAND, T.; FINGER, K.; JOGUN, K.: Der Antriebsstrangprüfstand (ATS) als Tool in der Triebstrangentwicklung bei DC: "Von der Idee zur Realisierung". In: HOHENBERG, G.; ZIEGLER, P. (Hrsg.): *Beiträge – 1. Internationales Symposium für Entwicklungsmethodik – Optimierung komplexer Antriebsstränge – die Herausforderung der Zukunft*. Wiesbaden, 2005, S. 165-175.
- Parthier08 PARTHIER, R.: *Messtechnik – Grundlagen und Anwendungen der elektrischen Messtechnik für alle technischen Fachrichtungen und Wirtschaftsingenieure*. 4. verbesserte Auflage. Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag | GWV Fachverlage GmbH, 2008.
- Paulweber14 PAULWEBER, M.; LEBERT, K.: *Mess- und Prüftechnik – Antriebsstrangentwicklung, Hybridisierung, Elektrifizierung*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014.
- Pawlowsky99 PAWLOWSKY, P.: Wozu Wissensmanagement? In: GÖTZ, K. (Hrsg.): *Wissensmanagement – Zwischen Wissen und Nichtwissen*. München Mering: Rainer Hampp Verlag, 1999, S. 109-125.

- Peter14 PETER, S.: *Fachportal für Strategie- und Innovationswissen*. Bühren, SPP GmbH, Internetseite. Aufgerufen am 01.11.2014. <http://www.innovations-wissen.de/>.
- Pillas14 PILLAS, J.; KIRSCHBAUM, F.; JAKOBI, R.; GEBHARDT, A.; UPHAUS, F.: Model-based load change reaction optimization using vehicle drivetrain test beds. In: BARGENDE, M.; WIEDEMANN, J.; REUSS, H.-C. (Hrsg.): *14. Internationales Stuttgarter Symposium*. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2014. S. 857-867. ISBN 978-3-658-05130-3.
- Piller14 PILLER, F. T.: *WiPro – Der Wissens und Innovationsmanager*. Aachen, RWTH Aachen, Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Technologie- und Innovationsmanagement, Internetseite. Aufgerufen am 28.12.2014. <http://app.wipro-forum.de/start/>.
- Platon78 PLATON: Theaitetos. In: STEPHANUS, H. (Hrsg.): *Platonis opera quae extant omnia*. Bd.-Nr.: 1, Genf, 1578, 142a – 210d. In: SCHLEIERMACHER, F. E. D. (Hrsg.): *Platons Werke*. Deutsche Übersetzung, Zweiter Teil, Erster Band, Dritte Auflage. Berlin: Reimer, 1856. Internetseite. Aufgerufen am 29.11.2014. <http://www.opera-platonis.de/Theaitetos.html>
- Polanyi66 POLANYI, M.: *The Tacit Dimension*. Garden City, New York: Doubleday, 1966.
- Ponn07 PONN, J.: *Situative Unterstützung der methodischen Konzeptentwicklung technischer Produkte*. München, Technische Universität München, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Dissertation, 2007.
- Ponn08 PONN, J.; LINDEMANN, U.: *Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008.
- Ponn11 PONN, J.; LINDEMANN, U.: *Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte*. 2. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2011.
- Posner12 POSNER, B.; KELLER, A.; BINZ, H.; ROTH, D.: Anforderungen an eine Methode zum leichtbaugerechten Konstruieren. In: STELZER, R.; GROTE, K.-H.; BRÖKEL, K.; RIEG, F.; FELDHUSEN, J. (Hrsg.): *Entwerfen Entwickeln Erleben – Methoden und Werkzeuge in der Produktentwicklung*. 10. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik, Dresden, 2012, S. 537-548.
- Probst99 PROBST, G.; RAUB, S.; ROMHARDT, K.: *Wissen managen – Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen*. 3. Auflage. Wiesbaden: Gabler Verlag, 1999.
- Probst10 PROBST, G.; RAUB, S.; ROMHARDT, K.: *Wissen managen – Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen*. 6. überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Gabler | GWV Fachverlage, 2010.

- Rehäuser96 REHÄUSER, J.; KRČMAR, H.: Wissensmanagement im Unternehmen. In: SCHREYÖGG, G.; CONRAD, P. (Hrsg.): *Wissensmanagement*. Berlin: De Gruyter, 1996, S. 1-40.
- Reichenberger10 REICHENBERGER, K.: *Kompendium semantische Netze*. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer-Verlag, 2010.
- Reinhardt97 REINHARDT, R.; PAWLOWSKY, P.: Wissensmanagement: Ein integrativer Ansatz zur Gestaltung organisationaler Lernprozesse. In: WIESELHUBER & PARTNER (Hrsg.): *Handbuch Lernende Organisation*. Wiesbaden: Gabler, 1997, S. 145-156.
- Reinmann09 REINMANN, G.: *Studentext Wissensmanagement*. Augsburg, Universität Augsburg, Philosophisch-sozialwissenschaftliche Fakultät, Institut für Medien und Bildungstechnologie/Medienpädagogik, 2009.
- Reinmann-Rothmeier01 REINMANN-ROTHMEIER, G.: *Wissen managen: Das Münchner Modell*. München, Ludwig-Maximilians-Universität München, Institut für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie, Forschungsbericht Nr. 131, 2001.
- Remus02 REMUS, U.: *Prozeßorientiertes Wissensmanagement – Konzepte und Modellierung*. Regensburg, Universität Regensburg, Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät, Dissertation, 2002.
- Rodenacker70 RODENACKER, W. G.: *Methodisches Konstruieren*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1970.
- Roehl02 ROEHL, H.: *Organisation des Wissens – Anleitung zur Gestaltung*. Stuttgart: Klett-Cotta, 2002. ISBN 3-608-91036-0.
- Roth10 ROTH, D.; BINZ, H.; WATTY, R.: Generic Structure of knowledge within the product development process. In: MARJANOVIC D., STORGA M.; PAVKOVIC N.; BOJCETIC N. (HRSG.): *Proceedings of DESIGN 2010*. Design Society, 11th International Design Conference, Dubrovnik, 2010, S. 1681-1690. ISBN 978-953-7738-03-7.
- Roth13 ROTH, D.; KRATZER, M.: *Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten in der Produktentwicklung*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Vorlesungsmanuskript, 2013.
- Rubin08 RUBIN, J.; CHISNELL, D.: *Handbook of Usability Testing*. 2. Auflage. Indianapolis: Wiley Publishing Inc, 2008.
- Runkler10 RUNKLER, T.: *Data Mining – Methoden und Algorithmen intelligenter Datenanalyse*. 1. Auflage. Wiesbaden: Vieweg + Teubner | GWV Fachverlage GmbH, 2010.
- Rutz85 RUTZ, A.: *Konstruieren als gedanklicher Prozess*. München, Technische Universität, Fakultät Maschinenwesen, Dissertation, 1985.

- Salzberg90 SALZBERG, S.; WATKINS, M.: Managing Information for Concurrent Engineering: Challenges and Barriers. In: *Research in Engineering Design*. London: Springer-Verlag, Jahrgang 1, Bd.-Nr. 2, 1990, S. 35-52.
- Schelling99 SCHELLING, F.W.J.: *Einleitung zu seinem Entwurf eines Systems der Naturphilosophie*. Jena, Leipzig: bey Christian Ernst Gabler, 1799.
- Schenk11 SCHENK, M.: *Erstellen von Prüfvorgaben für die PKW-Triebstrangdauererprobung unter Verwendung moderner Erprobungsmethoden*. Ulm, Hochschule Ulm, Masterarbeit, 2011.
- Schenk12 SCHENK, M.; KLOS, W.; KARTHAUS, C.; BINZ, H.; BERTSCHE, B.: Effizienzsteigerung bei der Antriebsstrangerprobung durch Einsatz moderner Erprobungsmethoden und Optimierung der Fehleranalyse. In: VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.): *16. Berechnung, Simulation und Erprobung im Fahrzeugbau 2012 (SIMVEC)*. VDI-Berichte, Nr. 2169, Düsseldorf: VDI-Verlag, 2012, S. 429-440. ISBN 978-3-18-092169-3.
- Schenk13 SCHENK, M.; BEHRENDT, H.; KLOS, W.; KARTHAUS, C.; BINZ, H.; BERTSCHE, B.: Automatisierte Fehlerreaktion am Antriebsstrangprüfstand. In: CHRIST, C.; BEIDL, C. (Hrsg.): *Beiträge 5. Internationales Symposium für Entwicklungsmethodik*. Wiesbaden, AVL und Technische Universität Darmstadt, 2013, S. 40-55.
- Schenk17 SCHENK, M.: *Adaptives Prüfstandsverhalten in der PKW-Antriebsstrangerprobung*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Maschinenelemente, Dissertation, 2017.
- Schmidt14 SCHMIDT, D. M.; SCHENKL, S. A.; MAURER, M.: Evaluation of knowledge to future-proof the knowledge base. In: MARJANOVIC, D.; STORGA, M.; PAVKOVIC, N.; BOJCETIC, N. (Hrsg.): *Proceedings of DESIGN 2014 (DESIGN)*. Design Society, 13th International Design Conference, Dubrovnik, 2014, S. 1863-1872. ISSN 1847-9073.
- Schneider11 SCHNEIDER, T.: *Automatisierte Akquisition von erfahrungsbasiertem Fertigungswissen im Werkzeug- und Formenbau*. Chemnitz, Technische Universität Chemnitz, Fakultät für Maschinenbau, Dissertation, 2011.
- Schnupp88 SCHNUPP, P.; LEIBRANDT, U.: *Expertensysteme*. 2. Auflage. Berlin: Springer-Verlag, 1988.
- Scholl03 SCHOLL, W.; HEISIG, P.: Delphi Study on the Future of Knowledge Management. Overview of the Results. In: MERTINS, K.; HEISIG, P.; VORBECK, J. (Hrsg.): *Knowledge Management. Concepts and Best Practices*. 2. Auflage. Berlin: Springer-Verlag, 2003, S. 179–190.

- Schröter13 SCHRÖTER, J.: *Das erweiterte X-in-the-Loop-Framework zur durchgängigen Integration von Optimierungsverfahren in den Produktentwicklungsprozess am Beispiel der Entwicklung energieeffizienter Fahrzeuge*. Karlsruhe, Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Produktentwicklung, Dissertation, 2013.
- Schuster04 SCHUSTER, R.: *Methoden der Wissensakquisition*. Innsbruck, Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, Sozial- und Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Dissertation, 2004.
- Schyr06 SCHYR, C.: *Modellbasierte Methoden für die Validierungsphase im Produktentwicklungsprozess mechatronischer Systeme am Beispiel der Antriebsstrangentwicklung*. Karlsruhe, Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Produktentwicklung, Dissertation, 2006.
- Schwarz14⁶ SCHWARZ, M.: *Entwicklung und Programmierung eines Tools zur Versuchsauswertung*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Studienarbeit, 2014.
- Seiffert71 SEIFFERT, H.: *Information über die Information – Verständigung im Alltag, Nachrichtentechnik, Wissenschaftliches Verstehen, Informationssoziologie, Das Wissen des Gelehrten*. 3. Auflage. München: Beck, 1971.
- Seiffert92 SEIFFERT, U.: Die Stellung der Meß- und Versuchstechnik im Entwicklungsprozeß. In: VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.): *Mess- und Versuchstechnik im Automobilbau: Fortschritte und Tendenzen*. VDI-Berichte, Nr. 974, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1992, S. 207-242. ISBN 3-18-090974-9.
- Seiffert08 SEIFFERT, U.; GOTTHARD, R.: *Virtuelle Produktentstehung für Fahrzeug und Antrieb im Kfz*. Wiesbaden: Vieweg Teubner Verlag, 2008.
- Snowden00 SNOWDEN, D.: The ASHEN Model – an enabler of action. In: *Knowledge Management*. Jahrgang 3, Bd.-Nr.: 7, S. 14-17.
- Spur97 SPUR, G.; KRAUSE, F.-L.: *Das virtuelle Produkt*. München, Wien: Carl Hanser Verlag, 1997. ISBN 3-446-19176-3.
- Steinmüller93 STEINMÜLLER, W.: *Informationstechnologie und Gesellschaft: Ein-führung in die Angewandte Informatik*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1993.
- Stoeber01 STOEBER, M.: *Knowledge Management – Methoden, Strukturen und Technologien zur Etablierung eines zielgerichteten und ganzheitlichen Knowledge Management*. Bochum, Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Sozialwissenschaft, Dissertation, 2001.

⁶ Vom Autor betreute studentische Arbeit.

- Strasser04 STRASSER, C.: *Einsatz von Methoden in der Produktentwicklung – Ein Beitrag zur praxisgerechten Auswahl und Anwendung*. Wien, Technische Universität Wien, Institut für Konstruktionswissenschaften und Technische Logistik, Dissertation, 2004.
- Suh90 SUH, N. P.: *The principles of design*. New York Oxford: Oxford University Press, Massachusetts Institute of Technology, 1990. ISBN 978-0195043457.
- Szykman01 SZYKMAN, S.; SRIRAM, R. D.: The role of knowledge in next-generation product development systems. In: *ASME Journal of Computation and Information Science in Engineering*. Jahrgang 1, Bd.-Nr. 1, 2001, S. 1-14.
- Taller11 TALLER, N.: *Auswahlverfahren für Tools im Knowledge Management*. Hannover, Fachhochschule Hannover, Fakultät III, Bachelorarbeit, 2011.
- The107 THEL, M.: *Wissensstrukturierung und -repräsentation im Produktentwicklungsprozess*. Darmstadt, Technischen Universität Darmstadt, Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion, Dissertation, 2007.
- Thieming61 THIEMING, W.: Prüfstände für Fahrzeuggetriebe. In: *ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift*. Jahrgang 63, Bd.-Nr.: 8, 1961, S. 239-242.
- Thun88 VON THUN, H.-J.; PFEIFFER, M.: Dynamisches Testen auf einem Allrad-Triebstrangprüfstand. In: VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.): *Mess- und Versuchstechnik im Fahrzeugbau*. VDI-Berichte, Nr. 681, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1988, S. 67-84.
- Trojan05 TROJAN, J.: *Strategien zur Bewahrung von Wissen*. München, Ludwigs-Maximilians-Universität, Dissertation, 2005.
- Trzesniowski14 TRZESNIOWSKI, M.: *Rennwagentechnik*. 4. Auflage. Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag, 2014.
- Turki14 TURKI, T.; ALBERS, A.: Bedeutung von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung. In: *Konstruktion*. Bd.-Nr. 3, 2014, S. 85-90.
- Vajna14 VAJNA, S.: *Integrated Design Engineering – Ein interdisziplinäres Modell für die ganzheitliche Produktentwicklung*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2014.
- VDI 2206 2004 Richtlinie VDI 2206: *Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme*. Berlin: Beuth-Verlag, Juni 2004.
- VDI 2221 1993 Richtlinie VDI 2221: *Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*. Berlin: Beuth-Verlag, Mai 1993.
- VDI 2222 1997 Richtlinie VDI 2222: *Konstruktionsmethodik – Methodisches Entwickeln von Lösungsprinzipien*. Berlin: Beuth-Verlag, Juni 1997.

- VDI 2247 1994 Entwurf Richtlinie VDI 2247: *Qualitätsmanagement in der Produktentwicklung*. Berlin: Beuth-Verlag, März 1994.
- VDI 3633 1996 Richtlinie VDI 3633: *Entwurf Simulation von Logistik-, Materialfluß- und Produktionssystemen Begriffsdefinitionen*. Berlin: Beuth-Verlag, März 1996
- VDI 5610 2009 Richtlinie VDI 5610: *Wissensmanagement im Ingenieurwesen – Grundlagen, Konzepte, Vorgehen*. Berlin: Beuth-Verlag, März 2009.
- VDI 5610 2017 Richtlinie VDI 5610 Blatt 2: *Wissensmanagement im Ingenieurwesen – Wissensbasierte Konstruktion*. Berlin: Beuth-Verlag, Mai 2017.
- VDI 775 89 VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE: *Expertensysteme in Entwicklung und Konstruktion – Bestandsaufnahme und Entwicklungsrichtungen*. VDI-Berichte, Nr. 775, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1989.
- Vietor14 VIETOR, T.: *Ganzheitliche Innovationsprozesse in modularen Unternehmensnetzwerken (GINA)*. Braunschweig, Technische Universität Braunschweig, Institut für Konstruktionstechnik, Internetseite. Aufgerufen am 01.11.2014.
<http://www.gina-net.de/>.
- Vohle00 VOHLE, F.; REINMANN-ROTHMEIER, G.: *Analogietraining zur Förderung von Kommunikation und Innovation im Rahmen des Wissensmanagements*. München, Ludwig-Maximilians-Universität, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie, Forschungsbericht Nr. 128, 2000.
- Voigt06 VOIGT, S.; STAIGER, M.; FINKE, I.; ORTH, R.: *Studie „Wissensmanagement in produzierenden KMU“*. Magdeburg, Berlin: Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung & Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik, Wissenschaftliche Studie, 2006.
- Voigt09a VOIGT, S.; SEIDEL, H.: Herausforderung für Unternehmen. In: MERTINS, K.; SEIDEL, H. (Hrsg.): *Wissensmanagement im Mittelstand*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2009, S. 9-14.
- Voigt09b VOIGT, S.; SEIDEL, H.: Wissensmanagement-Lösungen auswählen. In: MERTINS, K.; SEIDEL, H. (Hrsg.): *Wissensmanagement im Mittelstand*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2009, S. 49-57.
- Voigt14 VOIGT, S.: *Wissensmanagement mit dem ProWis-Ansatz*. Magdeburg, Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung, Internetseite. Aufgerufen am 01.11.2014.
<http://www.prowis.net/prowis/>.
- Wäldele12 WÄLDELE, M.: *Erarbeitung einer Theorie der Eigenschaften technischer Produkte*. VDI Fortschritt-Berichte, Reihe 1 Konstruktionstechnik/Maschinenelemente, Nr. 414, Düsseldorf: VDI-Verlag, 2012. ISBN 978-3-18-341401-7.

- Wallentowitz11 WALLENTOWITZ, H.; REIF, R.: *Handbuch Kraftfahrzeugelektronik*. 2. verbesserte und aktualisierte Auflage. Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag, 2011.
- Walter09 WALTER, H.: *Grundkurs Regelungstechnik – Grundlagen für Bachelorstudiengänge aller technischen Fachrichtungen und Wirtschaftsingenieure*. 2. vollständig überarbeitete Auflage. Wiesbaden: Vieweg + Teubner | GWV Fachverlage, 2009.
- Warth12 WARTH, C. P.: *Wissenstransferprozesse in der Automobilindustrie – Entwicklung eines ganzheitlichen Modells auf der Grundlage einer Praxisfallstudie*. Wiesbaden: Gabler Verlag | Springer Fachmedien, 2012. ISBN 978-3-8349-3656-1.
- Wartzack99 WARTZACK, S.; MEERKAMM, H.: Durchgängige Rechnerunterstützung in der Produktentwicklung durch den Einsatz von semantisch hochwertigen Features. In: VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.): *Beschleunigung der Produktentwicklung durch EDM/PDM- und Feature-Technologie, Informationsverarbeitung in der Konstruktion*. VDI-Berichte, Nr. 1497, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1999, S. 369-390.
- Weber05 WEBER, C.: CPM/PDD – An Extended theoretical approach to modelling products and product development processes. In: BLEY, H.; JANSEN, H.; KRAUSE, F.-L.; SHPITALNI, M. (Hrsg.): *Proceedings of the 2nd German-Israeli Symposium on Advances in Methods and Systems for Development of Products and Processes*. 2005, S. 159-179.
- Weber12 WEBER, C.: Produkte und Produktentwicklungsprozesse abbilden mit Hilfe von Merkmalen und Eigenschaften – eine kritische Zwischenbilanz. In: KRAUSE, D.; PAETZOLD, K.; WARTZACK, S. (Hrsg.): *Design for X Beiträge zum 23. DfX-Symposium*. 2012, S. 25-62.
- Wegner95 WEGNER, D. M.: A Computer Network Model of Human Transactive Memory. In: *Social Cognition*. Jahrgang 13, Bd.-Nr.: 3, 1995, S. 319-339.
- Westphal10 WESTPHAL, C.; WARTZACK, S.: Ontologiebasierte Generierung, Visualisierung und Analyse von Informationsketten in der Produktentwicklung. In: KRAUSE, D.; PAETZOLD, K.; WARTZACK, S. (Hrsg.): *Design for X Beiträge zum 21. DfX-Symposium*. Hamburg: TuTech Verlag, 2010, S. 143-155. ISBN: 978394149-2233.
- Wichner12⁷ WICHNER, C.: *Literaturrecherche zur integrierten Produktentwicklung mit Fokus auf Konstruktion und Erprobung mit Schwerpunkt auf die Konstruktionsmethodik*. Stuttgart, Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Studienarbeit, 2012.

⁷ Vom Autor betreute studentische Arbeit.

- WiGeP14 WISSENSCHAFTLICHE GESELLSCHAFT FÜR PRODUKTENTWICKLUNG (WiGEP): Universitäre Lehre in der Produktentwicklung – Leitfaden der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktentwicklung (WiGeP). In: *Konstruktion – Zeitschrift für Produktentwicklung und Ingenieur – Werkstoffe*. Düsseldorf: Springer VDI-Verlag, Jahrgang 2014, Bd.-Nr.: 6, 2014, S. 74-79. ISSN 0720-5953.
- Willke98 WILLKE, H.: *Systemisches Wissensmanagement*. 2. Auflage. Stuttgart: Lucius & Lucius Verlagsgesellschaft GmbH, 1998.
- Willmerding92a WILLMERCING, G.: Simulationssystem zur Optimierung des Antriebsstrangs unter Einbeziehung des Verkehrsflusses – Teil 1: Ein Simulationsmodell für den Autobahnverkehr. In: *ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift*. Jahrgang 94, Bd.-Nr.: 5, 1992, S. 288-291.
- Willmerding92b WILLMERCING, G.: Simulationssystem zur Optimierung des Antriebsstrangs unter Einbeziehung des Verkehrsflusses – Teil 2: Ein Simulationsmodell für den Antriebsstrang. In: *ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift*. Jahrgang 94, Bd.-Nr.: 6, 1992, S. 342-349.
- Willmerding12 WILLMERCING, G.; KLOS, W.; GRAMLICH, G.; HÄCKH, J.: Reales Fahrverhalten auf Prüfständen mittels Online-Simulation. In: VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.): *Getriebe in Fahrzeugen*. VDI-Berichte, Nr. 2158, Düsseldorf: VDI-Verlag, 2012, S. 373-394.
- Wirtz01 WIRTZ, J.: *Ein Referenzmodell zur integrationsgerechten Konzeption von Produktdatenmanagement*. München, Technische Universität München, Informationstechnik im Maschinenwesen, Dissertation, 2001.
- Zahn00 ZAHN, E.; FOSCHIANI, S.; TILEBEIN, M.: Nachhaltige Wettbewerbsvorteile durch Wissensmanagement. In: KRALLMANN, H. (Hrsg.): *Wettbewerbsvorteile durch Wissensmanagement*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 2000, S. 239-270.
- Zeller90 ZELLER, P.; SONNTAG, E.: Rechnerintegriertes Informations- und Testsystem in der BMW Antriebsentwicklung. In: *ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift*. Jahrgang 92, Bd.-Nr.: 9, 1990, S. 516-524.

Anhang

A.1 Wissen im Bezug zum Produktentwicklungsprozess

Wörtlich zitiert aus [KRATZER14, S. 19 f.]:

„**Wissenstyp**: Der Wissenstyp beschreibt allgemein eine übergeordnete Klasse, in der sich das Wissensselement befindet. Hierbei wird eine Gruppe von Wissensselementen gebildet, die Gemeinsamkeiten aufweisen. Der Wissenstyp muss jedoch nicht unbedingt mit Gruppierungen in der realen Welt übereinstimmen. Ein Beispiel ist das Wissen über Konstruktionsprinzipien.

Wissensart: Eine Wissensart ist eine Beschreibung der weiteren Eigenschaften eines Wissensselements hinsichtlich der Art und Weise, wie das Wissen vorliegt. Explizites oder implizites Wissen sind hierfür Beispiele.

Wissensform: Der dritte Parameter ist die Wissensform, die die Form des Auftretens hinsichtlich der Wissensverarbeitung beurteilt (Regel, Formel, Begriff, Wert, etc.). Hier kann von elementaren Wissensformen, wie Begriffen, Werten etc. gesprochen werden oder von aggregierten Wissensformen, die mehrere elementare Wissensformen zusammenfassen.

Wissensort: Bei der Charakterisierung von Wissensselementen nach deren Wissensorten wird der tatsächliche Ort des Vorliegens definiert. Beispielsweise ist die DIN-Norm 7190 [DIN 7190 2001] als eine Norm ein Wissensort.

Wissensqualität: Weiterhin beschreibt Roth et al. [ROTH10] die Wissensqualität, die ein Maß für das korrekte Wissen zur Durchführung eines Konstruktionsprozesses bzw. zur Entwicklung eines Produkts darstellt. Es kann gemutmaßt werden, dass eine hohe Wissensqualität dazu beiträgt, ein Produkt effektiv und effizient zu entwickeln. Roth [ROTH10] misst die Wissensqualität mit den folgenden Kriterien: Korrektheit, Nachvollziehbarkeit, Aktualität, Vollständigkeit, Nützlichkeit und Konsistenz. Eine weitergehende Abgrenzung der Wissensqualität in diesem Kontext hat Moll [MOLL10] vorgenommen.“

A.2 Wissenstypen nach Roth

Wissenstyp	Beschreibung
Expertenwissen	Eingehendes und tiefgründiges Wissen über ein spezielles Gebiet.
Normatives Wissen (Know-why)	Wissen über das „Warum“ etwas zu tun ist und welche Motivation dahinter steht.
Fach- und Faktenwissen	Notwendiges Wissen in einem speziellen Bereich.
Erfahrungswissen	Repräsentiert den Erfahrungsschatz einer Person.
Episodisches Wissen	Erinnerungen, die mit bestimmten Situationen verknüpft werden.
Handlungswissen (Know-how)	Wissen, wie etwas gemacht wird.
Allgemeines Methodikwissen	Allgemeines Wissen über die Methoden des Produktentwicklungsprozesses.
Spezielles Methodikwissen	Notwendiges Wissen zur Anwendung der Methoden des Produktentwicklungsprozesses.
Operationales Wissen	Ermöglicht das Lösen von Herausforderungen in der Praxis.
Konditionales Wissen	Ermöglicht das Festlegen des Zeitpunkts und den Grund, um in Aktion zu treten.
Führungswissen	Wissen, welches neben Standards und Regeln für Autorität und Disziplin auch Wissen über organisationale Instrumente der Personalführung beinhaltet.
Produktwissen	Wissen über Funktion, Preis, Herstellung etc. eines Produkts sowie dessen aktuellen und geplanten Zielstatus.
Markt- und Kundenwissen	Entscheidungsrelevantes Wissen über den Markt und die Kunden, in dem sich das Unternehmen betätigt.
Geschäftsstrategisches Wissen	Wissen, welches die allgemeine Geschäftsstrategie des Unternehmens umfasst.

Tabelle A.2.1: Wissenstypen definiert von Roth [ROTH10, S. 1686]. Die Erklärungen wurden wörtlich zitiert in der deutschen Übersetzung von [FRÖBEL13, S. 36].

A.3 Beurteilung ausgewählter Konzepte des WM nach North

Beurteilungskriterium	Orientierung am Managementprozess	Berücksichtigung der Rahmenbedingungen	Bezug zu Unternehmenszielen	empirische Validierung	Instrumentarium praktischer Methoden zum operativen WM	Implementierungsmodell	Praxisrelevanz
Konzepte							
Bausteine des Wissensmanagements [PROBST10]	Ja, (St. Gallen-Modell)	Implizit in Bausteinen, aber nicht übergreifend	Implizit, Ableitung von Wissenszielen aus Unternehmenszielen bleibt unklar	Einbezug von Praktiken in Konzeption, (noch) keine Anwendung des Gesamtkonzepts	Ja, bausteinbezogen	Nein	Ein Konzept, um Wissensmanagement täglich in der Praxis zu leben, geringe Hilfestellung zur Implementierung
Modell des integrativen Wissensmanagements [REINHARDT97]	Bedingt, durch Orientierung der Lernprozesse an Lernzielen und Ergebnismessung	Interventionskonzept zur Gestaltung „wissensförderlicher Unternehmensbedingungen“	Implizit, durch Steuerung der Lernprozesse	In Teilaspekten	Bedingt, aus Sicht des organisationalen Lernens	Ja, Change-Management	Change-Management, öffnet Unternehmen für Wissensmanagement täglich in der Praxis zu leben, geringe Hilfestellung zur Implementierung
Lebenszyklusmodell des Wissensmanagements [REHÄUSER96]	Technokratisches Managementmodell	Implizit, (Konzept der Selbstorganisation)	Nein	Nein	Nein, rein beschreibendes Modell	Nein	Keine Handlungsorientierung, geringe praktische Relevanz
Münchener Modell [REINMANN-ROTHMEIER01]	Lernprozess im Vordergrund	Durch Faktoren Mensch/Organisation	Implizit	In Teilaspekten	Ja, prozessorientiert	Bedingt (Lernprozesse)	Ein in der Praxis erprobtes Modell
Wissensmarkt-Konzept [NORTH11]	Ja, durch Wissensmanagementprozesse	Explizit	Mittelbare Ableitung	Konzeptentwicklung durch Aktionsforschung in Unternehmen	Ja	Ja	Ein Konzept, um Wissensmanagement täglich in der Praxis zu leben
Systematisches WM [WILLKE98]	Systemtheorie und Prozessmodell	Ja, (systematisch)	Ja	Fallstudien	Wenige Instrumente	Nein	Fallstudien zeigen zum Teil Umsetzungsmöglichkeiten
APQC/Andersen-Rahmenkonzept	Ja	Ja, durch „enabler“	Ja	Als Diagnoseinstrument	Nein, jedoch Fallbeispiele in APQC-Benchmarking-Studie	Nein	Nützliche Checkliste „Was muss ich beachten für erfolgreiches Wissensmanagement?“
Management technologischer Ressourcen [MORIN85]	Strategisches Management	Aus Sicht des Informationsmanagements	Ja	In französischen Unternehmen	Ja, (Strategie, Informationsbeschaffung)	Nein	Praxiserprobtes Konzept des strategischen Wissensmanagements
Die Spirale des Wissens [NONAKA95]	Nein, Management des „Zufalls“	Ja, Kontextgestaltung zur Förderung der Kreativität	Ja (Vision)	Empirische Analyse der Produkt- und Prozessentwicklung japanischer Firmen	Ja, (Kontexte, Wissens-transformation)	Nein	Sensibilisiert für Wissens-erzeugung, Umsetzungsbeispiele
Wissensmanagement im Ingenieurwesen [VDI 5610 2009]. Zeile durch Autor ergänzt	Ja, Geschäftsprozesse des Ingenieurwesens stehen im Zentrum	Sind explizit eingebunden	Explizit durch Phasenmodell zur Einführung ins Unternehmen	Keine praktischen Ergebnisse in Quelle selbst genannt	Wenige direkte Methoden, eher Übersichtscharakter	Ja	Wird als praxisnah bewertet, da Konzentration auf Ingenieurwesen
Wissensmanagementansatz nach ProWis. Zeile durch Autor ergänzt	Ja, Geschäftsprozesse stehen im Zentrum	Durch Gestaltungsfelder im Referenzmodell berücksichtigt	Werden in Gestaltungsfeldern Führungssysteme und Organisation berücksichtigt	Durch viele KMU Projekte validiert	Methodenbaukasten für Einzelmethoden wird angeboten	Ja	Hoch, speziell für KMU

Tabelle A.3.1: Beurteilung ausgewählter Konzepte des WM, North [NORTH11, S. 200].

A.4 Methodenbaukästen des Wissensmanagements

Methodensammlung; Anzahl Methoden	Schwerpunkt der Sammlung; Charakteristika	Methodenordnung	Methodenbeschreibung
Papierbasierte Methodenkataloge			
[MITTELMANN11] 62 Methoden	Fokus: Praxisnahe Wissensmanagement Methoden und Werkzeuge mit Ausrichtung auf den erfahrenen Wissensmanager und zur Unterstützung dessen Alltags im Unternehmen.	5 Kategorien	Standardisiert; über das Buch verteilt.
[SCHUSTER04] 19 Methoden	Fokus: Methoden der Wissensakquisition für die Implementierung des Wissens in Expertensystemen. Wissen innerhalb von Unternehmen als Wettbewerbsfaktor nutzbar machen.	2 Kategorien	Uneinheitlich; über das Buch verteilt.
[MEINKE12] 70 Methoden	Fokus: Beschreibung von WM-Methoden nach Zuordnung zu WM-Bausteinen nach Probst, zur Anwendung in der universitären Forschung.	8 Kategorien	Uneinheitlich; über das Buch verteilt.
[PROBST10] 72 Methoden	Fokus: Überblick über Wissensmanagement angewandte Methoden und Konzepte für Führungskräfte in Unternehmen aus wirtschaftlicher/unternehmerischer Sichtweise.	8 Kategorien	Uneinheitlich; über das Buch verteilt.
[ROEHL02] 43 Methoden	Fokus: Übersicht über das Spektrum der Wissensorganisation aufzuzeigen. Chancen und Risiken der Instrumente und Methoden aufzuzeigen.	6 Kategorien	Uneinheitlich; zusammenhängend.
[NORTH11] 47 Methoden	Fokus: Überblick über Methoden für Unternehmenspraktiker zur wissensorientierten Unternehmensführung Hilfestellung bei der Einführung.	---	Uneinheitlich; über das Buch verteilt.
[MERTINS09B] 47 Methoden	Fokus: Überblick über angewandte Methoden an konkreten Unternehmensbeispielen.	---	Uneinheitlich; über das Buch verteilt.
Digitale Methodenkataloge – webbasierte Methodenportale			
Portal ProWis [VOIGT14] 48 Methoden	Fokus: Methoden zur Verbesserung des Umgangs mit Wissen im Unternehmen. Zugriff: Über TOM-Modell (Technik, Organisation, Mensch), Kernaktivitäten oder Gestaltungsfelder.	30 Kriterien	Standardisiert; Beschreibung online.
Methodenfinder.de [HEISIG14] 22 Methoden	Fokus: Methoden und Werkzeuge zum Umgang mit Wissen. Zugriff: Über Anwendungsbereich im Unternehmen und Wissensaktivitäten.	48 (12 x 4) Kategorien	Standardisiert; Kurzbeschreibung online.
WiPro [PILLER14] 115 Methoden	Fokus: Innovations- und Wissensmanagementmethoden. Zugriff: Über Auflistung aller Methoden, keine Auswahlmethodik.	11 Kategorien	Standardisiert; Beschreibung online.

Tabelle A.4.1: Methodenbaukästen des Wissensmanagements im Überblick, in Anlehnung an [KARTHAUS15B]

A.5 Methodensteckbrief nach Mittelmann


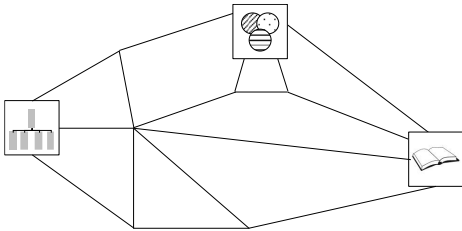
FAQ (= Frequently Asked Questions)	
	<p>Eine FAQ ist ein Wissensobjekt, das häufig gestellte Fragen und die zugehörigen Antworten innerhalb eines Wissensgebiets enthält</p> <p>Daher befindet sich diese Methode im semantischen Raum zwischen Organisation, Wissensgebiet und Wissensobjekt.</p>
	
<p><i>Die Methode</i></p>	
<p>Eine FAQ ist eine Liste von häufig gestellten Fragen mit den zugehörigen Antworten innerhalb eines bestimmten Wissensgebiets.</p>	
<p><i>Ziel und Nutzen</i></p>	
<p>Wenn sich Fragen zu einem bestimmten Thema innerhalb des Wissensgebiets eines Experten häufen, ist es aus Zeitersparnisgründen sinnvoll, eine FAQ anzulegen und zu veröffentlichen.</p>	
<p><i>Anwendung</i></p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Sammle eine Zeit lang (abhängig vom Spezialisierungsgrad des Wissensgebiets) ähnliche Fragen und die dazu gehörigen Antworten. • Formuliere ähnliche Fragen in ihrer einfachsten und verständlichsten Form zu einer einzigen Frage um. • Ergänze die beste Antwort bzw. Antworten, wenn es mehrere Alternativen gibt. • Veröffentliche die FAQ-Liste an geeigneter Stelle (im Intra- oder Internet, als Dokument in einem öffentlichen Ordner, etc.) • Ergänze Fragen bei Bedarf • Ändere Antworten, wenn bessere gegeben werden. 	
<p><i>Beispiel</i></p>	
<p>In diesem Fall nicht beschrieben</p>	
<p><i>Referenzen</i></p>	
<p>In diesem Fall nicht beschrieben</p>	

Tabelle A.5.1: Beispiel für einen Methodensteckbrief für die Methode FAQ
[MITTELMANN11, S. 177]

A.6 Beschreibung der Entitäten nach Mittelmann

Entität	Beschreibung
Wissensträger	Mit der Entität Wissensträger (Wt) sind alle Menschen gemeint, die im Laufe ihres Lebens Wissen und Erfahrung gesammelt haben, die für andere wertvoll sein können. Im Kontext von Wissensmanagement ist es besonders wichtig, dass die Wissensträger bereits sind, ihren Wissens- und Erfahrungsschatz mit anderen zu teilen.
Organisationen	Die Entität Organisationen (Or) umschließt soziale Gefüge von Menschen, die gemeinsam ein bestimmtes Ziel verfolgen. Organisationen können einzelne Unternehmensteile, einzelne Unternehmen oder Unternehmensnetzwerke sein.
Beziehungen	Die Entität Beziehungen (Bz) trägt im semantischen Raum zwei deutlich unterscheidbare Bedeutungen. Zum einen umfassen sie die sozialen Bindungen zwischen Wissensträgern. Zum anderen repräsentieren sie Zusammenhänge zwischen verschiedenen Entitäten und dienen damit der Strukturierung von Wissensgebieten.
Prozesse	Die Entität Prozesse (Pr) beinhaltet alle Abläufe in einem Unternehmen, die die Herstellung von Produkten oder der Erbringungen einer Dienstleistung zum Ziel haben. Oft wird diese Entität auch als Geschäftsprozess bezeichnet.
Kompetenzen	Die Entität Kompetenzen (Ko) umspannt die Fähigkeiten, Fertigkeiten, das Wissen und die Erfahrung eines Wissensträgers oder einer Organisation. Nicht damit gemeint ist die Zuständigkeit oder das Zuständigsein einer Person für die Erbringung einer bestimmten Leistung oder für die Lösung eines Problems.
Wissensgebiete	Die Entität Wissensgebiete (Wg) schließt alle Themen und Begriffe klar unterscheidbarer Fachgebiete ein. Synonym für Wissensgebiete werden die Begriffe Wissensbereich oder Wissensdomäne verwendet.
Kategorien	Die Entität Kategorien (Ka) enthält alle Grundbegriffe eines Wissensgebiets. Diese Grundbegriffe können in ihrer Bedeutung klar voneinander abgegrenzt werden. Sie dienen in weiterer Folge der Beschlagwortung von Wissensobjekten.
Wissensobjekte	Die Entität Wissensobjekte (Wo) inkludiert sowohl die physischen als auch die virtuellen Artefakte, in denen die Wissensträger ihr Wissen und ihre Erfahrungen manifestieren.
Orte	Die Entität Orte (Ot) umfasst sowohl physische Orte wie z. B. Gebäude oder Zimmer als auch virtuelle Orte wie Fileserver oder virtuelle Kommunikationsräume im Internet.

Tabelle A.6.1: Beschreibung der Entitäten im Methodenbaukasten wörtlich zitiert von Mittelmann [MITTELMANN11, S. 14 ff.]

A.7 Methodenbeschreibung FAQ nach ProWis-Shop

<p>Kurzbeschreibung: Unter FAQs (= Frequently Asked Questions) ist die Zusammenstellung häufig gestellter Fragen und den dazugehörigen Antworten zu einem bestimmten Themenbereich oder Problem zu verstehen.</p>
<p>Ziele/Nutzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reduzierung des Suchaufwands nach Antworten • Entlastung für die Stelle, die den von FAQ abgedeckten Bereich betreut • Vermeidung von Doppelarbeiten und Fehlern
<p>Wichtige Rahmenbedingungen und Voraussetzungen: Die Einrichtung von FAQs erweist sich als wirkungsvoll in den Bereichen, in denen häufig wiederkehrende Fragen auftreten.</p>
<p>Vorgehen:</p> <p>Sammeln häufig gestellter Fragen: In diesem Schritt werden häufig gestellte Fragen und die dazugehörigen Antworten zusammengetragen, die von Mitarbeitern, Kunden oder anderen Personen wiederholt gestellt wurden.</p> <p>Strukturierung der FAQ: Damit die Sammlung der Fragen und Antworten übersichtlich bleibt, müssen die Fragen in Rastern für verschiedenen Interessengruppen oder Themenbereiche kategorisiert werden.</p> <p>Bereitstellung der FAQ: Die gesammelten und strukturierten FAQ sollten an geeigneter Stelle, so z. B. im Intranet oder als Dokument in einem öffentlichen Ordner, allen anderen zugänglich gemacht werden und somit deren Nutzung sicherstellen. Idealerweise werden sie demnach an prominenter Stelle (z. B. in der Linkleiste oder auf höherer Ordner Ebene) platziert.</p> <p>Überarbeitung und Aktualisierung der FAQ: Eine regelmäßige Überarbeitung der Fragen und Antworten gewährleistet neben der Optimierung der Verständlichkeit und Richtigkeit auch die Aktualität.</p>
<p>Praxisbeispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die FAQ-Liste als Bestandteil der Wikis bei Wuerth Elektronik ICS • FAQ im TeamWeb der T-Systems MMS GmbH
<p>Weiterführende Informationen:</p> <p>Synonyme / Ähnliche Methoden / Synergieeffekte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Learncard • Diskussionsforum

Tabelle A.7.1: Methodensteckbrief für die FAQ-Methode nach ProWis-Shop [ORTH16]

A.8 Übersicht über Methodenbaukästen in der Produktentwicklung

Methodensammlung; Anzahl Methoden	Schwerpunkt der Sammlung; Charakteristika	Methodenordnung	Methodenbeschreibung
Papierbasierte Methodenkataloge			
VDI-Richtlinie 2221 [VDI 2221 1993]; 77 Methoden	Fokus: Entwicklung & Konstruktion; Zugriff über Arbeitsschritte des Vorgehensmodells (Matrix)	5 Kategorien	---
[PAHL05]; 35 Methoden	Fokus: Entwicklung technischer Systeme (Konzipieren, Entwerfen); Zugriff über Matrix	---	Uneinheitlich; über das Buch verteilt
[EHRENSPIEL03]; 90 Methoden	Fokus: Integrierte Produktentwicklung; allgemeine, organisatorische, sachgebundene Methoden; Zugriff über Matrix	20 Kategorien	Uneinheitlich; über das Buch verteilt
[DAENZER99]; 107 Methoden	Fokus: Systems Engineering (Systemgestaltung, Projektmanagement); Ordnung nach Problemlösungsprozess	10 Kategorien	Uneinheitlich; zusammenhängend
[EVERSHEIM03]; 38 Methoden	Fokus: Planung von Produktinnovationen; Zuordnung zu Elementen des W-Modells	---	Standardisiert; Buchanhang
[STRASSER04]; 106 Methoden	Fokus: Produktentwicklung allgemein; Methodenlandschaft als Mind Map	6 Kategorien	Standardisiert; Buchanhang
[BRAUN05]; 52 Methoden	Fokus: Strategische Produkt- und Prozessplanung; Zuordnung zu Phasen und einzelnen Prozessschritten	---	---
[LINDEMANN07]; 83 Methoden	Fokus: Produktentwicklung (Problemlösung); Methoden im Portal CiDaD enthalten	---	Standardisiert; Buchanhang
[KUHLENKÖTTER01]; 16 Methoden	Fokus: Auf Selektionssystematik zur unternehmensspezifischen Auswahl von Produktentwicklungsmethoden	11 Kategorien	Standardisiert; Buchanhang
[MITTELMANN11]; 62 Methoden	Fokus: Praxisnahe Wissensmanagement Methoden und Werkzeuge mit Ausrichtung auf den erfahrenen Wissensmanager und zur Unterstützung dessen Alltags im Unternehmen	5 Kategorien	Standardisiert; über das Buch verteilt

Tabelle A.8.1: Übersicht über untersuchte Methodensammlungen [PONN07, S. 95]. Ergänzungen durch den Autor auf Basis von [KUHLENKÖTTER01].

Methodensammlung; Anzahl Methoden	Schwerpunkt der Sammlung; Charakteristika	Methoden- ordnung	Methodenbeschreibung
Digitale Methodenkatologe – webbasierte Methodenportale			
Portal MAP-Tool [OVTCHAROVA14]; 143 Methoden	Fokus: Prozesskette 'Vom Markt zum Produkt' & Organisationsentwicklung; Zugriff: umfassender Methodenbaukasten	---	Standardisiert; Dokumente zum Download
Portal GINA/Methodos [VIETOR14]; 63 Methoden	Fokus: Produktentwicklung allgemein; Ordnung der Methoden in einem Methodenbaum; mehrere Zugriffsarten: Methodenindex, Grundtätigkeiten etc.	9 Kategorien	standardisiert; Dokumente zum Download
Portal CiDAD [LINDEMANN14]; 83 Methoden	Fokus: Produktentwicklung (Problemlösung); Zugriff über Münchener Vorgehensmodell, handlungsorientierte "Wie-Fragen" und Methodenliste	---	standardisiert; Dokumente zum Download
Portal Innovationswissen.de [PETER14]; 63 Methoden	Fokus: Strategie- und Innovationswissen; Zugriff: über generische Leitfäden und Prozessschritte	---	standardisiert; Dokumente zum Download

Tabelle A.8.1: Übersicht über untersuchte Methodensammlungen [PONN07, S. 95]. Ergänzungen durch den Autor auf Basis von [KUHLENKÖTTER01].

A.9 Beschreibungen eines Methodensteckbriefs nach Ponn

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

Tabelle A.9.1: Beispiel eines Methodensteckbriefs [Ponn07, S. 128]

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

Tabelle A.9.2: Beschreibungselemente des Methodensteckbriefs [Ponn07, S. 127]

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

Tabelle A.9.3: Beschreibungselemente der Anwendungsdetails [Ponn07, S. 128]

A.10 Produktentstehungsprozess Pkw Automatikgetriebe

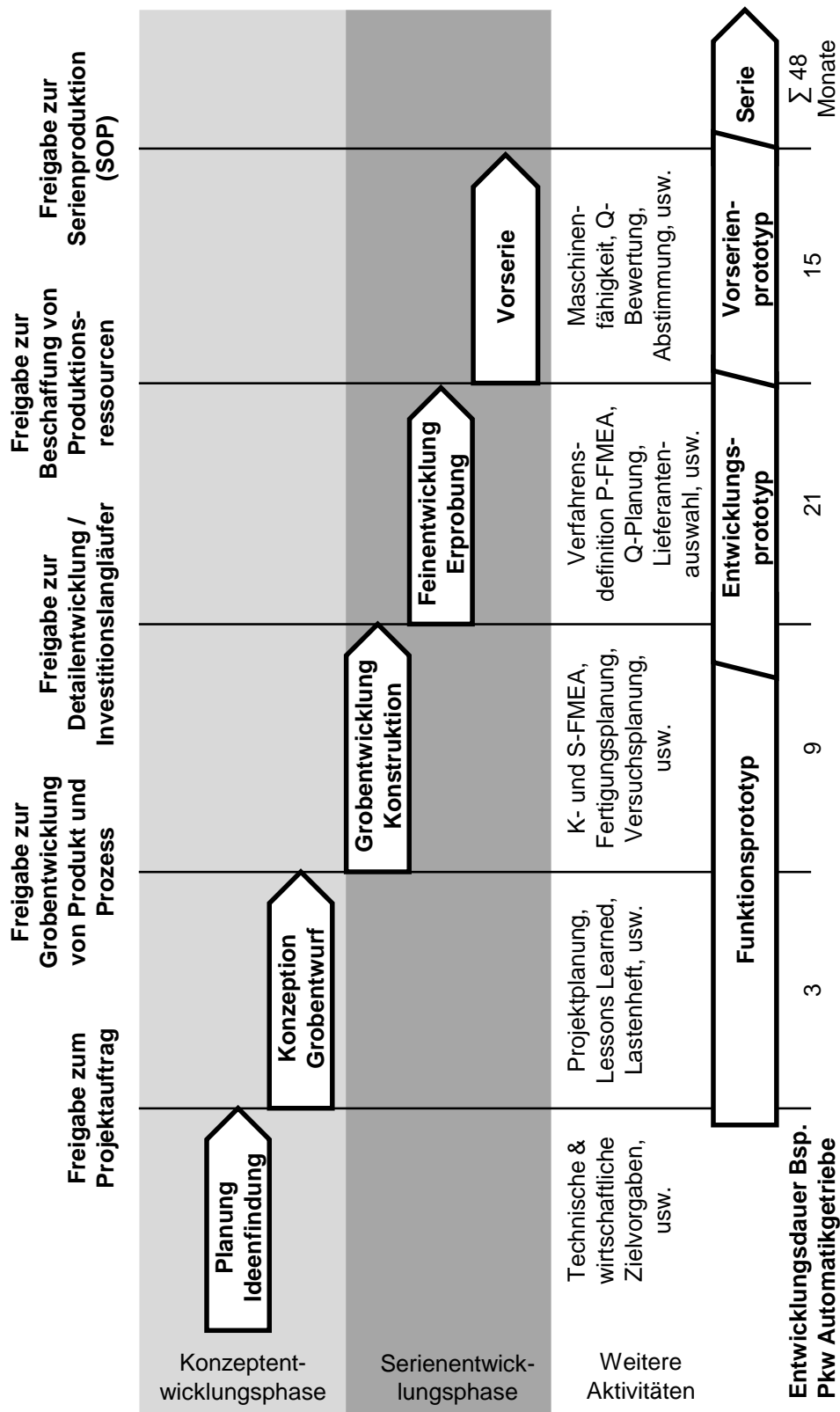


Bild A.10.1: Freigabesystem im Produktentstehungsprozess [NAUNHEIMER07, S. 613]

A.11 Vergleich der Trends/Entwicklungen zwischen Erprobungsmethodik und Konstruktionsmethodik

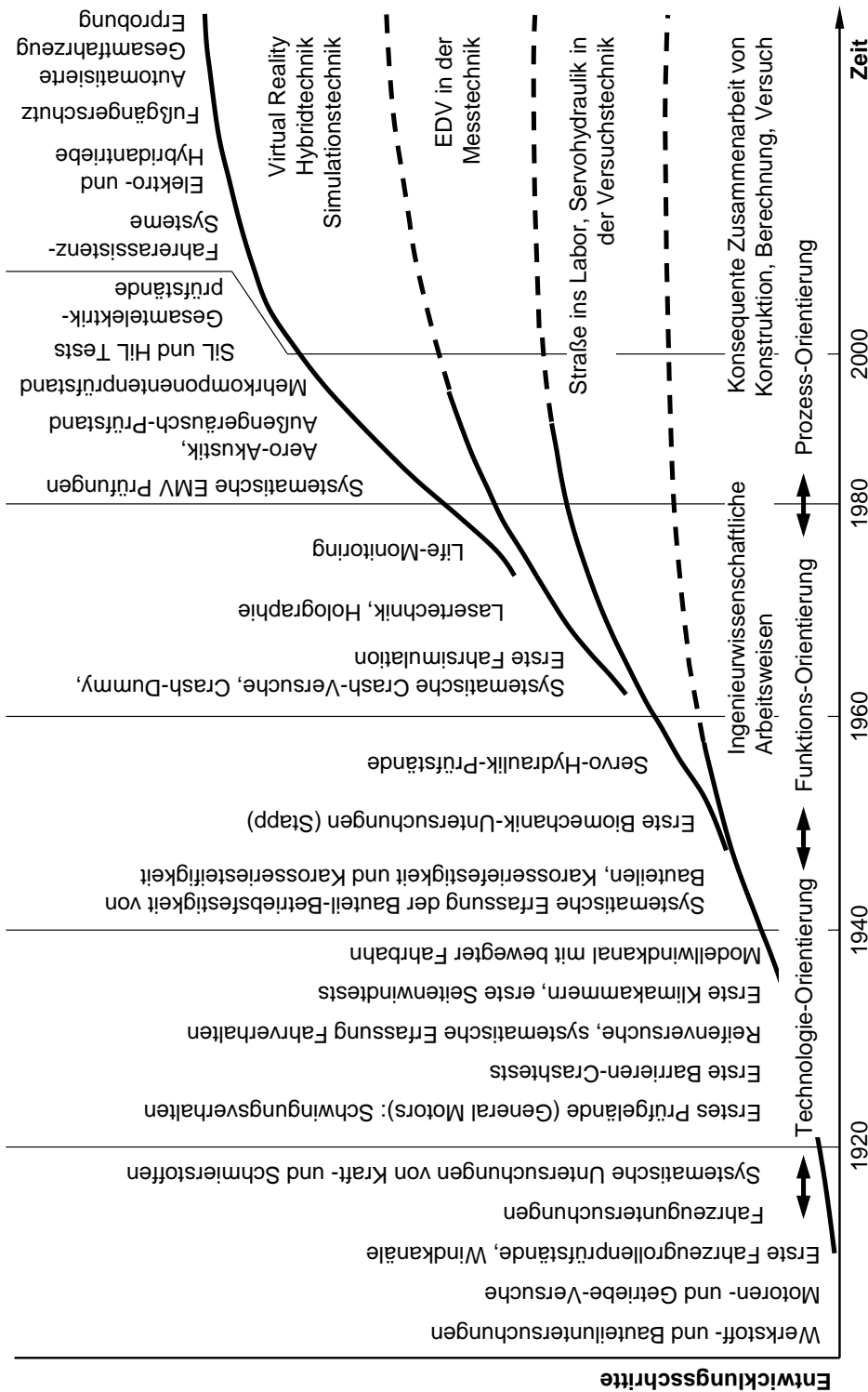


Bild A.11.1: Meilensteine der Mess- und Versuchstechnik im Automobilbau [BRAESS13, S. 1182]

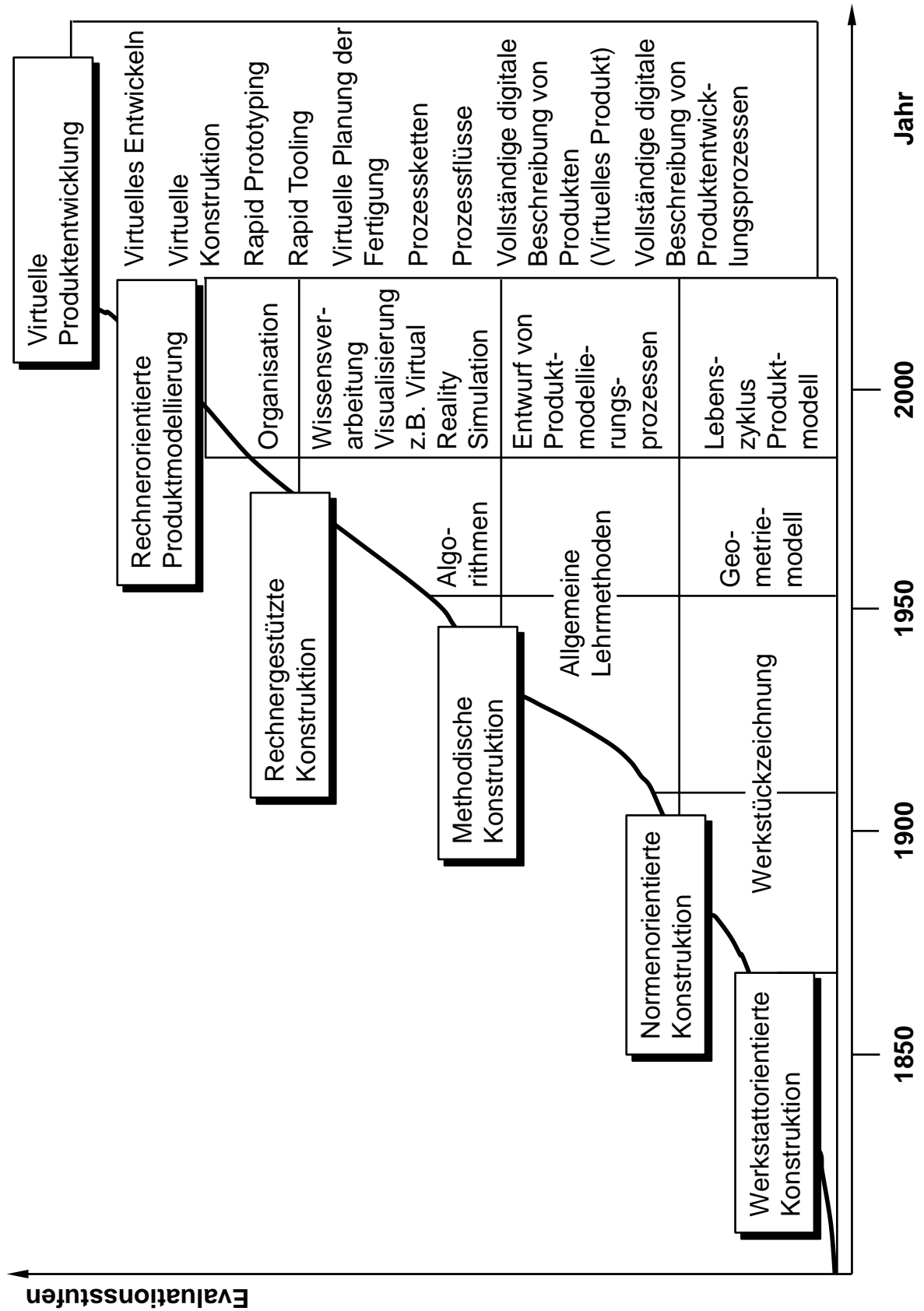


Bild A.11.2: Historie der Entwicklungs- und Konstruktionshilfsmittel [SPUR97, S. 44]

A.12 Begründungen und Beispiele zu Wissenstypen im Erprobungsprozess

Wissenstyp	Phase des Erprobungsprozesses	Vorhanden?	Begründung
Expertenwissen	Erprobungsplanung	Ja	Nötig, um Spezialfälle planen zu können, z. B. Batterieerprobung. Ingenieur muss wissen, dass Batterie Erholungsphase benötigt, um zu funktionieren.
Normatives Wissen		Ja	Nötig, um Annahmen richtig treffen zu können, die die Planung beeinflussen.
Fach- und Faktenwissen		Ja	Nötig, um den Prüflauf erstellen zu können. Zum Beispiel muss der Ingenieur Wissen über Schadensmechanismen besitzen, wenn er eine Getriebeerprobung plant.
Erfahrungswissen		Ja	Nötig, um konkrete Abläufe planen zu können. Ist keine Erfahrung vorhanden, muss sie gemacht werden.
Episodisches Wissen		Ja	Nötig, um beispielsweise gezielte Ergebnisse herbeiführen zu können. „Wie zerstöre ich eine Hardyscheibe?“
Handlungswissen		Nein	Eher wenig praktische Tätigkeiten in der Planung.
Allgemeines Methodikwissen		Ja	Nötig, um geeignete Methoden zur Erprobung auswählen zu können.
Spezielles Methodikwissen		Nein	Kein tieferes Verständnis der ausgewählten Methoden nötig.
Operationales Wissen		Ja	Nötig, um entscheiden zu können, wie ein vorgelegtes Teil erprobt werden kann.
Konditionales Wissen		Ja	Nötig, um zu entscheiden, wann eine Erprobung sinnvoll ist oder gemacht werden sollte.
Führungswissen		Ja und Nein	Nötig, wenn es sich bei der Planung um eine ganze Abteilung handelt, die geführt werden muss. Nicht nötig, wenn eine einzelne Person die Planung durchführt.
Produktwissen		Ja	Nötig, um konkrete Planung durchführen zu können.
Markt- und Kundenwissen		Ja	Nötig, um Erprobungsergebnisse festlegen zu können. „Was für Ergebnisse sind wichtig für Markt und Kunden?“
Geschäftsstrategisches Wissen	Ja	Nötig, um zu wissen, welche Erprobungsergebnisse erzielt werden sollen. Zum Beispiel das Erproben von Missbrauchsfällen. „Soll die Lenkstange dahingehend erprobt werden, ob sie das Einschlagen des Rads gegen den Bordstein aushält?“	
Expertenwissen	Erprobungsvorbereitung	Ja	Nötig, um die Software für den Prüfstand erstellen oder parametrieren zu können.
Normatives Wissen		Ja	Nötig, um Annahmen richtig treffen zu können, die die Vorbereitung beeinflussen.
Fach- und Faktenwissen		Ja	Nötig, um zum Beispiel den Prüfstand konstruieren zu können.
Erfahrungswissen		Ja	Nötig, um korrekte Vorbereitungen treffen zu können. Ist keine Erfahrung vorhanden, muss sie gemacht werden.
Episodisches Wissen		Nein	Eher methodisches Vorgehen.
Handlungswissen		Ja	Nötig, um einen Prüfstand funktionsfähig gestalten zu können. Anmerk. des Autors: bzw. um die Einstellparameter für den Prüfstand richtig bedaten zu können.

Tabelle A.12.1: Begründungen zu Wissenstypen im Erprobungsprozess zitiert nach

[FRÖBEL13, S. 82 ff.]

Wissenstyp	Phase des Erprobungsprozesses	Vorhanden?	Begründung
Allgemeines Methodikwissen	Erprobungsvorbereitung	Ja	Nötig, um geeignete Methoden zur Erprobung auswählen zu können.
Spezielles Methodikwissen		Ja	Ausgewählte Methode muss angewandt werden.
Operationales Wissen		Ja	Nötig, um zu wissen, welche Vorgänge eingeleitet werden müssen um das Ergebnis zu produzieren.
Konditionales Wissen		Nein	Es ist schon durch den Plan bekannt, wann in Aktion getreten werden muss
Führungswissen		Ja und nein	Nötig, wenn es sich bei der Vorbereitung um eine ganze Abteilung handelt, die geführt werden muss. Nicht nötig, wenn eine einzelne Person die Vorbereitung durchführt.
Produktwissen		Ja	Nötig, um eine korrekte Vorbereitung durchführen zu können.
Markt- und Kundenwissen		Ja	Nötig, um zum Beispiel zu wissen welches Nutzungsprofil der Beanspruchung erprobt werden soll.
Geschäftsstrategisches Wissen		Nein	Nur Umsetzung der Planung.
Expertenwissen	Erprobungsdurchführung	Ja und Nein	Dies hängt von der Organisation des Unternehmens ab. Ja: Die Durchführung wird von Experten (z.B. Ingenieuren) übernommen. Nein: Die Durchführung beruht auf Überwachung und Prüfstandbediener führen die Erprobung durch.
Normatives Wissen		Ja	Nötig, um Annahmen richtig treffen zu können, die die Durchführung beeinflussen.
Fach- und Faktenwissen		Ja	Nötig, um zum Beispiel den Prüfstand konstruieren oder anpassen zu können.
Erfahrungswissen		Ja	Zur Fehleranalyse während der Durchführung
Episodisches Wissen		Ja	Zwar hauptsächlich praktische, ausführende Tätigkeit, durch Erinnerung an bestimmte Situationen können diese effizienter abgearbeitet werden.
Handlungswissen		Ja	Nötig, da praktische, ausführende Tätigkeit.
Allgemeines Methodikwissen		Nein	Nicht nötig, da praktische, ausführende Tätigkeit.
Spezielles Methodikwissen		Nein	Nicht nötig, da praktische, ausführende Tätigkeit.
Operationales Wissen		Ja	Nötig, da es bei der Durchführung immer zu Problemen kommen kann, die gelöst werden müssen.
Konditionales Wissen		Ja	Nötig, um zum Beispiel zu wissen, wann der Notaus gedrückt werden sollte.
Führungswissen		Ja und Nein	Nötig, wenn es sich bei der Durchführung um eine ganze Abteilung/Team/Meisterrei handelt, die geführt werden muss. Nicht nötig, wenn eine einzelne Person die Erprobung durchführt.
Produktwissen		Ja	Nötig, um korrekte Durchführung machen zu können.
Markt- und Kundenwissen		Nein	Nicht nötig, da praktische, ausführende Tätigkeit.
Geschäftsstrategisches Wissen		Nein	Nicht nötig, da praktische, ausführende Tätigkeit.

Tabelle A.12.1: Begründungen zu Wissenstypen im Erprobungsprozess zitiert nach [FRÖBEL13, S. 82 ff.] (Fortsetzung)

Wissenstyp	Phase des Erprobungsprozesses	Vorhanden?	Begründung
Expertenwissen	Erprobungsauswertung/ - abschluss	Ja	Nötig, um zum Beispiel die Messdaten interpretieren zu können.
Normatives Wissen		Ja	Nötig, um Annahmen richtig treffen zu können, die die Auswertung/Bewertung beeinflussen.
Fach- und Faktenwissen		Ja	Nötig, um Ergebnisse interpretieren zu können. Zum Beispiel bei der Betriebsfestigkeit Kenntnisse über Mechanik.
Erfahrungswissen		Ja	Nötig, um korrekte Auswertung/Bewertung machen zu können. „Zum Beispiel, sind die Ergebnisse plausibel?“
Episodisches Wissen		Ja	Nötig, um korrekte Auswertung/Bewertung machen zu können. „Zum Beispiel, was bedeutet der Peak im Diagramm? – Störfaktor XY“
Handlungswissen		Ja	Nötig, um beispielsweise eine Schliffprobe herstellen zu können.
Allgemeines Methodikwissen		Ja	Nötig, um geeignete Methoden zur Bewertung auswählen zu können. „Zum Beispiel, welches Rautiefenmessverfahren kann angewandt werden?“
Spezielles Methodikwissen		Ja	Ausgewählte Methode muss angewandt werden.
Operationales Wissen		Ja	Notwendig, wenn Auswertungsmethoden zu entwickeln sind oder bei der Analyse von Zusammenhängen.
Konditionales Wissen		Nein	Es ist schon durch den Plan bekannt, wann in Aktion getreten werden muss.
Führungswissen		Ja und Nein	Nötig, wenn es sich bei der Auswertung um eine ganze Abteilung / ein ganzes Team handelt, die geführt werden muss. Nicht nötig, wenn eine einzelne Person die Auswertung durchführt.
Produktwissen		Ja	Nötig, um eine korrekte Auswertung durchführen zu können.
Markt- und Kundenwissen		Ja	Nötig, um zu wissen, ob das Ergebnis für den Markt oder Kunden ausreicht.
Geschäftsstrategisches Wissen		Nein	Nur Auswertung und Bewertung.

Tabelle A.12.1: Begründungen zu Wissenstypen im Erprobungsprozess zitiert nach [FRÖBEL13, S. 82 ff.] (Fortsetzung)

A.13 Schlussfolgerungen aus der Studie [KARTHAUS15A]

Folgende Schlussfolgerungen ergeben sich aufgrund der vorgestellten Ergebnisse:

1. Das aufgezeigte Problem, dass nicht alle Fehler nachvollziehbar dokumentiert werden, ist kein Problem einzelner Firmen und Branchen, sondern ist durchaus in mehreren Branchen relevant. Besonders bei scheinbar komplexen Produkten (hohe Teile- und Stückzahl) mit komplexen Organisationen (hohe Personenanzahl) tritt dieses Problem vermehrt auf. Eine Herausforderung ist die Beherrschung der gesamten Komplexität im Fehlerfall.
2. Es gibt unterschiedliche Ursachen, die eine Wissensnutzung erschweren. Diese Ursachen sind aus anderen Quellen/Untersuchungen teilweise bekannt und konnten für das Problem der Wissensrückführung von Erprobungswissen bestätigt werden.
3. Einige Ursachen für die unzureichende Wissensnutzung, z. B. die Motivation der Mitarbeiter, können durch technische Methoden nur schwer unterstützt werden, sondern eher durch Führungsmethoden und organisatorische Methoden (z. B. Job Rotation o. ä.).
4. Bei einigen Ursachen, z. B. der Vollständigkeit der dokumentierten Fehler, dem Anteil der nachvollziehbar dokumentierten Fehler oder der Menge der zu verarbeitenden Informationen, ist der Einsatz von Wissensmanagementmethoden zur effektiveren Nutzung des Erprobungswissens und zur Verbesserung der Wissensrückführung möglich.
5. Die Frage nach den Folgen von ungenutztem Erprobungswissen zeigt, dass Fehler passieren. Von diesen Fehlern können Entwickler lernen. Die Behebung des Fehlers führt zu einer steigenden Produktqualität. Es ist nicht gewollt, dass gleiche Fehler mehrfach auftreten und von Neuem behoben werden müssen. Dennoch tritt dieses Phänomen in der industriellen Praxis auf. Hier zeigen sich Forschungspotenziale für Methoden zur Fehlervermeidung und zur Verbesserung der Rückführung von Erprobungswissen auf dem Gebiet des Wissensmanagements.
6. Der Einsatz von Datenbanken zur Wissenssicherung scheint Stand der Technik zu sein. Die automatisierte Erhebung (z. B. durch die Prüfstandsautomatisierung) von Informationen zur Erstellung von Berichten zur Wissensvermittlung vom

Prüfstand zum Konstrukteur/Entwickler kommt teilweise bei standardisierten Fällen in späten Entwicklungsphasen zum Einsatz. Automatisierte (oder teilautomatisierte) Methoden zur Erhebung von Informationen zur Erstellung von Berichten scheinen nach Ansicht der Befragten in der Fahrzeugindustrie besondere Potenziale zu bieten.

7. Es besteht Potenzial für weitere Forschung im Bereich der anwendungs- und praxisnahen Methoden und Tools, um eine effizientere Rückführung des Erprobungswissens zu ermöglichen. Die Frage nach den Konstruktions- und Erprobungsprozessen zeigt, dass Methoden und Tools nur Anwendung finden, wenn diese firmenspezifisch angepasst werden können.
8. Die Methoden des Wissensmanagements können aus Sicht der Befragten zur Verbesserung der Rückführung von Erprobungswissen zwischen Konstruktion/Entwicklung und Erprobung angewandt werden. Potenziale aus Sicht der Verfasser bieten hierzu die Beherrschung der Komplexität der Fehleranalyse und -dokumentation, der Ergebnis- oder Ereignisinterpretation oder der Wissensverteilung innerhalb der unterschiedlichen Unternehmensbereiche.
9. Unternehmen und ihre Produkte sind individuell und die Erprobungsinformationen sind es ebenfalls. So sind der generische Prozess der Wissensrückführung, die Methoden und speziell die Tools, um diesen Prozess zu unterstützen, an jedes Unternehmen zu adaptieren.
10. Die Erfolgsfaktoren für eine effizientere Zusammenarbeit zwischen Erprobung und Konstruktion sind die Kommunikation zwischen Entwickler/Konstrukteur und Versuchingenieur sowie die Ergebnissrückführung. Dazu ist Forschung nach praktikablen Methoden notwendig.

Wichtig ist die Erkenntnis, dass die Industrie die Sichtweise vertritt, dass diese Probleme mit Methoden des Wissensmanagements gelöst werden können. Dazu müssen diese praxisnah und anwendungsfallspezifisch angewendet werden können. Dafür ist eine praktische, situationsspezifische Auswahl von Methoden notwendig.

A.14 Anforderungen an eine Methode zur Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung

Anforderungsgruppen	Untergruppen	Nr.	Anforderung
nach [KELLER09]			
Überprüfbarkeit	Validierung	1	Methode muss anhand der Anforderungsliste validiert werden.
	Verifizierung	2	Methode muss verifiziert werden.
Wissenschaftliche Sinnhaftigkeit	Validität	3	Aussagen der Methode dürfen sich nicht widersprechen und müssen damit valide sein.
	Zuverlässigkeit	4	Methode muss zuverlässige Ergebnisse liefern.
	Objektivität	5	Subjektive Einflüsse dürfen die Effektivität der Methode nicht behindern. Damit muss die Methode ausreichend objektiv sein.
Nachvollziehbarkeit	Verständlichkeit	6	Schritte und Zusammenhänge der Methode müssen transparent und logisch nachvollziehbar sein.
	Erlernbarkeit	7	Für die allgemeine Methodik muss Vorwissen in Form eines Ingenieurstudiums ausreichend sein, um die Methode und deren Anwendung zu verstehen.
		8	Die Erlernbarkeit von Teilmethoden muss auf die Kompetenz der beteiligten Personen und deren Hintergrund anpassbar sein.
	Anwendbarkeit	9	Ingenieure müssen unter Verwendung der entwickelten Hilfsmittel die Methode anwenden können.
	Wiederholbarkeit	10	Die Ergebnisse der Methode dürfen sich bei einer mehrfachen Anwendung nicht widersprechen.
Strukturierung und Kompatibilität	Strukturieren	11	Methode muss die systematische Strukturierung des Problems und/oder des Objekts oder Teilen davon unterstützen.
	Komplexitätsbewältigung	12	Methode muss bei der Komplexitätsbewältigung der Fehleranalyse unterstützen.
		13	Methode muss das Gesamtproblem in Teilprobleme aufteilen, um es beherrschbar zu machen.
	Problemlösen	14	Methode muss beim Problemlösen unterstützen.
	Kompatibilität	15	Methode muss rechnerintegrierbar sein.
16		Methode muss mit VDI-Richtlinie 5610 kompatibel sein.	
Flexibilität	Flexibilität	17	Einzelne Schritte der Methode müssen im Einzelfall ausgelassen oder übersprungen werden können.
		18	Iteratives Durchlaufen der Methode muss möglich sein.
		19	Methode muss eine als praktisch angesehene, situative Methodenauswahl enthalten.
		20	Methoden und Tools müssen auf unternehmensspezifische Eigenschaften adaptiert werden können.
Praktische Relevanz	Innovativität	21	Methode muss neu sein.
	Konkurrenzfähigkeit	22	Ergebnisse der Methode dürfen nicht durch bestehende Methoden erarbeitet werden können.

Tabelle A.14.1: Anforderungsliste in Anlehnung an [POSNER12, S. 543]

Anforderungsgruppen	Untergruppen	Nr.	Anforderung
nach [KELLER09]			
Nützlichkeit	Effektivität	23	Methode muss die Analyse der Ausgangssituation unterstützen.
		24	Methode muss ausgehend von dem Analyseergebnis Handlungsempfehlungen oder situationsgerechte Methodenauswahl ermöglichen.
		25	Aufwand zur Methodenanwendung muss für die Methodenauswahl berücksichtigt werden.
		26	Zielsetzungen und Beschreibungen einzelner Methoden müssen die situationsgerechte Methodenauswahl unterstützen.
		27	Methoden zur Rückführung von Erprobungswissen müssen die Fehleranalyse als auch die Ermittlung von Ist-Eigenschaften unterstützen.
		28	Methode muss alle Bereiche des Rückführungsprozesses Wissen erzeugen, Wissen speichern, Wissen verteilen und Wissen anwenden unterstützen.
		29	Dokumentation der Ergebnisse aus Versuchen muss kontinuierlich und abschließend erfolgen.
	30	Methode muss eine Effektivitätsbewertung enthalten.	
	Effizienz	31	Aufwand darf den Nutzen nicht übersteigen.
		32	Methode muss dem Nutzer effizient erscheinen.
33		Methode muss eine Effizienzbewertung enthalten.	
Problemspezifität	Problemspezifität	34	Methode muss Problemspezifität aufweisen, die es einem Nutzer erlaubt, sie als für sein Problem passend zu erkennen.
		35	Methoden müssen praktikabel, praxisnah und anwendungsfallspezifisch angewendet werden können.

Tabelle A.14.1: Anforderungsliste in Anlehnung an [POSNER12, S. 543] (Fortsetzung)

A.15 Methodenbaukasten zur Rückführung von Erprobungswissen



Bild A.15.1: Entwickler Methodenbaukasten zur Rückführung von Erprobungswissen mit Verknüpfung von Arbeitssituation (WM-Kernaktivität) und Methoden.

A.16 Methodenbeschreibung: Analogiebildung

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen erzeugen Wissen verteilen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Schnelleres Verständnis von neuen Aufgaben, neuen Projekten, neuen Problemen und unbekanntem Sachverhalten. • Extraktion von implizitem Wissen von Wissensträgern im Unternehmen. • Wissensbestand erweitern, Verständnis erhöhen. • Horizont erweitern, über den „Tellerrand“ blicken. • Wissen sozialisieren. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implizites Wissen über Verfahren und Unternehmensprozesse ist bei wenigen Mitarbeitern konzentriert/fokussiert. • Es sollen neue Produktbereiche erschlossen oder neue Produktionsverfahren entwickelt werden. • Vorhandenes Wissen anderer Bereiche nutzbar machen. • Mitarbeiterwechsel. • Nicht nachvollziehbare Dokumentation. 	<p>Analogien ermöglichen intuitives Begreifen von neuen komplexen Dingen. Ermöglicht das Erkennen von Ähnlichkeiten und Gemeinsamkeiten unterschiedlicher Aufgaben und Themengebiete. Speicherung von impliziten Wissensbeständen. Wissen wird reflektiert.</p>		
Vorgehen				
<ul style="list-style-type: none"> • Ein Merkmal des vorhandenen Systems/Verhaltens auswählen. • Systeme/Verhalten suchen, in denen das Merkmal vorhanden ist. • Lösungsvariante, Zweck oder Aufgabe vom Merkmal jenes Systems/Verhaltens lösen. • Gefundene Lösungsvariante, Zweck oder Aufgabe auf vorhandenes System/Verhalten übertragen. <p>→ Bei komplexen Systemen/Verhaltensmustern kann so systematisch das ganze System / der ganze Prozess erfasst werden.</p>				
Werkzeuge				
<ul style="list-style-type: none"> • Literaturrecherche. • bildhafte Sprache. 				
Hinweise				
Wichtig ist eine gemeinsame Verständnisgrundlage, damit es nicht zu Mehrdeutigkeiten und Missverständnissen kommt.				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig Mittel Hoch	Niedrig	Laie Fortgeschrittener Experte	Einzelperson Gruppe auf Abruf Gruppe	Ohne Softwareunterstützung
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Niedrig	Niedrig	Niedrig	Niedrig	
Weiterführende Literatur				
[MEINKE12, S. 69, S. 93, S. 104, S. 112], [PROBST10, S. 39, S. 47, S. 121, S. 124], [VOHLE00, S. 10 ff.]				

A.17 Methodenbeschreibung: Anreizsysteme

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen erzeugen Wissen speichern Wissen verteilen Wissen anwenden		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Anreize schaffen. • Motivation des Mitarbeiters zur Teilung seines Wissens im Unternehmen. • Eintrittsanreize für qualifizierte Arbeitsuchende sowie Bleibebezüge für Mitarbeiter mit hohem Know-how. • Mitarbeiter entwickeln. 	<ul style="list-style-type: none"> • Akzeptanzprobleme. • Zur Einführung von neuen Wissensmanagementkonzepten. • Wissensmanagementkonzepte werden von Mitarbeitern nicht getragen. • Fehlende Mitarbeitermotivation. • Mitarbeiterwechsel. 	Vertikale Unterstützung von Wissensmanagement im Unternehmen. Grundlage für erfolgreiches Wissensmanagement.		
Vorgehen				
<ul style="list-style-type: none"> • Zusammenstellung möglicher Anreizarten. • Ermittlung der Bedürfnisse der Mitarbeiter. • Transparentmachen der Wissensziele. • Bewertung der Wissensziele. 				
Werkzeuge				
<ul style="list-style-type: none"> • Immaterielle Anreizsysteme: Beispiele: Job Enrichment, Job Enlargement, Wissensweitergabe als Aufstiegsvoraussetzung, Teamziele vorgeben, Wissensweitergabe als Bestandteil der Unternehmenskultur, Weitergabe von falschem Wissen darf nicht bestraft werden etc. • Materielle Anreizsystem: Beispiele: Prämien für Wissensbeiträge bei Lessons-Learned-Berichten, mehr Gehalt, wenn Mitarbeiter sich weiterqualifizieren, Mitarbeiter sammelt Punkte bei nützlichen Beiträgen in Datenbanken etc. 				
Hinweise				
Verwendung von Wissensmanagement darf nie mit Mehraufwand verbunden sein. Erfolgsabhängiger Bonus oder Koppelung der Zusatzleistungen an persönliche Ziele, den Erfolg einer Abteilung oder den Erfolg des ganzen Unternehmens.				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig	Niedrig Mittel	Laie	Einzelperson Gruppe auf Abruf Gruppe	Ohne Softwareunterstützung
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Niedrig	Niedrig	Niedrig	Hoch	
Weiterführende Literatur				
[BROßMANN11, S. 208], [MEINKE12, S. 38]				

A.18 Methodenbeschreibung: Befragung

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen erzeugen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Expertenwissen soll erhoben und in eine strukturierte Form gebracht werden. • Wissensbestand erweitern. • Standardisierte Erfassung von Information. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wissen ist nicht explizit vorhanden/dokumentiert. • Kein Wissenstransfer. • Fehlende / nicht nachvollziehbare Dokumentation. 	Vorhandenes Wissen eines Experten wird erfasst. Ein Wissensträger wird zu seinem Wissen befragt.		
Vorgehen				
1. Stark strukturiertes Interview <ul style="list-style-type: none"> • Festlegung des Inhalts. • Festlegung der Anordnung. • Festlegung der Fragen. 2. Weniger und teilstrukturiertes Interview <ul style="list-style-type: none"> • Festlegung des Befragungsthemas und des Ziels der Befragung. • Ausarbeitung eines strukturierten Schemas (Leitfaden), optional spontane Fragenformulierung. 2.1 Narratives Interview <ol style="list-style-type: none"> 1. Erzählaufforderung: Befragte soll Erinnerungen mobilisieren und reaktivieren. 2. Haupterzählung: Interviewter erzählt aktiv und autonom, Interviewer hört passiv zu. 3. Nachfrageteil: Erzählgenerierendes, aktives Nachfragen anhand der während der Haupterzählung vom Interviewer notierten Stichpunkte. 2.2 Leitfadeninterview <p>Formulierung von fünf bis sieben offenen Leitfragen bzw. Leitfaden aus weit gefassten Themenkomplexen als Gesprächsanregung.</p> <p>Freie Erzählphasen (unterstützt durch Äußerungen des Interviewers) und Phasen, in denen es darum geht, die Auffassungen des Interviewten genauer zu verstehen, wechseln sich im Verlauf ab.</p>				
Werkzeuge				
a) Mündliche Befragungsformen: persönliches Interview und Telefoninterview. b) Schriftliche Varianten: Fragebogen, der auf postalischem oder elektronischem Weg zur Beantwortung verschickt wird.				
Hinweise				
<p>Für die Wissenserhebung nimmt das Interview einen höheren Stellenwert ein als schriftliche Befragungen. Reaktive Erhebungsmethode, da sich die Untersuchungsobjekte bewusst darüber sind, Gegenstand einer Untersuchung zu sein und die Möglichkeit haben, auf den Vorgang selbst zu reagieren. Befragungen stellen damit spezielle soziale Situationen dar und daher sind zahlreiche Faktoren zu beachten, welche die beteiligten Personen gleichermaßen umfassen wie Situation, Zeitpunkt oder Art der Befragung. Gegenseitige Erwartungen und Wahrnehmungen aller Art beeinflussen das Verhalten und die verbale Reaktion. Der Wissensvermittler muss Ort, Zeitpunkt und Terminologie des zu untersuchenden Wissens und des Wissensträgers richtig auswählen und sich damit zurechtfinden, da die Sprache auch ein wichtiger Erfolgsfaktor ist.</p>				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Hoch	Niedrig Mittel	Fortgeschrittener Experte	Einzelperson	Ohne Softwareunterstützung Teilautomatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Mittel Hoch	Mittel	Niedrig	Niedrig	
Weiterführende Literatur				
[SCHUSTER04, S. 89 ff.]				

A.19 Methodenbeschreibung: Beobachtung

Zuordnung Wissenmanagementkernaktivität:		Wissen erzeugen		
Aufgabe / Zweck	Problem / Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Zielgerichtete und methodisch kontrollierte Wahrnehmung von konkreten Systemen, Ereignissen oder Prozessen. • Erhebung von Vorwissen über ein Forschungsgebiet. • Wissensbestand erweitern. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wissen ist nicht explizit vorhanden/dokumentiert. • Fehlende / nicht nachvollziehbare Dokumentation. 	Verhaltensweisen, Muster, Abläufe werden erfasst. Ist den Beobachteten bewusst, beobachtet zu werden, sind Verhaltensänderungen möglich. Ein Wissensträger wird zu seinem Wissen beobachtet. Personen werden gezielt beobachtet zur Erfassung ihres Verhaltens, ihres Wissens oder ihrer Einstellungen.		
Vorgehen				
<ul style="list-style-type: none"> • Beobachtungsschema erstellen (mit Beobachtungspunkten, Kategorien, Dauer, Ort, involvierten Personen) • Beobachtung durchführen • Nachgespräch 				
Werkzeuge				
Beobachtungsschema				
Hinweise				
Forscher muss sich auf die Interaktion mit den beobachteten Personen konzentrieren und gleichzeitig wichtige Aspekte der Situation festhalten. Hierbei besteht die Gefahr, dass sich Verzerrungen durch Gedächtnisfehler einschleichen können. Es ist ein Nachgespräch zwischen Wissensträger und Vermittler anzustreben, um die Beobachtungsergebnisse zu überprüfen.				
Zur Erhöhung der Reliabilität zwei Beobachter einsetzen,				
Probleme:				
<ul style="list-style-type: none"> • Beobachtete Personen ändern bei registrierter Anwesenheit des Beobachters (offene Beobachtung) vielleicht absichtlich ihr Verhalten oder die Situation selbst ändert sich während der Beobachtung bzw. zwischen zwei Beobachtungen. • Bei Wissenserhebung zusätzlich: persönliche Barrieren der Wissensweitergabe, die einen Wissensträger veranlassen, sein Verhalten absichtlich zu ändern. 				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
mittel hoch	mittel hoch	Experte	Einzelperson	Ohne Softwareunterstützung Teilautomatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Mittel hoch	mittel	niedrig	mittel	
Weiterführende Literatur				
[SCHUSTER04, S. 100 ff.]				

A.20 Methodenbeschreibung: Best Practices

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen anwenden		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Vorbildhafte Prozesse, Prozessparameter, Lösungsansätze und Einheiten an andere Abteilungen weitergeben. • Wissen externalisieren/dokumentieren. • Operationalisieren, Wissensanwendung beschreiben. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bewährte Lösungen nicht dokumentiert. • Prozesse mit hohen Abweichungen von zentralen Effizienzmaßstäben. • Einführung neuer Technologien. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vermeidung von Mehrfachentwicklungen und Fehlerwiederholungen. • Kollektiver Lernprozess trägt zur Effizienzsteigerung bei. • Mehrfachanwendung von Wissen. 		
Vorgehen				
<ul style="list-style-type: none"> • Best Practice finden Ein Gebiet mit überdurchschnittlicher Leistung lokalisieren, um Fokus und Verbesserungspotenzial zu definieren. • Best Practice beschreiben Den Best Practice Fall ausreichend beschreiben und dokumentieren. • Best Practice transferieren Ein geeignetes Transfermodell ermitteln. • Best Practice institutionalisieren Den Prozess an anderen Standorten wiederholen. 				
Werkzeuge				
<ul style="list-style-type: none"> • Benchmarking (internes und externes). • Datenbanken oder Dokumenten-Managementsysteme für Best Practices in digitaler Form. 				
Hinweise				
Best Practices sind meist sehr spezifisch und können nur auf ähnliche Sachverhalte angewendet werden.				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig	Niedrig	Laie Fortgeschrittener	Einzelperson Gruppe auf Abruf Gruppe	Ohne Softwareunterstützung
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Mittel	Niedrig	Niedrig Mittel	Mittel	
Weiterführende Literatur				
[MEINKE12, S.100 f.], [PROBST10, S. 64 f.], [REINMANN09, S. 77 ff.]				

A.21 Methodenbeschreibung: Checklisten

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen speichern Wissen anwenden		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Erleichtert die Problemlösungssuche durch standardisiertes Abfragen von Eigenschaften. • Erleichterung der Organisation. • Vergessen wichtiger Punkte vermeiden. • Wissen kombinieren. • Operationalisieren, Wissensanwendung beschreiben. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wissen nicht explizit vorhanden/dokumentiert. • Wissensverteilung für explizite und kontextarme Wissensanteile. • Umfangreiche sich wiederholende Arbeiten. • Einarbeiten von neuen Mitarbeitern. • Akzeptanzprobleme. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verbessert die Lernkurve von Unternehmensbereichen. • Reduktion von Fehlerwiederholung. • Effizienzsteigerung. 		
Vorgehen				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Vorlage anlegen: Diese bildet die Grundlage für jede Checkliste und sorgt für gute Übersichtlichkeit. 2. Recherche: Gibt es schon eine ähnliche oder gleiche Checkliste und kann diese durch geringe Änderungen übernommen werden? 3. Informationen sammeln: Informationen und Punkte sammeln, die unbedingt durch die Checkliste abgearbeitet werden müssen. 4. Punkte strukturieren und sortieren: Punkte und Fragen nach logischer oder funktioneller Reihenfolge strukturieren und sortieren. 5. Testen: Der Entwurf der Checkliste wird in der Praxis einem Testlauf unterzogen und eventuell korrigiert und verfeinert. 				
Werkzeuge				
<ul style="list-style-type: none"> • Listen • Tabellen 				
Hinweise				
Kann vor allem bei hohen Sicherheitsanforderungen eingesetzt werden, da strukturiert nach Fehlern gesucht wird.				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Mittel Hoch	Niedrig Mittel Hoch	Laie Fortgeschrittener Experte	Einzelperson Gruppe auf Abruf	Ohne Softwareunterstützung Teilautomatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Niedrig	Niedrig	Niedrig	Niedrig	
Weiterführende Literatur				
[MEINKE12, S. 101 ff.], [LINDEMANN09A, S. 253 f.], [HEINEVETTER99, S. 40 ff.]				

A.22 Methodenbeschreibung: Data Mining

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen erzeugen
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung
<ul style="list-style-type: none"> • Daten und Informationen verknüpfen und kombinieren, damit daraus Wissen entstehen kann. • Standardisierung/Klassifizierung von Wissen. • Daten vereinheitlichen. • Wissen soll in Form von Mustern, die allgemein gültig sind, nicht trivial, neu, nützlich und verständlich aus großen Daten extrahiert werden. Die vorliegende Datenmenge ist zu groß oder zu komplex, um diese zu analysieren. • Wissensbestand erweitern. • Auswertung und Dokumentation automatisieren. 	<ul style="list-style-type: none"> • Rohdaten stehen zur Verfügung, in der Regel ungeordnet, fehlerhaft, unvollständig, teilweise redundant oder unwichtig. Oder noch gar keine Daten vorhanden- • Daten sind nicht nachvollziehbar bzw. lassen aufgrund des Umfangs keine direkten Schlüsse zu- 	Das Data Mining ist eine Sammlung von (mathematischen) Methoden zur Analyse von Daten. Informationen werden verknüpft und standardisiert ausgewertet.

Vorgehen

Der Data-Mining-Prozess beinhaltet die vier wesentlichen Schritte der Vorbereitung, der Vorverarbeitung, der Analyse und der Nachbearbeitung und sollte im Idealfall nach folgendem Bild ablaufen:

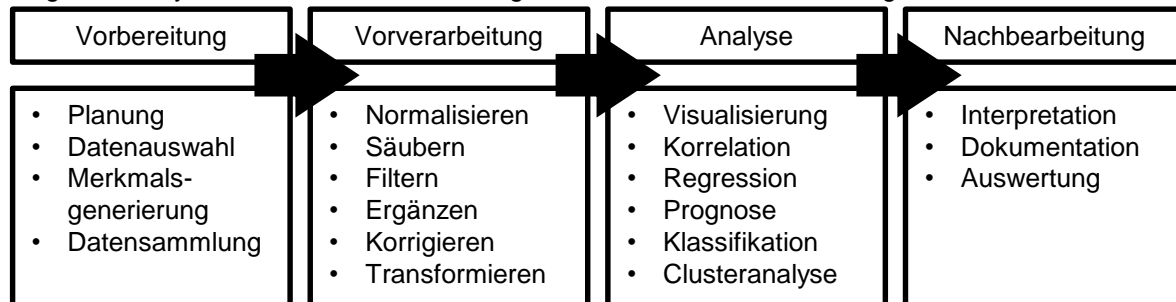


Bild nach [RUNKLER10, S. 2]

Werkzeuge

Hierzu stehen unterschiedliche Methoden und Tools zur Verfügung. An dieser Stelle sind nur einige zu nennen:

- Lineare Korrelation
- Neuronale Netze
- Clustering
- ..., siehe [RUNKLER10, S. 55 ff.]

Hinweise

Folgende Beispiele sind möglich [RUNKLER10, S. 1]:

- Industrielle Prozessdaten
- Marketingdaten (z. B. Warenkorbanalysen)
- Textdaten und strukturierte Daten (z. B. internet-basierte Dokumente wie E-Mail, ...)
- Bilddaten (z. B. Suche nach Objekten)
- Biomedizinische Daten (z. B. Erbgutanalyse)

In wie weit die erkannten Muster auf die geforderten Eigenschaften zutreffen, ist mit Anwendungsexperten zu diskutieren. Die Einbindung von Experten ist notwendig und ergibt eine Rückkopplung, die u. U. so lange durchlaufen werden muss, bis ein zufriedenstellendes Ergebnis erreicht ist.

Der Prozess ist nicht streng sequenziell zu durchlaufen, Iterationen und Rücksprünge sind möglich.

Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Hoch	Hoch	Experte	Einzelperson Gruppe auf Abruf Gruppe	Automatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Niedrig	Hoch	Mittel Hoch	Hoch	
Weiterführende Literatur				
[RUNKLER10]				

A.23 Methodenbeschreibung: Entscheidungsbäume

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen speichern Wissen anwenden		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Systematisierung eines Prozesses / einer Aufgabe. • Wissen strukturieren. • Dokumentieren. • Informationen vernetzen und kombinieren. • Operationalisieren, Wissensanwendung beschreiben. 	<ul style="list-style-type: none"> • Erfahrenes Personal droht altersbedingter Ausfall. • Lösungsfindung bei gleichbleibenden Prozessen oder Aufgaben sind unzureichend dokumentiert. • Einarbeitung von neuen Mitarbeitern. • Wissen/Erfahrung/Entscheidungswege nicht dokumentiert. 	Durch einzelne Entscheidungen, die hierarchisch angeordnet sind, kann in einem Entscheidungsbaum von einer Problemstellung auf eine Lösung geschlossen werden.		
Vorgehen				
<ul style="list-style-type: none"> • Erstellen eines Entscheidungsbaumes: Erarbeiten von hierarchischen Entscheidungsfragen aufgrund von Erfahrungen oder Datensätzen, die von einem Problem (Stamm) auf verschiedene Lösungsvarianten führen. • Anwenden eines Entscheidungsbaumes: Entscheidungsbaum muss vom Stamm (Problemstellung) begonnen werden, um bei jeder Verzweigung eine entsprechende Entscheidungsmöglichkeit zu treffen und somit Stück für Stück der Wurzelspitze (Lösung) näher zu kommen. 				
Werkzeuge				
<ul style="list-style-type: none"> • Algorithmen • Programme • Graphische Netze 				
Hinweise				
Entscheidungsbäume sind sehr gut verständlich und können auch von fachfremden Personen gut nachvollzogen werden, doch kann bei einem nicht erwartenden Verhalten der Entscheidungsbaum schnell an seine Grenzen kommen. Weiter werden bei komplexen Aufgaben die Entscheidungsbäume sehr groß und unübersichtlich.				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig Mittel	Mittel	Laie	Einzelperson Gruppe auf Abruf	Ohne Softwareunterstützung
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Niedrig	Mittel	Niedrig Mittel	Niedrig	
Weiterführende Literatur				
[MEINKE12, S. 103 f.], [RUNKLER10, S. 99 ff.]				

A.24 Methodenbeschreibung: Evokationsprozess

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen erzeugen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Ein Evokationsprozess dient der Informationssammlung, um eine geordnete Reihenfolge der Aktivität der Repräsentationssysteme zu explizieren. • Wissensbestand erweitern, Verständnis erhöhen. • Lesen, lernen und denken. • Wissen strukturieren. • Wissen externalisieren. 	<ul style="list-style-type: none"> • Beim Evokationsprozess durch mündliche Befragung versucht der Forscher, sich aktiv auf die einzelnen verbal ausgedrückten Repräsentationssysteme zu konzentrieren und die Fragen dementsprechend auszurichten. • Wissen ist nicht explizit vorhanden. • Flut von Informationen. 	Aus den einzelnen Antworten können dann detaillierte TOTE-Modelle aufgebaut bzw. verfeinert werden.		
Vorgehen				
Das Vorgehen entspricht der Vorgehensweise bei der mündlichen Befragung, wobei die Fragestellungen sich auf das betreffende Verhalten beziehen und evtl. spontan angepasst werden müssen.				
Werkzeuge				
Mündliche Befragung.				
Hinweise				
Evokation ist die Prozedur der Informationssammlung, um die geordnete Reihenfolge der Aktivität der Repräsentationssysteme zu explizieren, die eine bestimmte Strategie ausmacht. Dazu werden die Methoden der mündlichen Befragung sowie der Beobachtung vorgeschlagen. Am meisten wird die mündliche Befragung verwendet, bei der direkte offene Fragen über das betreffende Verhalten gestellt werden.				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Mittel Hoch	Mittel	Laie Fortgeschrittener	Einzelperson Gruppe auf Abruf	Teilautomatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Niedrig	Mittel	Niedrig	Niedrig	
Weiterführende Literatur				
[SCHUSTER04, S. 123 ff.]				

A.25 Methodenbeschreibung: Frequently Asked Questions (FAQ)

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen speichern Wissen anwenden		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Sammlung und Dokumentation von Antworten auf oft gestellte Fragen. • Unterstützung bei wiederkehrenden Arbeiten durch Hinweise auf Standards, Stolpersteine und Erfolgskriterien. • Wissen und Erfahrung sichern. • Standardisierung der Dokumentation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fragen zu bestimmtem Thema wiederholen sich oft und nehmen Großteil der Zeit des Bearbeiters in Anspruch. • Fachmann wird durch Beantwortung von trivialen Fragen beschäftigt. • Wissen nicht dokumentiert. • Wissen nicht strukturiert. • Aufwändige Suche nach Informationen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Benutzer erhalten wichtigste Hinweise in einfacher Form. • Entlastung anderer Wissens-träger. • Doppelarbeit oder Fehler werden vermieden. • Zeitersparnis durch schnelle Beantwortung von Fragen. 		
Vorgehen				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Sammlung der am häufig gestellten Fragen und Antworten über einen Zeitraum. 2. Die sich oft wiederholenden Fragen anonymisieren, vereinfachen und verallgemeinern. 3. Beste und einfachste Antworten auswählen oder gegebenenfalls erstellen. 4. Veröffentlichung der „Frequently Asked Questions“-Liste an einem passenden Ort oder einer passenden Stelle. 5. Erweiterung der Fragenliste bei Bedarf. 6. Wenn bessere Antworten erstellt wurden, sollten diese verwendet werden. (Eine Antwort kann durch Bilder mit Handlungsanweisungen noch weiter verbessert werden.) 				
Werkzeuge				
<ul style="list-style-type: none"> • Listen • Kataloge • Web-Interface 				
Hinweise				
<ul style="list-style-type: none"> • Anzahl der FAQs sollte möglichst klein bleiben. • Bei umfangreicheren FAQs mit Suchfunktion und/oder Kategorien ausstatten. • Erstellende Person muss sich in den Standpunkt der handelnden Personen hineinversetzen, damit die Antworten auch für den Benutzer anwendbar sind. • Antworten sollten so kurz und einfach wie möglich sein. • Immer ein Kontaktweg offenlassen, um Fragen, die über die FAQs hinausgehen, zu beantworten. 				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig	Niedrig Mittel	Laie	Einzelperson Gruppe auf Abruf	Ohne Softwareunterstützung Teilautomatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Mittel	Niedrig	Niedrig Mittel	Mittel	
Weiterführende Literatur				
[TALLER11, S. 14], [BERTERMANN13, S. 13], [MANHARTSBERGER12, S. 11 ff.]				

A.26 Methodenbeschreibung: Ganzheitliches Vorgehensmodell zur Akquisition von Know-how

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen erzeugen
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung
<ul style="list-style-type: none"> • Es soll Know-how weitergegeben werden bzw. ein Know-how-Träger soll einen Teil seines Wissens kommunizieren. • Wissen und Kompetenz entwickeln. • Wissens- und Kompetenzentwicklung lenken. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wissen ist nicht explizit vorhanden. • Fehlende Mitarbeitermotivation. • Ein Wissensträger soll einen Teil seines Know-hows preisgeben und dies dabei nicht als Verlust ansehen, sondern als einen Prozess, in dem er für sich selbst Erkenntnisse zurückbekommt, die sein Wissen anreichern und damit weiterentwickeln. 	Der Schlüssel intrinsischer Motivation liegt in der Änderung des mentalen Modells bzw. der Kognition des Know-how-Trägers hinsichtlich der bestehenden Situation. Intrinsische Motivation soll geweckt werden.
Vorgehen		
<p>Um den Prozess organisatorisch zu verankern, wird die Bildung eines Gremiums vorgeschlagen; die Aufgabe kann aber auch von einem Projektteam übernommen werden. Das Gremium sollte neben einem Leiter auch aus Fachkräften aus den Bereichen Informationstechnologien, Personalentwicklung sowie Wissensvermittlern bestehen.</p> <p>Die einzelnen Schritte des Vorgehensmodells:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Identifizierung und Bewertung der Know-how-Potenziale 2) Identifizierung der Know-how-Träger 3) Information an Know-how-Träger <p>Der Gremiumsleiter informiert die Know-how-Träger über das Akquisitionsprogramm und wird durch die Unternehmensleitung und die Personalentwicklung unterstützt.</p> <ol style="list-style-type: none"> 4) Auswahl Wissensvermittler 5) Persönliches Vorgespräch mit Know-how-Trägern <p>Vorgespräch zwischen Wissensvermittler und Know-how-Träger. Der Dialog sollte so erfolgen, dass es zu einer persönlichen Würdigung des Know-how-Trägers kommt (hervorheben seiner Stärken/Fähigkeiten und gleichzeitiges Schaffen von Neugier, in intrinsischem Sinne mehr über sich und sein Wissen zu erfahren), um seine Motivation zu steigern.</p> <ol style="list-style-type: none"> 6) Auswahl der Akquisitionsmethode 7) Festlegung der Methodenreihenfolge sowie Ort und Zeit der Akquisition <p>Da der Einsatz unterschiedlicher Methoden einen besseren Zugang zum jeweiligen Know-how-Träger schafft, muss nach der individuellen Methodenauswahl deren Einsatzreihenfolge festgelegt werden. Bestehen wenige Vorkenntnisse über das zu akquirierende Wissen, sollte der Prozess mit weniger strukturierten, offeneren Verfahren beginnen.</p> <ol style="list-style-type: none"> 8) Durchführung der Akquisition <p>Wichtig hierbei ist, alles gut zu dokumentieren und den Zeitrahmen einzuhalten, da sonst die Gefahr besteht, dass der Know-how-Träger nicht mehr seine ganze Aufmerksamkeit dem Prozess widmet.</p> <ol style="list-style-type: none"> 9) Zusammenführung der Akquisitionsergebnisse 10) Abschlussgespräch mit Know-how-Trägern als Einzel- oder Gruppengespräch 11) Implementierung der Ergebnisse in Informations- und Kommunikationssysteme <p>Programmiertechnische Umsetzung der generierten Wissensmodelle, um den allgemeinen Zugriff auf das akquirierte Wissen sicherzustellen</p> <ol style="list-style-type: none"> 12) Kontinuierlicher Aktualisierungsprozess 		
Werkzeuge		
Office-Werkzeuge		

Hinweise				
<p>Mitarbeiter aus dem Bereich Informationstechnologien haben neben der Implementierung des akquirierten Wissens in Informations- und Kommunikationssystemen noch die Aufgabe der kontinuierlichen Verbesserung der Usability des Systems. Mitarbeiter aus der Personalentwicklung müssen dafür Sorge tragen, dass der jeweilige Know-how-Träger nicht nur den Nutzen der Akquisition für das Unternehmen sieht, sondern den Prozess auch als Möglichkeit erkennt, mehr über sich und sein Wissen zu erfahren (intrinsische Motivation). Wissensvermittler beschäftigen sich primär mit der direkten Erfassung und Interpretation von Know-how, daneben sollten ihre Erfahrungen aber auch zur ständigen Weiterentwicklung der Akquisitionsmethoden beitragen. Der Gremiumsleiter übernimmt die Verantwortung hinsichtlich Funktionalität und Qualität der Wissensakquisition und berichtet der Unternehmensleitung in regelmäßigen Abständen über den Erfolg der Maßnahme.</p> <p>Gerade zur Akquisition von Know-how ist eine ganzheitliche Sichtweise unumgänglich, insbesondere dann, wenn man sich mit der Fragestellung beschäftigt, warum ein Know-how-Träger sein Wissen überhaupt kommunizieren soll und wie es erreicht werden kann, dass er es kommuniziert.</p>				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig	Hoch	Experte	Gruppe auf Abruf	Ohne Softwareunterstützung
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Mittel	Hoch	Mittel	Mittel Hoch	
Weiterführende Literatur				
[SCHUSTER04, S. 234 ff.]				

A.27 Methodenbeschreibung: Handbücher

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen speichern Wissen anwenden		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Speicherung und Weitergabe von Hintergrund-, Erfahrungs- und Benutzungswissen. • Wahrscheinlichkeit der Anwendung von Wissen soll erhöht werden. • Einfaches Nachschlagewerk für komplizierte Sachverhalte. • Vereinheitlichung von Vorgehensweisen. • Wissen kombinieren. • Operationalisieren, Wissensanwendung beschreiben. 	<ul style="list-style-type: none"> • Geplanter längerer Ausfall von Schlüsselmitarbeitern. • Wiederkehrende Aufgaben, die vorzugsweise von einer Person alleine ausgeführt werden. • Komplizierte Maschinen, die von großer Gruppe von Mitarbeitern benutzt werden müssen oder sollen. • Dokumentation von Wissen. • Mitarbeiterqualifikation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wertvolles Wissen bleibt im Unternehmen und geht nicht verloren. • Reduziert Einarbeitungszeit von neuen Mitarbeitern. • Wissen wird im Unternehmen besser verbreitet und angewendet. 		
Vorgehen				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ideen und Zweck für den Inhalt des Handbuchs sammeln (mit allen verantwortlichen Mitarbeitern). 2. Gliederung und Auswahl von erforderlichen und gewünschten Inhalten durch Schlüsselmitarbeiter erstellen. 3. Verantwortliche Mitarbeiter und Zeitrahmen für die Erstellung des Handbuchs festlegen. 4. Den ersten Entwurf des Handbuchs ausarbeiten. 5. Entscheidungsträger prüfen den Inhalt des Handbuchs und nennen eventuell Änderungswünsche. 6. Fertigstellung und Verteilung des Handbuchs. 				
Werkzeuge				
<ul style="list-style-type: none"> • Checklisten • Verfahrensprotokolle • Kontakte und Adressen 				
Hinweise				
<p>Wichtig ist ein regelmäßiger Pflegeaufwand durch verantwortliche Mitarbeiter, um die Aktualität des Handbuchs aufrechtzuerhalten.</p> <p>Handbücher oder einzelne Dokumente können teilautomatisiert erstellt werden, z. B. durch Ableiten aus Datenbanken.</p> <p>Handbücher können auch als Konstruktionskataloge ausgeführt werden.</p>				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig	Mittel Hoch	Laie	Einzelperson Gruppe auf Abruf	Ohne Softwareunterstützung Teilautomatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Mittel Hoch	Mittel	Niedrig Mittel	Mittel	
Weiterführende Literatur				
[ROEHL02, S. 110 f.], [MEINKE12, S. 101 f.]				

A.28 Methodenbeschreibung: Hermeneutisch-Interpretative Verfahren

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen erzeugen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> Analysen von Film- und Bildmaterialien bzw. inhaltliche Untersuchung von geschriebenen Texten aller Art. Lesen, lernen und denken. Wissensbestand erweitern, Verständnis erhöhen. 	<ul style="list-style-type: none"> Es wird versucht, den Text in seiner Gesamtheit und in seinen inneren Zusammenhängen zu erschließen sowie sich in den Autor und die Entstehung hineinzusetzen. Interpretation von Versuchsberichten. Fehlende Mitarbeitermotivation. 	Das eigene Vorverständnis beeinflusst das Textverständnis. Durch iteratives Vorgehen wird durch das sich weiter ausbildende Vorverständnis das Textverständnis Schritt für Schritt verbessert.		
Vorgehen				
Nach dem hermeneutischen Zirkel:				
Der hermeneutische Zirkel beschreibt einen Beeinflussungsprozess zwischen dem Subjekt und einem Objekt, das ständig unter neuen Gesichtspunkten verstanden wird. Dieser Prozess stellt eine sich wiederholende Annäherung an den Sinn von Begriff und Text (T) dar. Dabei beeinflusst das eigene Vorverständnis (V) immer die Interpretation. Daher ist zu Beginn jeder Interpretation das Vorverständnis offenzulegen und am Gegenstand weiterzuentwickeln, damit der Einfluss des Vorverständnisses überprüfbar wird.				
Werkzeuge				
Hinweise				
Das eigene Vorverständnis muss zu Beginn dokumentiert werden.				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig	Mittel	Experte	Einzelperson	Ohne Softwareunterstützung
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Niedrig	Mittel	Niedrig	Niedrig	
Weiterführende Literatur				
[SCHUSTER04, S. 105 ff.]				

A.29 Methodenbeschreibung: Inhaltsanalyse

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen erzeugen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Ziel ist, aus Mitteilungen Rückschlüsse auf bestimmte Aspekte der sprachlichen Kommunikation zu ziehen. • Lesen, lernen und denken. • Wissensbestand erweitern, Verständnis erhöhen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mitteilungen werden entsprechend einer vorgegebenen Forschungsfrage untersucht. • Wissen ist nicht explizit vorhanden. • Informationsflut. • Fehlende Mitarbeitermotivation. 	Inhalte von Text oder Messinformationen können besser interpretiert und verstanden werden.		
Vorgehen				
Bestimmung der Analyse- und Kontexteinheiten, Festlegung der einzelnen Analyseschritte, Aufstellung des Kategoriensystems.				
Werkzeuge				
<p>Kategoriensystem:</p> <p>Das Kategoriensystem ist der komplizierteste und methodisch wichtigste Teil der Inhaltsanalyse. Die Kategorienbildung dient in erster Linie zur Informationsreduktion auf die wesentlichen Bestandteile eines Dokuments. Kategorien müssen klar definiert sein, um eine eindeutige Zuordnung von Textelementen zu einer Kategorie zu gewährleisten.</p> <p>Hierzu können weitere Methoden angewendet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quantitative inhaltsanalytische Modelle • Qualitative Inhaltsanalyse 				
Hinweise				
Die Inhaltsanalyse bietet sich auch als weiterführende Methode an, wenn das Entwicklungspotenzial einer offenen Frage genutzt werden soll.				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig Mittel	Niedrig	Laie Fortgeschrittener	Einzelperson	Ohne Softwareunterstützung Teilautomatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Niedrig	Niedrig	Niedrig	Niedrig	
Weiterführende Literatur				
[SCHUSTER04, S. 109 ff.]				

A.30 Methodenbeschreibung: Job Rotation

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen verteilen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> Wissensverteilung im Unternehmen erhöhen. Mitarbeiter erhält Zugang zu weiteren Facetten des Unternehmens/Wissens. Zusammenhalt im Unternehmen wird gestärkt. Horizont erweitern, über den „Tellerrand“ blicken. Organisationales Lernen entfalten. Gedanken- und Erfahrungsaustausch fördern. 	<ul style="list-style-type: none"> Verbreitung von schwer erklärbaren und speicherbaren Arbeitsabläufen. Mitarbeiter sollen gezielt weiterentwickelt werden. Einarbeitung von Nachwuchskräften. Fokussierung verhindert Informationsgewinnung. 	<ul style="list-style-type: none"> Mitarbeiter bekommt Einblicke in Aufgaben und Probleme seiner Mitarbeiter/Untergebenen. Mitarbeiter kann in funktionsübergreifenden Perspektiven denken. Verhindert Langeweile und einseitige Überbelastung. 		
Vorgehen				
<p>Unter der Methode „Job Rotation“ im Wissensmanagement wird der systematische Arbeitsplatzwechsel eines Mitarbeiters verstanden.</p> <p>Diese Arbeitsplatzwechsel können sowohl vertikal als auch horizontal durchgeführt werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> Vertikale Arbeitsplatzwechsel zeigen Mitarbeiter andere Hierarchieebenen im Unternehmen. Horizontale Arbeitsplatzwechsel zeigen Mitarbeiter andere Tätigkeitsbereiche. 				
Werkzeuge				
Careerprogramme				
Hinweise				
Beim Arbeitsplatzwechsel sollte darauf geachtet werden, dass die Mitarbeiter ausreichend geschult sind und es zu keiner Überforderung des Mitarbeiters kommt.				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig	Niedrig	Laie Fortgeschrittener Experte	Gruppe auf Abruf Gruppe	Ohne Softwareunterstützung
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Mittel	Hoch	Hoch	Niedrig	
Weiterführende Literatur				
[PROBST10, S. 153], [MEINKE12, S. 91], [ROEHL02, S. 101 ff.], [HAUN02, S. 216 f.]				

A.31 Methodenbeschreibung: KADS (Knowledge Acquisition and Documentation Structuring)

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen erzeugen Wissen speichern
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung
<ul style="list-style-type: none"> • Akquise von Wissen zur Repräsentation in Softwaretools. • Wissen strukturieren. • Wissensbestand erweitern. • Wissen externalisieren. • Informationen vernetzen und kombinieren. 	<ul style="list-style-type: none"> • Handlungswissen soll expliziert und in Softwaretools überführt werden. • Wissen nicht explizit vorhanden/dokumentiert. • Handlungsanweisungen sollen erarbeitet werden. • Vernetzung der Information fehlt. 	Wissen wird auf fünf Ebenen analysiert und in Modellen abgebildet.
Vorgehen		
<ol style="list-style-type: none"> 1) Auf der linguistischen Ebene wird Wissen in verbaler Form erhoben und vom Knowledge Engineer innerhalb seines mentalen Modells M1 repräsentiert. 2) Diese mentale Repräsentation wird auf der konzeptionellen Ebene in das konzeptionelle Modell M2 überführt und auf epistemologischer Ebene verfeinert. An dieser Stelle endet gleichzeitig die Analysephase. 3) Wissen wird auf derselben Ebene in einem ersten Design-Modell M3a abgebildet, um es in einem weiteren Schritt auf der logischen Ebene zu detaillieren. Hier wird ebenfalls eine die globale Architektur des Systems festgelegt und erste Problemlösemethoden definiert. Nach der Erstellung des detaillierten Design-Modells M3b erfolgt auf der Implementierungsebene die Aufstellung des Programmcodes im Rahmen von Modell M4. 		
Werkzeuge		
<p>M1: Mentales Modell; M2: Konzeptuelles Analysemodell; M3a: Design-Modell; M3b: Detailliertes Design-Modell; M4: Programmcodes</p> <p>Modellierungsstadien in KADS nach [SCHUSTER04, S. 85]:</p>		
Hinweise		
Für die deklarative Wissensrepräsentation auf epistemologischer Ebene wurde eine eigene Sprache entworfen, die „KADS Conceptual Modelling Language (KCML)“.		

Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Hoch	Hoch	Experte	Einzelperson Gruppe auf Abruf Gruppe	Teilautomatisierbar Automatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Mittel Hoch	Hoch	Mittel	Hoch	
Weiterführende Literatur				
[SCHUSTER04, S. 84 ff.]				

A.32 Methodenbeschreibung: Knowledge Café

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen verteilen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Freien und intensiven Gedankenaustausch ermöglichen. • Gezielte Diskussionen zu vorgegebenem Thema. • Einzelergebnisse zu Gesamtergebnis verdichten. • Abteilungsgrenzen überwinden. • „Raum“ und „Zeit“ schaffen für Wissensaustausch. • Wissensauf- und -ausbau fördern. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wissenstransfer findet nicht statt. • Barrieren für Wissensaustausch bestehen. • Hemmende Organisationsstruktur. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wissensträger in informellem Rahmen zusammenbringen. • Verstärkter Wissensaustausch. 		
Vorgehen				
<p>Im Gesprächsraum werden runde Kaffeetaische mit je 5 Stühlen vorbereitet, sowie Kaffee, Getränke und Kuchen. Dauer ca. 1,5 bis 2 Stunden. Personenanzahl 15 bis 30 (max. 50). Ein Moderator begleitet die Veranstaltung. Folgende Phasen werden üblicherweise durchlaufen:</p> <p>1) Startsequenz Der Moderator begrüßt die Teilnehmer und erklärt Sinn und Zweck der Veranstaltung. Er leitet in das Thema ein und stellt eine oder mehrere offene Fragen.</p> <p>2) Café-Sequenz Vorstellung der Teilnehmer und anschließende Diskussion zum gestellten Thema. Um unterschiedliche Perspektiven zu beleuchten werden die Tische gewechselt.</p> <p>3) Abschlussequenz Ein Teilnehmer je Tisch stellt die Ergebnisse der Diskussion dem Plenum vor. Moderator dokumentiert das Gesamtergebnis.</p>				
Werkzeuge				
Flip-Chart				
Hinweise				
<p>Gesprächsform in entspannter Kaffeehaus-Atmosphäre. Auf möglichst hohem Zeitanteil für Gespräche achten und Störungen minimieren.</p> <p>Der Wert des Knowledge Cafés liegt in den Erkenntnissen der Teilnehmer und den Gesprächen, die dazu geführt haben.</p> <p>Der Moderator kann die Ergebnisse der Vorstellung auf Flip-Chart dokumentieren. Das World Café ist eine Variante davon. Diese Methode kann auch virtuell durchgeführt werden.</p>				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig Mittel Hoch	Niedrig Mittel Hoch	Laie Fortgeschrittener Experte	Gruppe auf Abruf Gruppe	Ohne Softwareunterstützung Teilautomatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Mittel Hoch	Niedrig	Hoch	Niedrig	
Weiterführende Literatur				
[MITTELMANN11, S. 150 ff.], [MEINKE12, S. 96]				

A.33 Methodenbeschreibung: Knowledge links

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen erzeugen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Ziele sind gegenseitiges Lernen und Wissenserwerb. • Wissensbestand erweitern, Verständnis erhöhen. • Horizont erweitern, über den „Tellerrand“ blicken. • Wissen einkaufen. • Verknüpfungen und Beziehungen entwickeln. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eigene strategische Kompetenzen sollen aufgebaut werden. • Schnelles einarbeiten, lernen von anderen. • Fokussierung verhindert Informationsgewinnung. 	Beide verbundenen Mitarbeiter/Unternehmen können vom jeweils anderen lernen.		
Vorgehen				
<ol style="list-style-type: none"> 1) Klares strategisches Verständnis der aktuellen Fähigkeiten der eigenen Firma und zukünftig benötigte Fähigkeiten kennen. 2) Breite Anzahl möglicher Allianzen in Betracht ziehen. 3) Werte der Allianz prüfen (das ernsthafte Engagement und die Fähigkeiten des voraussichtlichen Partners). 4) Risiken verstehen (Wissensleck, Opportunismus, schleichende Abnutzungs- und Veralterungsprozesse). 5) Übertriebene Abhängigkeit von Allianzen vermeiden. 6) Allianz eines Unternehmens strukturieren und führen wie getrennte Unternehmen. 7) Gegenseitiges Vertrauen zwischen den Partnern aufbauen. 8) Änderung der Kernaktivitäten und der traditionellen Organisation des eigenen Unternehmens, um Offenheit für Lernprozesse der Allianzen aufzubauen. 9) Führung der Allianz, keine Verwaltung. 				
Werkzeuge				
Keine				
Hinweise				
<ul style="list-style-type: none"> • Vorgehen kann als „Regeln für Manager“ angesehen werden, an die diese sich halten sollten. • Knowledge-links können mit Institutionen jeden Typs geschlossen werden. 				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Mittel Hoch	Niedrig	Experte	Gruppe	Ohne Softwareunterstützung Teilautomatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Mittel	Mittel	Hoch	Mittel	
Weiterführende Literatur				
[PROBST10, S. 102]				

A.34 Methodenbeschreibung: Kollektive Speichersysteme (Wissensbasis)

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen speichern		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Weitergabe von Erfahrungen durch das Kollektiv. Unternehmen zu intelligentem Kollektiv entwickeln. • Wissensträger effizient verknüpfen. • Wissen internalisieren. • Wissen und Erfahrung sichern. 	<ul style="list-style-type: none"> • Komplizierte Gruppendynamische Prozesse. • Zusammenspiel von unterschiedlichen Fachdisziplinen. • Wissen implizit speichern. • Mitarbeiterwechsel. • Hemmende Organisationsstruktur. 	<p>Schnelleres Einarbeiten und Zurechtfinden von neuen Mitarbeitern. Mitarbeiter werden zu „Geflecht“ von Fähigkeiten.</p>		
Vorgehen				
<ul style="list-style-type: none"> • Konstante gemeinschaftliche Problemlösung erhöht die Effizienz bei bestehenden Aktivitäten. • Interne Implementierung und Integration verteilt Wissen auch außerhalb von „Wissensinseln“. • Konstantes Experimentieren in Gruppen verhindert die Erstarrung von kollektiven Fähigkeiten. 				
Werkzeuge				
<ul style="list-style-type: none"> • Strukturierte Austrittsgespräche • Schlüsselmitarbeiter 				
Hinweise				
Kollektive Fähigkeiten lassen sich nicht extern einkaufen. Sie sind Resultat eines oft langwierigen Prozesses und haben damit einen hohen Wert. Sie können durch Wettbewerber auch nur sehr schwer aufgeholt werden.				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig	Niedrig Mittel	Fortgeschrittener Experte	Gruppe	Ohne Softwareunterstützung
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Hoch	Hoch	Hoch	Mittel	
Weiterführende Literatur				
[MEINKE12, S. 103], [PROBST10, S. 71 ff., S. 124 ff., S. 205 ff.]				

A.35 Methodenbeschreibung: Lehrgespräch/Coaching

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen verteilen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Fähigkeiten des Mitarbeiters weiterzuentwickeln. • Ergebnisse längerfristiger Aufgaben absichern. • Coach hilft Mitarbeitern, ihre Effektivität und Zufriedenheit zu steigern. • Wissen sozialisieren/multiplizieren. • Beziehungen und Kommunikation unter Wissensträgern verbessern. • Wissens- und Kompetenzentwicklung lenken. 	<ul style="list-style-type: none"> • Erfahrung, bewährte Maßnahmen weitergeben. • Fehlende Dokumentation. • Mitarbeiterwechsel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coach geht eine lernpartnerschaftliche Beziehung mit der Person ein. • Beziehung aufbauen, um Kompetenz auszubauen. 		
Vorgehen				
<p>Der Ansatz liegt in der gemeinsamen Bearbeitung von Problemen. Es sollen neue Fähigkeiten erworben und erprobt werden. Gemeinsame Klärung der Problemstellung und Planung der Lösungsschritte. In regelmäßigen Besprechungen werden die Fortschritte besprochen und die nächsten Schritte geplant. Bei Qualifikationsdefiziten werden Ausbildungsmaßnahmen vorgeschlagen oder durch den Coach durchgeführt. Zum Abschluss wird ein Feedbackgespräch durchgeführt.</p>				
Werkzeuge				
Hinweise				
<p>Der Coach fungiert als neutraler Gesprächspartner, seinen Trainee begleitet er und erleichtert ihm seinen Weg zur individuellen Weiterentwicklung. Es sollen keine Vorgehensweisen vorgegeben werden.</p>				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Mittel Hoch	Hoch	Fortgeschrittener Experte	Einzelperson	Ohne Softwareunterstützung
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Hoch	Mittel Hoch	Mittel Hoch	Niedrig	
Weiterführende Literatur				
[REINMANN09, S. 92], [MITTELMANN11, S. 43 f.]				

A.36 Methodenbeschreibung: Lessons Learned

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen speichern Wissen anwenden		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Systematisches Erheben von Erfahrungen und Fehlern während und am Ende des Projekts. (Erfahrungsspeicherung). • Erfahrungen für die gesamte Organisation verfügbar zu machen. • Wissen strukturieren. • Wissen externalisieren. • Wissensbestand erweitern. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sollte bei wiederkehrenden Projekten angewendet werden. • Sinnvoll bei fehlerempfindlichen Prozessen oder hohem Qualitätsanspruch. • Kein Wissenstransfer. • Erfahrungen und Fehler nicht nachvollziehbar dokumentiert. 	<ul style="list-style-type: none"> • Löst Erfahrungen von Personen ab und macht sie der Organisation nutzbar. • Vermeidung von Fehlerwiederholung. 		
Vorgehen				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Am Ende des Projekts gesammelte Ereignisse und Erfahrungen reflektieren und bewerten. 2. Fehler und Erfahrungen so aufarbeiten, dass daraus gelernt werden kann. 3. Nutzung der Erfahrungen und Informationen. 				
Werkzeuge				
<ul style="list-style-type: none"> • Mikroartikel • Weblogs • Checklisten 				
Hinweise				
Wichtig für ein erfolgreiches Lessons Learned:				
<ul style="list-style-type: none"> • Offenlegung sämtlicher aufgetretener Fehler ohne Geheimhaltung • Sofortige Auswertung und „Debriefing“ von Operationen oder Projekten • Beteiligung des gesamten betroffenen Teams 				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig Mittel Hoch	Niedrig Mittel Hoch	Laie Fortgeschrittener Experte	Einzelperson Gruppe auf Abruf Gruppe	Ohne Softwareunterstützung Teilautomatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Mittel	Mittel	Niedrig Mittel	Niedrig	
Weiterführende Literatur				
[PROBST10, S. 133 ff.], [REINMANN09,S. 79 ff.], [HAUN02, S. 318 f.]				

A.37 Methodenbeschreibung: Mapping-Techniken

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen erzeugen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Ziel ist, komplexe Sachverhalte und mentale Modelle grafisch zu veranschaulichen. • Dokumentation von Zusammenhängen. • Informationen vernetzen und kombinieren. • Verknüpfungen und Beziehungen visualisieren. • Transparenz schaffen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wissen liegt nicht explizit vor. • Seltener werden teilstrukturierte Befragungsvarianten mit einbezogen. Bei Zuhilfenahme von Softwarelösungen besteht auch die Möglichkeit, dass Personen ihre Maps zu einem bestimmten Thema selbst erstellen. 	Mapping-Techniken sind flexibel und anpassungsfähig und eignen sich daher besonders für den Bereich der Wissensakquisition. Es wird ein strukturiertes Interview geführt.		
Vorgehen				
Bei der Erstellung solcher „Begriffsnetze“ werden Begriffe auf Kärtchen notiert. Der Zusammenhang zweier Begriffe wird über eine Linie zwischen den betreffenden Begriffskärtchen symbolisiert. Häufig werden die Verbindungslinien mit der Art des zwischen den Begriffen bestehenden Zusammenhangs benannt (z. B. „ist-ein“).				
Werkzeuge				
Hinweise				
<p>Das Grundprinzip von Mapping-Techniken liegt darin, Begriffe als Knoten in einem Netz aufzufassen und die Relationen zwischen diesen Begriffen als Kanten oder Verbindungen zwischen diesen Knoten darzustellen. Auch wenn es in der Praxis aufgrund der Komplexität kognitiver Vorgänge nicht möglich ist, das mentale Modell für eine Handlung vollständig grafisch zu erfassen, kann das erzeugte Modell als Referenzsystem dienen und darüber fortgeschrieben werden.</p> <p>Interessant für den Bereich Wissenserwerb sind Mapping-Techniken insbesondere wegen der Anpassungsmöglichkeiten an die jeweilige Problemstellung bzw. Wissensdomäne sowie die Möglichkeit der Integration ergänzender Konzepte oder Modelle; das TOTE-Schema kann bspw. als Grundgerüst für die Mapping-Struktur verwendet werden. Eine weiterentwickelte Mapping-Methode stellt das Konzept der Mind-Maps dar. Exemplarischer Grundaufbau eines Maps:</p>				
<pre> graph TD HK[Hauskatze] -- kommt vor --> K[Katze] WK[Wildkatze] -- kommt vor --> K K -- isst --> F[Fisch] K -- hat --> B[Beine] K -- ist ein --> S[Säugetier] S -- ist ein --> L[Lebewesen] </pre>				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Mittel Hoch	Niedrig	Laie Fortgeschrittener	Einzelperson	Ohne Softwareunterstützung Teilautomatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Niedrig	Niedrig	Niedrig	Niedrig	
Weiterführende Literatur				
[SCHUSTER04, S. 133 ff.]				

A.38 Methodenbeschreibung: Mentoring- und Patenschaftsmodell

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen verteilen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Wissenstransfer zwischen einem neuen Mitarbeiter und einem erfahrenen Mitarbeiter. • Erfahrungs- und Persönlichkeitsentwicklung fördern. • Generationsübergreifende Kontaktaufnahmen und Annäherung. • Wissen sozialisieren/multiplizieren. • Wissensaufbau- und -ausbau fördern. • Gedanken- und Erfahrungsaustausch fördern. 	<ul style="list-style-type: none"> • Einlernen neuer Führungskräfte/Mitarbeiter. • Mitarbeitermotivation/-qualifikation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bessere Integration von neuen Mitarbeitern in Unternehmensstruktur. • Besserer Wissenstransfer zwischen Generationen von Führungskräften. • Bessere Verwurzelung der neuen Mitarbeiter im Unternehmen. • Ältere Mitarbeiter bekommen höhere Wertschätzung. 		
Vorgehen				
<ol style="list-style-type: none"> 1) Auswahl geeigneter Mentoring-Partner durch Management. 2) Gegenseitiges Kennenlernen mit anschließendem Setzen der persönlichen und beruflichen Ziele des Mentees. 3) Darauffolgend werden Erwartungen, Aufträge sowie Termine für Treffen erstellt. 4) Mentoring-Phase mit Mentoring Gesprächen und gelegentlichen Zwischenbilanzen. 5) Am Ende der Mentoring-Phase wird nochmals der komplette Ablauf reflektiert und die formale Beziehung endet offiziell. 				
Werkzeuge				
<ul style="list-style-type: none"> • Treffen • Workshops • Beratungen • Projektarbeiten 				
Hinweise				
Um den Frauenanteil in Führungspositionen zu erhöhen, kann ein gleichstellungspolitischer Wandel durch Mentoring von Frauen eingeführt werden				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Mittel Hoch	Hoch	Niedrig	Einzelperson	Ohne Softwareunterstützung
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Niedrig Mittel	Niedrig	Niedrig	Niedrig	
Weiterführende Literatur				
[MEINKE12, S. 100], [MITTELMANN11, S. 45 ff.], [LUKOSCHAT06, S. 87 ff.]				

A.39 Methodenbeschreibung: Meta-Modell der Sprache

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen erzeugen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> Wissen / Erfahrung externalisieren. Wissen und Kompetenz entwickeln. Verständnis entwickeln. 	<ul style="list-style-type: none"> Unterscheidung von Oberflächen- und Tiefenstrukturen in der Sprache*. Wissen liegt nicht explizit vor. Unterschiedliche „Sprache“. 	Das Meta-Modell der Sprache stellt einen Ansatz zur Verfügung, um die regelmäßigen Muster, wie Menschen ihre sprachlichen Erfahrungsmodelle kommunizieren, zu beschreiben.		
Vorgehen				
Eine Person wird befragt über ein gezeigtes Verhalten oder eine gemachte Erfahrung. Werden widersprüchliche Aussagen getätigt, muss der Interviewer gezielt nachfragen, um Verzerrungen aufzudecken und aufzulösen. Daher ist eine Grundvoraussetzung für den Interviewer aktiv zuhören zu können. Treten Generalisierungen auf, müssen diese vom Interviewer in Frage gestellt werden. Dies kann ggf. auch auf eine provokante Art und Weise erfolgen.				
Werkzeuge				
Prozesse der Tilgung, Verzerrung und Generalisierung . Bei der Tilgung fehlen in der verbalen Beschreibung der Oberflächenstruktur Teile der ursprünglichen Repräsentation, die durch gezieltes hinterfragen wiederentdeckt werden kann. Dabei setzt sich ein Prozess der reflexiven Selbstentdeckung bei der befragten Person in Gang und sie beginnt an der Ausfüllung der fehlenden (bis jetzt unbewussten) Teile zu arbeiten. Die Auseinandersetzung mit dem Tilgungsprozess bei einem Interview im Rahmen der Wissensakquisition ist ein wichtiger Schritt und unterstützt den Versuch, implizite Wissensbestandteile ins Bewusstsein zu holen. Verzerrungen spielen eine wichtige Rolle in der Wissensakquisition, denn sie stellen primäre Repräsentationen in einer falschen oder vereinfachten Form dar. Sie bieten aber auch in der Erfahrung die Möglichkeit, an sensorischen Einzelheiten Umgestaltungen vorzunehmen. Widersprüchliche Aussagen deuten auf Verzerrungsprozesse hin und können durch aktives Zuhören sowie genaues Nachfragen aufgezeigt und aufgelöst werden. Generalisierungen sind sprachliche und mentale Verallgemeinerungen und deuten auf ein hohes Abstraktionsniveau hin. Der Wissensträger hat sich noch nie mit dieser Generalisierung befasst und muss von ihr sozusagen auf ein niedrigeres oder konkreteres Abstraktionsniveau fortgeführt werden.				
Hinweise				
*Neurologisch gesehen stellen Tiefenstrukturen die unbewusste, theoretisch vollständige sprachliche Repräsentation von Erfahrungen dar. Bei der tatsächlichen Beschreibung eines Verhaltens oder einer Erfahrung (Oberflächenstruktur) wird nun ein Teil in der Tiefenstruktur verankerten sprachlichen Repräsentation verkürzt, denn keine verbale Beschreibung vermag die Idee, die sie zum Ausdruck bringen soll, vollkommen oder genau zu repräsentieren. Daraus resultiert, dass Teile der in der Tiefenstruktur abgebildeten Repräsentationen unbewusst bleiben und sich in der Oberflächenstruktur nicht manifestieren. Der Übergangsprozess der sprachlichen Repräsentation eines Verhaltens/einer Erfahrung von der Tiefen- zur Oberflächenstruktur wird als Ableitung bezeichnet und läuft im Unterbewusstsein ab. Die Ableitung wiederum beinhaltet eine Serie von Transformationen, wobei unter Transformation die explizite Darlegung einer bestimmten Bauart, die in den Sätzen seiner Sprache bekannt ist, verstanden wird. Da Ableitungen Tiefen- und Oberflächenstruktur verbinden, stellt das Meta-Modell somit auch ein Transformationsmodell dar. Da Transformationsprozesse nur durch spezifisches Hinterfragen aufgelöst werden können, sind nicht alle Interviewformen dafür geeignet. Die Methode kann/muss mit anderen Methoden (z. B. dem TOTE-Schema) kombiniert werden.				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig Mittel	Mittel Hoch	Experte	Einzelperson	Ohne Softwareunterstützung
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Niedrig	Mittel	Niedrig	Niedrig	
Weiterführende Literatur				
[SCHUSTER04, S. 123 ff.]				

A.40 Methodenbeschreibung: Mikroartikel

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen speichern		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Wissen externalisieren. • Wissensträger dokumentiert seine Kompetenz durch Schreiben der Artikel. • Kontextabhängiges Wissen dokumentier- und wiederauf- findbar zu machen. • Wissensobjekte schaffen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wissen nicht explizit vorhan- den. • Wenig Zeit für Dokumenta- tion vorhanden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentation von Erkennt- nissen und Erfahrungen. 		
Vorgehen				
<p>Folgende Strukturierung ist möglich:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thema: Kurzcharakterisierung des Inhalts als Überschrift. • Geschichte: Knappe Schilderung des Sachverhalts. • Einsichten: Erfahrungen die daraus gewonnen werden. • Folgerungen: Schlüsse, die aus den Erfahrungen gezogen werden. • Anschlussfragen: Fragen, die offen geblieben sind, als Denkanstöße. 				
Werkzeuge				
<ul style="list-style-type: none"> • Intranet • Social Media 				
Hinweise				
Mikroartikel umfassen maximal eine Textseite. Enthalten kurze Problembeschreibung, die Erzählform beschreibt zugleich den Kontext des Problems.				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methoden- erfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig Mittel Hoch	Niedrig	Laie Fortgeschrittener Experte	Einzelperson	Ohne Software- unterstützung
Zeitlicher Aufwand	Schulungs- aufwand	Personalauf- wand	Sachaufwand	
Niedrig	Niedrig	Niedrig	Niedrig	
Weiterführende Literatur				
[MITTELMANN11, S. 50 f.], [REINMANN09, S. 82 f.], [WILLKE98]				

A.41 Methodenbeschreibung: Modeling

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen erzeugen
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung
<ul style="list-style-type: none"> Modeling ist eine Beobachtungsmethodik, mit der erfolgreiche Prozess, die einer außergewöhnlichen Leistung zugrunde liegen, beobachtet und aufgezeichnet werden können. Wissen internalisieren. Wissensbestand erweitern, Verständnis erhöhen. 	<ul style="list-style-type: none"> Speziell sollen Erkenntnisse über unbewusst oder intuitiv ablaufende Handlungen einer Person elizitiert (entlockt) werden. Wissen nicht explizit vorhanden. Mitarbeiterwechsel. Kapazitätsprobleme. 	Modeling setzt auf die klassische Beobachtung auf und erweitert diese um psychologische Aspekte. Ihre Anwendung ist aber mit einem erheblichen Aufwand verbunden.
Vorgehen		
<p>Die Art der Fertigkeit spielt eine wichtige Rolle. Zunächst muss bei der Wissensakquisition ein klares Bild von der Natur des zu akquirierenden Wissens geschaffen werden (z. B. expliziter oder impliziter Charakter), bevor über den Einsatz einer bestimmten Methode entschieden werden kann. Zudem muss eine Abschätzung des Akquisitionsaufwands erfolgen. Modeling unterscheidet sich von einer klassischen Beobachtung durch die Aufnahmen von drei Grundperspektiven: Eigene Perspektive (1. Position), Perspektive des anderen (2. Position) und Außenperspektive (3. Position). Diese Vorgehensweise erlaubt es, eine Situation oder Erfahrung aus unterschiedlichen Blickwinkeln wahrzunehmen und damit umfassende Einsichten und ein Verständnis für die Fertigkeit zu gewinnen.</p>		
Werkzeuge		
<p>Drei Grundperspektiven: Eigene Perspektive (1. Position), Perspektive des anderen (2. Position) und Außenperspektive (3. Position)</p> <p>In der ersten Position versucht man die Fertigkeit selber auszuprobieren und dem nachzugehen, auf welche Art und Weise jemand selber etwas tut.</p> <p>Modeling aus der Perspektive eines anderen bedeutet sich in die Person hineinzusetzen und zu versuchen, wo weit wie möglich zu denken und zu handeln wie diese andere Person.</p> <p>Versetzt er oder sie sich in die dritte Position, so beobachtet der „Zeuge“ die Situation auf eine Art und Weise, dass das persönliche Urteil außer Kraft gesetzt wird und nur die eigentliche Wahrnehmung im Mittelpunkt steht.</p>		
Hinweise		
<p>Wesentliche Bestandteile sind das TOTE-Modell und das Konzept der Oberflächen- und Tiefenstrukturen.</p> <p>Der Modeling-Prozess bezieht sich auf Fertigkeiten und Fähigkeiten, die auf unterschiedlichen Komplexitätsebenen liegen können:</p> <ol style="list-style-type: none"> Einfache Verhaltensfertigkeiten umfassen spezifische, konkrete, genau beobachtbare Aktionen, die innerhalb kurzer Zeitspannen stattfinden (z. B. einen Nagel einschlagen). Einfache kognitive Fertigkeiten sind spezifische, leicht identifizierbare und testbare mentale Prozesse, die innerhalb einer kurzen Zeitspanne ablaufen (z. B. Vokabeln lernen). Aus diesen Denkprozessen entstehen leicht beobachtbare Verhaltensergebnisse, die sich messen lassen und ein unmittelbares Feedback ermöglichen. Einfache linguistische Fertigkeiten umfassen das Erkennen und den Gebrauch gewisser Schlüsselwörter, Phrasen oder Fragen. Auch diese Phänomene sind leicht zu beobachten und einer Messung zugänglich. Komplexe Verhaltensfertigkeiten beinhalten Konstruktion und Koordination von Folgen oder Kombination einfacher Verhaltensweisen (z. B. Jonglieren, einen Vortrag halten). Komplexe kognitive Fertigkeiten sind solche, die eine Synthese oder Folge anderer einfacher Denkvorgänge erfordern (z. B. Problemdiagnosen, Komponieren). Komplexe linguistische Fertigkeiten umfassen den interaktiven Gebrauch der Sprache in hochdynamischen, spontanen Situationen (z. B. Überzeugen, Verhandeln). <p>Bezüglich der Wissensakquisition dürfte es sich um eine Methode handeln, die nur in Ausnahmefällen zum Einsatz kommt. Sowohl die Art des zu akquirierenden Wissens als auch der praktische Anwendungskontext müssen ihre Verwendung zulassen. Daneben sollten natürlich auch die notwendigen personellen Ressourcen zur Verfügung stehen.</p>		

Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Mittel Hoch	Hoch	Fortgeschrittener Experte	Gruppe auf Abruf Gruppe	Ohne Software- unterstützung
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Mittel Hoch	Mittel	Mittel Hoch	Mittel	
Weiterführende Literatur				
[SCHUSTER04, S. 126 ff.]				

A.42 Methodenbeschreibung: Objektive Hermeneutik

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen erzeugen Wissen anwenden		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Rekonstruktion von objektiven Sinnstrukturen, basierend auf Kommunikationsinhalten (Texte, Bilder, Musik, Ereignisse) als materiellen Trägern der Strukturen. • Wissensbestand erweitern, Verständnis erhöhen. • Lesen, lernen und denken. • Wissen und Kompetenz entwickeln. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mitarbeiterwechsel. • Flut von Informationen. • Keine gemeinsame „Sprache“. • Wissen ist nicht explizit vorhanden. • Interpretation von Messdaten, Messinformationen, Versuchsberichten. • Es wird angenommen, dass sich Sinnstrukturen unabhängig von den Motiven des Subjekts als soziale Realität konstruieren (objektivieren) und rekonstruieren lassen. 	Das hermeneutische Verfahren wirkt oft zeitaufwendig, unökonomisch und vage. Eine eindeutige und endgültige Interpretation kann nicht geliefert werden, wodurch der Interpretationsprozess prinzipiell offen und seine Ergebnisse stets revidierbar sind.		
Vorgehen				
Allgemeines Vorgehen:				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Festlegung der Fragestellung 2. Grobanalyse <ol style="list-style-type: none"> a. Rahmenbedingungen des Materials. 3. Sequenzielle Feinanalyse <ol style="list-style-type: none"> a. Entwurf möglicher Kontexte eines Interakts, Herausarbeiten ihrer allgemeinen Struktur. b. Vergleich mit konkretem Kontext. c. Mögliche Konsequenzen für den nächsten Interaktionsschritt. d. Vergleich mit tatsächlichen Folgen. 4. Strukturgeneralisierung 				
[SCHUSTER04, S. 107]				
Werkzeuge				
Drei Interpretationsansätze				
<ul style="list-style-type: none"> • Feinanalyse zur Informationssammlung über Handlungskontext und Art des Interaktionstyps. • Sequenzanalyse zur Untersuchung der einzelnen Interaktionsbeiträge, ohne den Kontext mit einzubeziehen. • Strukturanalyse zur Erforschung der Sozialdaten der Akteure. 				
Hinweise				
<p>Latente Sinnstrukturen ähneln dem Terminus des impliziten Wissens, weil latente Sinnstrukturen die objektiv-interaktive Bedeutung des Handelns konstruieren.</p> <p>Hermeneutische Analysen sollten von mehreren Interpreten durchgeführt werden. Zuerst werden alle objektiven Bedeutungen des Sachverhalts gesammelt, daran anschließend wird die wahrscheinlichste Bedeutung herausgearbeitet.</p>				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig	Mittel	Experte	Einzelperson Gruppe auf Abruf	Ohne Softwareunterstützung
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Niedrig	Mittel	Niedrig	Niedrig	
Weiterführende Literatur				
[SCHUSTER04, S. 105 ff.]				

A.43 Methodenbeschreibung: Ontologien

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen speichern Wissen verteilen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Speicherung von Wissen in digitalisierter, semantischer und formaler Form. • Wissen für Informationstechnische Vorgänge modellieren. • Informationen vernetzen. • Standardisieren, verschlagworten, kategorisieren, formalisieren. • Visualisierung und Analyse von Netzwerken. • Schnelle Zugriffe einrichten. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kontextsensitives Wissen muss gespeichert werden. • Für komplexe Wissensgebiete, an denen mehrere Teams gleichzeitig arbeiten. • Mangelnde Strukturierung von Daten. • Lange Informationsketten. 	Erzeugt gemeinsame Definitionen und Grundstrukturen für eine fachliche Kommunikation. Vereinfacht die Informationstechnische Weiterverarbeitung und Entwicklung. Ontologien können auch dazu dienen verschiedenen Wissensstände zusammenzuführen.		
Vorgehen				
Eine Ontologie wird wie eine Datenbank erstellt und besitzt auch den gleichen Aufbau. Jedoch sind in einer Ontologie noch Bedeutungen über die Informationen gespeichert.				
Vorgehensweise zur Erstellung einer Ontologie:				
<ol style="list-style-type: none"> 1) Definieren der Aufgaben und Plattform der Ontologie. 2) Prüfen auf Realisierbarkeit. 3) Benutzer definieren. 4) Konstruktion eines Modells. 5) Prüfen des Modells. 6) Einsatz oder Verwendung des Modells. 				
Bestandteile:				
<ul style="list-style-type: none"> • Begriffe oder auch Klassen: beschreiben gemeinsame Eigenschaften. • Typen: repräsentieren Objekttypen in der Ontologie. • Instanzen: repräsentieren Objekte in der Ontologie. • Relationen: beschreiben Beziehungen zwischen Instanzen. • Vererbung: ermöglicht die Weitergabe von Relationen und Eigenschaften. • Axiome: sind Aussagen die immer wahr sind, die Wissen definieren. 				
Werkzeuge				
Ontologiesprachen:				
<ul style="list-style-type: none"> • DAML+OIL, F-Logic; • Web Ontology Language (OWL), Web Service Modeling Language (WSML); • Knowledge Interchange Format (KIF); • Ontologie-Editor. 				
Hinweise				
Kollektive Fähigkeiten lassen sich nicht extern einkaufen. Sie sind Resultat eines oft langwierigen Prozesses und haben damit einen hohen Wert. Sie können durch Wettbewerber auch nur sehr schwer aufgeholt werden.				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Mittel Hoch	Hoch	Experte	Gruppe auf Abruf Gruppe	Automatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Hoch	Hoch	Hoch	Hoch	
Weiterführende Literatur				
[MEINKE12, S. 83, S. 134 f.], [BODENDORF06, S. 125 ff.], [WESTPHAL10, S. 143 ff.], [HARTUNG12]				

A.44 Methodenbeschreibung: Personal Messaging

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen verteilen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Gezieltes Informieren von ausgesuchten Personen. • Schnelle Informationsverteilung. • Wissenstransparenz schaffen. • Kommunikation unter Wissensträgern verbessern. 	<ul style="list-style-type: none"> • Informationsflut. • Kapazität zum Informationsaustausch ist nicht verfügbar. • Lange Informationsketten. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nur die relevanten Personen werden mit Informationen versorgt. • Steigert die Effizienz der Kommunikation durch Automatisierung. 		
Vorgehen				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Auswahl des Personenkreises, der eine Information erhalten soll. 2. Wahl des Mediums, wie diese Information verteilt werden soll. 3. Auswahl des Tools um diese Information zu versenden. 				
Werkzeuge				
Chats, WhatsApp, Apps, E-Mail, SMS, Social Media, Blogs, Microblogs, ...				
Hinweise				
Die Auswahl der relevanten Personen ist entscheidend. Die Akzeptanz ist maßgeblich von dem Kreis der informierten Personen abhängig.				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig	Niedrig Mittel	Laie	Einzelperson Gruppe auf Abruf Gruppe	Teilautomatisierbar Automatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Niedrig	Niedrig	Niedrig Mittel	Niedrig Mittel	
Weiterführende Literatur				
[REINMANN09, S. 39 ff.], Personal Messaging als Methode aus eigener Erfahrung des Autors.				

A.45 Methodenbeschreibung: Projektdatenbanken

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen speichern		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Übersichtliche und einheitliche Speicherung von expliziten Wissensbeständen. • Ermöglicht einen Wissenstransfer von vorangegangenen Projekten. • Informationen vernetzen und kombinieren. • Standardisieren, verschlagworten, kategorisieren, formalisieren. • Wissen und Erfahrung sichern. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bei Projekten wird auf Erfahrungen vorheriger Abläufe verzichtet. • Unzureichende Transparenz über Projekte im Unternehmen. • Zu speichernde Abläufe sollten in einheitlicher Form vorhanden sein. • Mangelnde Strukturierung von Informationen. • Erfahrungen nicht dokumentiert. • Keine nachvollziehbare Dokumentation. • Informationsflut. 	<ul style="list-style-type: none"> • Einfache Archivierung von Projektergebnissen und Problemen. • Einfache und schnelle Recherche am Projektbeginn. 		
Vorgehen				
<p>1) Festlegung der Inhalte der Projektdatenbank (Workshops mit erfahrenen Mitarbeitern, Auswahlmenüs bei bestimmten Feldern, Einbezug der Mitarbeiter durch Abstimmung)</p> <p>2) Prozessdefinition und Anreizsystem (Pflegeprozesse organisieren und Berechtigungskonzepte festlegen)</p> <p>3) Umsetzung und Einführung der Datenbank (Schulung der Mitarbeiter, Hilfestellungen in der Einführungsphase, Möglichkeit zur Erweiterung berücksichtigen)</p>				
Werkzeuge				
Verschiedene Softwarelösungen: Microsoft, SAP, Lotus Development etc.				
Hinweise				
<ul style="list-style-type: none"> • Beachten der Richtlinien des Datenschutzes. • Bei der Festlegung von einheitlichen Richtlinien die Objektivität dieser überprüfen und sicherstellen. 				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Mittel Hoch	Mittel Hoch	Experte	Gruppe	Teilautomatisierbar Automatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Hoch	Hoch	Hoch	Hoch	
Weiterführende Literatur				
[MEINKE12, S. 102 f.], [BODENDORF06, S. 7 ff.], [MÜLLER08, S. 13 ff.]				

A.46 Methodenbeschreibung: Qualitative Inhaltsanalyse

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen erzeugen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Versuch, fixierte Kommunikationsinhalte jeglicher Art deutend zu verstehen und zugrunde liegende Sinnstrukturen herauszuarbeiten. • Lesen, lernen und denken. • Wissen entwickeln. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse vorliegender Daten/Texte/Berichte soll auf zugrunde liegende Sinnstrukturen hin analysiert werden. • Mitarbeitermotivation. • Mitarbeiterqualifikation. 	Besonders für die Wissensakquisition geeignet, da latente Wissensstrukturen und Bedeutungen in Akquisitionstranskriptionen aufgespürt und hinterfragt werden.		
Vorgehen				
Zuerst genaue Festlegung des zu untersuchenden Materials (Grundgesamtheit, Stichprobe), dann Analyse der Entstehungssituation (Beteiligte, Bedingungen) sowie Beschreibung, in welcher Form das Material vorliegt (Basistext, Transkription). Im Anschluss Festlegung der Richtung der Inhaltsanalyse: Aussagen über den Gegenstand selbst (Dokumentenanalyse), den emotionalen Zustand des Kommunikators, die Intentionen des Kommunikators, Wirkungen usw. Nach genauer Präzisierung der Fragestellung erfolgt Auswahl der geeigneten Analysetechniken, die auf drei Grundformen reduziert werden können: Zusammenfassung, Explikation und Strukturierung.				
Werkzeuge				
Drei Grundformen der Analysetechnik: <ol style="list-style-type: none"> 1) Zusammenfassung Durch Auslassungen, Generalisierungen, Konstruktionen, Integrationen, Selektionen und Bündelungen werden abstrakte Aussagen gewonnen, die das ursprüngliche Material paraphrasieren und zu einem knappen Kategoriensystem zusammenführen. Die wesentlichen Inhalte des Ausgangsmaterials bleiben erhalten, es wird ein aussagekräftiger Gesamtüberblick über das zu analysierende Textmaterial geschaffen. 2) Explikation Ziel ist die Klärung interpretationsbedürftiger Textstellen, indem zusätzliches Material im Rahmen einer Kontextanalyse herangezogen wird. Bei der engen Kontextanalyse wird Material aus verschiedenen Stellen des vorliegenden Textes an die zu klärende Stelle herangetragen, bei der weiten Kontextanalyse werden zusätzliche externe Informationen über den Kommunikator sowie die Erhebungssituation eingeholt. 3) Strukturierung Es soll eine bestimmte Struktur aus dem Textmaterial herausgefiltert werden, indem mittels festgelegter Ordnungskriterien ein Querschnitt durch das Material gelegt wird. Ordnungskriterien können formaler, inhaltlicher, typisierender oder skalierender Natur sein. 				
Hinweise				
Ein wichtiges Instrument zur Untersuchung von Wissensprotokollen im Rahmen der Wissensakquise, da mit ihrer Hilfe neue Sichten auf das Wissen einer Person möglich werden. Die qualitative Inhaltsanalyse sieht sich nicht als vollständig eigenständige Methodik, sondern bezieht zahlreiche Elemente und Techniken aus dem quantitativen Ansatz mit ein. Im Mittelpunkt steht der interpretative, explorative Gedanke, was dieses Verfahren besonders für die Wissensakquisition attraktiv macht, da hier das Interesse besteht, latente Wissensstrukturen und Bedeutungen in Akquisitionstranskriptionen aufzuspüren und zu hinterfragen.				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig Mittel	Niedrig Mittel	Laie Fortgeschrittener	Einzelperson	Ohne Softwareunterstützung
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Niedrig	Niedrig	Niedrig	Niedrig	
Weiterführende Literatur				
[SCHUSTER04, S. 114 ff.]				

A.47 Methodenbeschreibung: Quantitative inhaltliche Modelle

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen erzeugen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Ziel ist, aus Mitteilungen Rückschlüsse auf bestimmte Aspekte der sprachlichen Kommunikation zu ziehen. • Verständnis erhöhen. • Lesen, lernen und denken. • Wissen und Kompetenz entwickeln. • Reduzierung der Informationsflut. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretation von Messdaten, Versuchsberichten. • Flut von Informationen. • Mitarbeiterqualifikation. 	Ausgegangen wird von einer Eins-zu-eins-Beziehung zwischen dem Sinngehalt des Textes und entsprechenden Quantitäten. Inhalte von Text oder Messinformationen können besser interpretiert und verstanden werden.		
Vorgehen				
Siehe Werkzeuge				
Werkzeuge				
Häufigkeitsanalysen:				
Zählen des Auftretens gewisser Textelemente (Kategorien) oder bestimmen der ihnen gewidmeten Fläche in einem Text (Anzahl Zeilen oder Ausmessen); einfachste Form inhaltsanalytischer Modelle quantitativer Ausprägung				
Valenz- oder Intensitätsanalysen:				
Textbestandteile werden nach einer bestimmten Bewertungsskala beurteilt. Die Valenzanalyse reduziert sie dabei auf einfache Kategorienpaare polarer Wertigkeit, die Intensitätsanalyse nimmt Abstufungen zwischen Polen vor. Kategorien werden anhand von Bewertungskriterien untersucht.				
Symbolanalysen:				
Sie konzentrieren sich auf die semantische Dimension eines Textes, also die Beziehungen zwischen den Zeichen untereinander (Syntaktik), zwischen Zeichen und den dadurch bezeichneten Objekten (Semantik) sowie die Relation zwischen Zeichen und Subjekt (Pragmatik).				
Symbolische Einheiten bilden die Ausgangsbasis für die Bildung von Schlüsselkategorien eines Textes und stellen gleichzeitig Einstellungsobjekte dar. Ziel ist, die Einstellung des Interpreten hinsichtlich der untersuchten Schlüsselkategorien festzustellen.				
Kontingenzanalytische Untersuchungen (z. B. Bedeutungsfeldanalyse):				
Bei kontingenzanalytischen Untersuchungen sollen Assoziationen im Denken eines Menschen aufgedeckt. Dabei wird ein überzufälliges gemeinsames Auftreten von Items in Texten als Assoziation im Denken des Senders interpretiert. Assoziationsstrukturen eines Menschen beruhen dabei auf Kontingenzen zwischen einzelnen Ereignissen in der Erfahrung.				
Die Bedeutungsfeldanalyse untersucht, welche Begriffe innerhalb von Textsequenzen gemeinsam auftreten und in welcher Reihenfolge bzw. Häufigkeit.				
Hinweise				
Aufgrund fehlender begründeter Hypothesen über den Zusammenhang der Häufigkeiten von Stellungnahmen einer bestimmten Art zu einer Kategorie und den zugrunde liegenden Einstellungen ist die Symbolanalyse einer starken Kritik ausgesetzt.				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Mittel	Mittel Hoch	Fortgeschrittener Experte	Einzelperson	Ohne Softwareunterstützung
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Mittel	Mittel	Niedrig	Mittel	
Weiterführende Literatur				
[SCHUSTER04, S. 112 ff.]				

A.48 Methodenbeschreibung: Repräsentationssysteme

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen erzeugen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Es sollen Reihenfolgen von Repräsentationen (sog. Strategien) bei einem Menschen erkundet werden. • Ermittlung von Verhaltensweisen in speziellen Situationen. • Wissensbestand erweitern. Verständnis erhöhen. • Lesen, lernen und denken. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menschen werden durch ihre Umwelt beeinflusst und es soll untersucht werden, in wie weit Repräsentationssysteme vorhanden sind und wie diese einen Output erzeugen (Verhalten der Person). • Wissen nicht explizit vorhanden/dokumentiert. 	Existieren geordnete Reihenfolgen von Strategien, dann initiiert eine Aktivität in einem Repräsentationssystem die Aktivität in einem anderen System und es wird von Synästhesie gesprochen.		
Vorgehen				
Drei Phasen:				
1) Input				
Dies ist die Phase, in der über die Sinnesorgane Informationen über die Umwelt aufgenommen werden. Die agierende Person erhält auch Feedback aus der (inneren und äußeren) Umwelt.				
2) Repräsentation/Verarbeitung				
Es erfolgt ein Abbilden der Umwelt in mentalen Modellen und die Etablierung von Verhaltensstrategien wie Lernen, Entscheidungen treffen, Informationsspeicherung usw.				
3) Output				
Als Ergebnis der Informationsverarbeitung steht ein Transformationsprodukt des repräsentationsvermittelten Abbildungsprozesses, das sich einem externen Beobachter als Verhalten darstellt.				
Werkzeuge				
Hinweise				
Verhalten wird in diesem Modell als Aktivität innerhalb eines Repräsentationssystems in jeder der drei Phasen gesehen. Auch das Denken stellt neben dem Sehen, Hören oder Fühlen ein Verhalten dar, da auch hier verschiedene Repräsentationssysteme aktiviert und eingesetzt werden. Vor allem der Output des Denkprozesses erzeugt Verhalten, das sich aber nicht unbedingt auf physischer Ebene manifestieren lässt (z. B. die Veränderung von Werten und Einstellungen).				
<pre> graph TD Umwelt((Umwelt)) --> Input[Input] Input --> Repra[Repräsentation] Repra --> Output[Output] Output -- "Informationen Feedback" --> Input Output -- "Verhalten" --> Umwelt </pre>				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Hoch	Hoch	Experte	Gruppe	Teilautomatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Hoch	Niedrig Mittel Hoch	Hoch	Hoch	
Weiterführende Literatur				
[SCHUSTER04, S. 118 ff.]				

A.49 Methodenbeschreibung: Semantische Netze/Wissensnetze

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen speichern		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Darstellung und Verarbeitung von Beziehung und Informationen von und über Objekte. • Speicherung von komplexen Zusammenhängen ohne verbale Formulierung. • Informationen vernetzen. • Transparenz schaffen. • Standardisieren, verschlagworten, kategorisieren, formalisieren. 	<ul style="list-style-type: none"> • Speichern, Dokumentieren und Aufzeigen von assoziativen Zusammenhängen. • Strukturierung von Informationen. • Wissen nicht explizit vorhanden/dokumentiert. 	<ul style="list-style-type: none"> • Strukturen werden in ihrem Zusammenhang natürlich und selbstverständlich wahrgenommen. • Erschließung von neuen Informationen für das Unternehmen. 		
Vorgehen				
Ein semantisches Netz ist eine gerichtete, grafische Abbildung aus einer Anzahl von Knoten und Kanten.				
Vorgehen zur Erstellung:				
<ol style="list-style-type: none"> 1) Definieren der Aufgaben und Plattform des Semantischen Netzes. 2) Prüfen auf Realisierbarkeit. 3) Benutzer definieren. 4) Konstruktion eines Semantischen Netzes. 5) Prüfen des Semantischen Netzes. 6) Einsatz oder Verwendung des Semantischen Netzes. 				
Bestandteile:				
<ul style="list-style-type: none"> • Knoten: Stellen Objekte oder Deskriptoren dar. • Kanten (Verbindungen): Stellen die Beziehungen zwischen den Knoten dar. • Vererbung: Stellt den Sachverhalt dar, dass Knoten Eigenschaften erben können. • Wert: Ist ein Eigenschaftswert die ein Objekt hat. • Objekte: Können physische Gegenstände, Handlungen, Ereignisse oder Kategorien sein. • Deskriptoren: Liefern Information über Objekte. • Frame: Ist eine Zusammenfassung von Knoten und ihren Kanten. 				
Werkzeuge				
<ul style="list-style-type: none"> • Prolog • Resource Description Framework (RDF) • Web Ontology Language (OWL) 				
Hinweise				
Kein Objekt darf doppelt im Semantischen Netz vorkommen.				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Hoch	Hoch	Experte	Gruppe auf Abruf Gruppe	Ohne Softwareunterstützung Teilautomatisierbar Automatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Hoch	Hoch	Mittel Hoch	Mittel	
Weiterführende Literatur				
[REICHENBERGER10], [MEINKE12, S. 134], [BODENDORF06, S. 131 ff.]				

A.50 Methodenbeschreibung: Sozialwissenschaftliche Paraphrase

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen erzeugen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Deutung eines Textes in Bezug auf den vom Autor beabsichtigten Sinn. • Verständnis erhöhen, Wissensbestand erweitern. • Gemeinsame „Sprache“ erlernen. • Lesen, lernen und denken. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wissen ist nicht explizit vorhanden/dokumentiert. • Interpretation von Messdaten, Messinformationen, Versuchsberichten. • Informationen werden nicht gleich verstanden. • Keine gemeinsame „Sprache“. • Mitarbeiterwechsel. 	<p>Die Paraphrase ist als eine Formulierung zu verstehen, die an Stelle des ursprünglichen Materials gestellt wird. Die sozialwissenschaftliche Paraphrase entspricht in ihren Grundzügen einer Nacherzählung, mittels der der zu analysierende Text über einen unbekanntem Ausschnitt der Wirklichkeit Bedeutung erhält.</p>		
Vorgehen				
<p>Methodisch werden bei der Interpretation in der Gruppe zunächst einzelne Bedeutungsgehalte aus dem Text genannt, begründet und hinterfragt.</p> <p>Im ersten Interpretationsschritt erfolgt dann die Explikation des von dem Textproduzenten Gemeinten in der Form, dass sich der jeweilige Interpret in die Rolle des Textproduzenten versetzt.</p> <p>Der zweite Schritt umfasst die metakommunikative Rekonstruktion der Interpretation: Festgehaltene Erklärungsmuster werden innerhalb der Gruppe kritisch hinterfragt, voreilig vorgenommene Erklärungen werden revidiert und andere Möglichkeiten dem gegenübergestellt. Ergebnis dieser Phase ist die Ausarbeitung einer Bedeutungshierarchie der Erfahrungen und Konzepte des Textproduzenten.</p> <p>Im dritten und letzten Schritt erfolgt die Identifizierung der Kernaussage des Textes.</p>				
Werkzeuge				
Gruppendiskussion und -analyse.				
Hinweise				
<p>Es sind mehrere Personen beteiligt, um zu besseren Deutungen zu gelangen.</p> <p>Besonders eignen sich Inhalte von offenen, wenig strukturierten Interviews.</p> <p>Die Genauigkeit der erhaltenen Interpretationen wird durch die kommunikative Validierung der Einzelergebnisse innerhalb der Gruppe abgesichert.</p>				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig Mittel Hoch	Niedrig	Laie Fortgeschrittener Experte	Gruppe auf Abruf	Ohne Softwareunterstützung
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Niedrig	Niedrig	Niedrig Mittel	Niedrig	
Weiterführende Literatur				
[SCHUSTER04, S. 108 f.]				

A.51 Methodenbeschreibung: Space Management

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen verteilen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Erhöhung des organisationalen Sozialisationsprozesses. • Umgebungen schaffen, in denen ein natürlicher Mitteilungsprozess geschaffen wird. • „Raum“ und „Zeit“ schaffen für Wissensaustausch. 	<ul style="list-style-type: none"> • Errichtung oder Umgestaltung von Arbeitsplätzen in einem Unternehmen. • Schlechtes Arbeitsklima oder mangelnde natürliche Kommunikation innerhalb einer Abteilung oder des gesamten Betriebes verhindern eine erfolgreiche Wissensverteilung. • Hemmende Organisationsstruktur. • Zu geringe Kapazität für Informationsaustausch. 	Durch „face-to-face“-Kontakte erhöhen sich persönliche Kontakte innerhalb des Unternehmens; die Verteilung des Wissens wird dadurch begünstigt.		
Vorgehen				
Durch räumliche Gestaltung der Arbeitssituation sollen die Wissensströme physisch abgebildet werden.				
Regeln für die Gestaltung der Arbeitsplätze:				
<ul style="list-style-type: none"> • Mitarbeiter, die regelmäßig zusammenarbeiten und deren Zusammenarbeit besonders wichtig ist, sollten möglichst nah beieinandersitzen. • Einladende Gestaltung der Räumlichkeiten mit der Gelegenheit des offenen Sozialisierens. 				
Werkzeuge				
Gestaltung physischer Räume:				
<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsplätze • Pausenräume • Kaffecken 				
Hinweise				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Hoch	Niedrig	Fortgeschrittener	Einzelperson Gruppe auf Abruf Gruppe	Ohne Softwareunterstützung
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Niedrig	Mittel	Niedrig	Hoch	
Weiterführende Literatur				
[MEINKE12, S. 91], [PROBST10, S. 144 f.], [REINMANN09, S. 86 ff.]				

A.52 Methodenbeschreibung: Storytelling

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen verteilen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Austausch von Wissen und Erfahrung. • Verdichtung von komplexem Wissen. • Gedanken- und Erfahrungsaustausch fördern. • Wissen sozialisieren/multiplizieren. 	<ul style="list-style-type: none"> • Weitergabe von Erfahrung und bewährten Lösungen. • Fehlende Dokumentation. • Implizites Wissen erfassen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menschen erzählen sich gegenseitig Geschichten. • Die eigene Sichtweise wird anderen nähergebracht. • Helfen Vertrauen aufzubauen und Regeln zu vermitteln. 		
Vorgehen				
<p>Storytelling umfasst zwei Phasen:</p> <p>1) Erfinden der Geschichte</p> <p>Man sollte sich klar werden, welche Ziele will ich erreichen. Die Geschichte sollte die Struktur einer Erzählung (Einleitung, Mittelteil und Auflösung) haben. Diese sollte möglichst kompakt sein, einen Helden haben, ein überraschendes Element beinhalten, ein Aha-Erlebnis beinhalten, einen glücklichen Ausgang haben.</p> <p>2) Erzählen der Geschichte</p> <p>Beim Erzählen sollte Folgendes beachtet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Erzählung einfach und zielgerichtet gestalten; • wenn möglich, mehr als ein Medium verwenden, damit die Geschichte lebendig bleibt; • die Aufnahme und Weiterverarbeitung der Geschichte beobachten. 				
Werkzeuge				
<ul style="list-style-type: none"> • Durch gezielte Fragestellungen Geschichten anregen. • „Anecdote Circles“. • Web 2.0-Anwendungen. 				
Hinweise				
<p>Werden auch „Learning Historie“ oder Erfahrungsgeschichten genannt. Fremdes Wissen wird deutlich leichter angenommen. „Gute Geschichten“ fördern das Annehmen von Veränderungen.</p> <p>Basis für Geschichten können Episoden aus dem Unternehmensalltag sein.</p> <p>Neben der Kunst zu Erzählen sollte auch die Kunst des Zuhörens geschärft sein.</p> <p>Bevor die Geschichte verbreitet wird, ist diese zu validieren, indem sie mit allen Beteiligten abgestimmt wird.</p> <p>Der Mikroartikel ist die Kurzform des Storytellings. Im Vergleich zu Best Practices und Lessons Learned mehr Aufwand, dafür beinhaltet es auch mehrere individuelle Sichtweisen.</p>				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig Mittel	Niedrig	Fortgeschrittener Experte	Einzelperson Gruppe auf Abruf	Ohne Softwareunterstützung
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Niedrig Mittel Hoch	Mittel Hoch	Niedrig Mittel	Niedrig	
Weiterführende Literatur				
[MITTELMANN11, S. 80 ff.], [REINMANN09, S. 84 ff.]				

A.53 Methodenbeschreibung: Strukturlegeverfahren

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen erzeugen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Wissen entwickeln. • Wissensbestand erweitern. • Verknüpfungen aufzeigen. • Grundlegende Idee von Strukturlegeverfahren ist, mentale Modelle von Personen grafisch in Form von Schaubildern abzubilden, so dass Strukturen und Verbindungen aufgezeigt werden können. Ergebnis des Verfahrens ist somit ein Netz, in dem die in Begriffen ausgedrückten Konzepte die Knoten bilden und die semantischen Beziehungen zwischen diesen die Kanten der Netze formen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implizites Wissen soll externalisiert werden. • Informationsflut. • Wissen ist nicht explizit vorhanden/dokumentiert. 	<p>Die Strukturen sind aus Konzepten und Relationen aufgebaut und werden mittels Kärtchen dargestellt, wodurch ein flexibles Anordnen bzw. Umorganisieren möglich ist.</p> <p>Strukturlegeverfahren weisen bereits Ähnlichkeiten zu Mapping-Techniken auf.</p>		
Vorgehen				
<p>Es wird ein Leitfadeninterview verwendet. Der Interviewer versucht dabei, die Situations- und Handlungsauffassung der Person festzustellen, woraus anschließend Situations- und Handlungsklassen gebildet und miteinander verknüpft bzw. einander zugeordnet werden.</p> <p>Durch eine intensive Auseinandersetzung mit dem Netz über weiterführende subjektive Reflexionen seitens der untersuchten Person kann eine kontinuierliche Präzisierung der Struktur erreicht werden.</p>				
Werkzeuge				
Leitfaden				
Hinweise				
<p>Die Interview- und Legetechnik zur Rekonstruktion kognitiver Handlungsstrukturen versucht darüber hinaus, genau zu erfassen, welche Handlungsschritte dem Akteur zur Verfügung stehen, welche Zwischenziele er damit verfolgt, von welchen Entscheidungsbedingungen er die Handlungsschritte abhängig macht, welche Ergebnisse und Folgen seines Handelns er berücksichtigt und wie diese Konzepte kognitiv miteinander verknüpft sind. Dabei werden vier Konzeptarten zu einer Gesamtstruktur zusammengefügt: (1) Entscheidungsbedingungen, (2) sich daraus ergebende Maßnahmen (Handlungen), (3) Handlungsziele und (4) Handlungsergebnisse, die wiederum zu Entscheidungsbedingungen für neue Handlungen werden können.</p>				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Hoch	Hoch	Experte	Einzelperson	Teilautomatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Mittel	Mittel	Niedrig	Mittel	
Weiterführende Literatur				
[SCHUSTER04, S. 131 ff.]				

A.54 Methodenbeschreibung: Triadengespräch

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen verteilen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Weitergabe personengebundenen Wissens an einen Novizen. • Wissen externalisieren. • Organisationsentwicklung. • Wissen sozialisieren/multiplizieren. • Beziehungen und Kommunikation zwischen Wissensträgern verbessern. 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine gemeinsame Sprache. • Weitergabe impliziten Wissens. • Explizites Wissen nicht vorhanden. • Zur Einarbeitung neuer Mitarbeiter oder vor Stellenwechsel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kompetenz des Experten auf leicht verständliches Niveau gebracht. • Räumlich und zeitlich begrenztes, methodisch unterstütztes Gespräch. • Erleichtert die Weitergabe von Erfahrungs- und Standortwissen. 		
Vorgehen				
<p>Am Gespräch zwischen einem Experten und dem zu schulenden Novizen nimmt ein Laie als Zuhörer teil. Der Experte teilt Wissen und Informationen, der Novize nimmt diese auf. Die Kompetenz des Experten und dessen Sprachebene werden durch den Laien auf ein leicht verständliches Niveau gebracht. Das kommunizierte Wissen kann einfach übertragen und gut behalten werden. Es wird an der konkreten Arbeitssituation angesetzt.</p> <p>Es entstehen ein gemeinsamer Wortschatz und ein gemeinsames Wirklichkeitsverständnis des Experten und des Novizen.</p>				
Werkzeuge				
<ul style="list-style-type: none"> • Gezieltes Nachfragen 				
Hinweise				
<p>Nutzen kann gesteigert werden, wenn</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einsatzszenarien gezielt und bedarfsorientiert ausgewählt werden oder wenn • Implementierung, Vorbereitung und Verwertung sorgfältig gestaltet werden. <p>Die Rolle des Laien kann auch in Richtung Moderation gestaltet werden. Methode kann auch mit Storytelling kombiniert werden.</p>				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig Mittel Hoch	Niedrig	Laie Fortgeschrittener Experte	Einzelperson	Ohne Softwareunterstützung
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Niedrig	Niedrig	Niedrig	Niedrig	
Weiterführende Literatur				
[MEINKE12, S. 93], [DICK06]				

A.55 Methodenbeschreibung: TOTE-Schema (Test-Operate-Test-Exit)

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen erzeugen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Um spezifische Reihenfolgen von Verhalten zu beschreiben. • Wissen externalisieren. • Wissen und Kompetenz entwickeln. • Wissensbestand erweitern. • Verhalten beschreiben. 	<ul style="list-style-type: none"> • Unbewusste TOTEs sollen expliziert werden, um sie anderen Menschen zugänglich, erlernbar und modifizierbar zu machen. • Wissen nicht explizit vorhanden/dokumentiert. • Nicht nachvollziehbare Dokumentation. 	Durch die Zerlegung von Verhaltenssequenzen in TOTEs und die Aufnahme von Repräsentationen in diesen Prozess können die einzelnen Erfahrungsbestandteile genauer identifiziert, mitgeteilt, visualisiert und in Medien gespeichert werden.		
Vorgehen				
Siehe Abbildung bei Hinweise.				
Werkzeuge				
Ein wichtiger Bestandteil für den Evokationsprozess ist dabei das Meta-Modell der Sprache.				
Hinweise				
Das TOTE-Schema besagt, dass alle mentalen Programme und alle Verhaltensprogramme auf der Existenz eines festgelegten Ziels und variabler Mittel zum Erreichen dieses Ziels basieren. Es gilt zu beachten, dass Personen im Rahmen eines Verhaltens den Großteil der daran beteiligten Repräsentationssysteme unbewusst, d. h. außerhalb ihrer Wahrnehmung durchlaufen.				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig	Niedrig	Laie Fortgeschrittener	Einzelperson Gruppe auf Abruf	Ohne Softwareunterstützung Teilautomatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Niedrig	Niedrig	Niedrig	Niedrig	
Weiterführende Literatur				
[SCHUSTER04, S. 120 ff.]				

A.56 Methodenbeschreibung: Wikis

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen speichern Wissen verteilen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Dynamisches Wissen erfassen und speichern. • Wissensspeicherung dezentralisieren und jeden Mitarbeiter mit einbinden. • Verbesserung der Gruppenarbeit. • Wissensobjekte schaffen. • Dokumentieren. • Wissensauf- und -ausbau fördern. • Organisationales Lernen entfalten. • Wissen externalisieren. • Mitarbeiter entwickeln. • Wissenstransparenz schaffen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Akzeptanzprobleme. • Lange Informationsketten. • Wissensspeicherung noch nicht im Zeitalter Web 2.0. • Wissen nicht explizit vorhanden/dokumentiert. • Aktualisierung von Wissensdokumenten nimmt zu viel Zeit der Mitarbeiter in Anspruch. • Kein Wissenstransfer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Schnelle und vollständige Informationsteilung an alle Beteiligte. • Aktuellere Wissensdokumente. • Nutzung der kollektiven Intelligenz. 		
Vorgehen				
<ul style="list-style-type: none"> • Wikis sind eine Plattform zur gemeinsamen Bearbeitung von Dokumenten. Diese können entweder offen für alle zugänglich oder nur für eine geschlossene Arbeitsgruppe verfügbar sein. • Einzelne Dokumente sind über Querverweise als Hyperlinks miteinander verbunden. • Jeder Beteiligte kann Artikel lesen und verändern und trägt damit zur Aktualität bei. • Schlagwörter machen ein Auffinden der Artikel einfacher. • Alle Nutzer sollten gleiche Rechte an der Bearbeitung haben. • Bearbeitung sollte ohne Programmierkenntnisse möglich sein. • Vorangegangene Versionen müssen gespeichert werden, um gewolltem oder ungewolltem Vandalismus entgegenzuwirken. 				
Werkzeuge				
<ul style="list-style-type: none"> • Browser • Rich-Text- Editor (sehr wichtig, um die Akzeptanz der Bediener zu steigern) 				
Hinweise				
Wikis sind meistens auf einem Server installiert und lassen sich von überall bearbeiten. Für eine hohe Anzahl an Einträgen und eine gute Aktualität sind geringe „Einstiegshürden“ und eine einfache Usability notwendig.				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Hoch	Niedrig Mittel Hoch	Laie Fortgeschrittener Experte	Gruppe	Teilautomatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Mittel	Niedrig Mittel	Mittel	Mittel	
Weiterführende Literatur				
[MEINKE12, S. 120 ff.], [BROßMANN11, S. 199], [MÜLLER08], [PROBST10, S. 243]				

A.57 Methodenbeschreibung: Wissensgemeinschaften

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen verteilen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Durch den aus der fehlenden räumlichen Nähe entstehenden Verlust des persönlichen Wissensaustausches kompensieren. • Aufbau, Pflege, Visualisierung und Analyse von Netzwerken. • „Raum“ und „Zeit“ schaffen für Wissensaustausch. • Gedanken- und Erfahrungsaustausch fördern. • Wissens- und Kompetenzentwicklung lenken. • Organisationales Lernen entfalten. 	<ul style="list-style-type: none"> • Stark spezialisierte Mitarbeiter mit demselben Schwerpunkt, in unterschiedlichen Produktpaletten haben zu geringen Informationsaustausch. • Standort übergreifende Forschung und Entwicklung. • Hemmende Organisationsstruktur. • Keine Kapazität für Informationsaustausch. • Regellose Verteilung von Expertenwissen und prozessspezifischen Erfahrungen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produkt- und Abteilungsübergreifenden Informationsaustausch durch Experten. • Der mangelnde Informationsfluss wird reduziert. 		
Vorgehen				
<ol style="list-style-type: none"> 1) Analyse des Wissensbedarfs und der Definition eines Gemeinschaftsthemas 2) Aufbau einer Wissensgemeinschaft <p>Auswählen eines Gemeinschaftsleiters und einer Kerngruppe die der Gemeinschaft Glaubwürdigkeit gibt und sie zu Beginn zum Laufen bringt. Einladen von weiteren Mitgliedern.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3) Entwicklung und Bewahrung von Wissen <p>Durch die Interaktion der Mitglieder findet eine Transformation von implizitem in explizites Wissen statt.</p> <ol style="list-style-type: none"> 4) Unterstützung der Wissensgemeinschaft <p>Unterstützung durch das Top-Management mit der Freistellung von Ressourcen und gezieltem Coaching.</p> <ol style="list-style-type: none"> 5) Messung und Bewertung der Resultate 				
Werkzeuge				
<ul style="list-style-type: none"> • Web 2.0-Anwendungen • physische Treffen • Videokonferenzen 				
Hinweise				
<p>Wissensgemeinschaften werden auch „Community of Practice“ genannt. Physische Treffen können in folgenden Formen durchgeführt werden:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Seminar: Bei dem Wissen in kleinen Gruppen interaktiv erworben und vertieft wird. 2) Kolloquium: In kleinem Kreis werden laufende Forschungsarbeiten vorgestellt und diskutiert. 3) Konferenzen: In größerem Kreis werden abgeschlossene Forschungsarbeiten vorgestellt und diskutiert. 				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig Mittel	Mittel	Laie Fortgeschrittener Experte	Gruppe auf Abruf	Ohne Softwareunterstützung
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Mittel	Mittel	Mittel	Niedrig	
Weiterführende Literatur				
[PROBST10, S. 168 ff.], [REINMANN09, S. 81 f.]				

A.58 Methodenbeschreibung: Wissenslandkarte

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen anwenden Wissen speichern		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Identifikation von relevantem Wissen eines Unternehmens oder einer Person. • Aufdecken von Kernkompetenzen und Kompetenzlücken. • Mitarbeiter entwickeln. • Wissen strukturieren. • Informationen vernetzen. • Wissenstransparenz schaffen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Flut von Informationen. • Lange Suche und Informationsketten nach Wissen und Information. • Wissensaustausch zwischen Mitarbeitern zu gering. • Motivation der Mitarbeiter zum Wissensaustausch. • Mangelnde Strukturierung von Informationen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Grafische Darstellung der Beziehung zwischen Wissensträgern, -beständen, -strukturen, -anwendungen und -entwicklungen. • Wissenslandkarten machen sichtbar, welches Wissen, von wem wo wie vorhanden ist. • Einordnung von neuem Wissen in bestehendes Wissen. 		
Vorgehen				
<p>Wissenslandkarten stellen Ort, Inhalt und Quelle des Wissens dar. Es gibt 4 Kategorien von Wissenslandkarten:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Wissensträgerkarten 2) Wissensquellenkarten 3) Wissensbestandskarten 4) Wissensstrukturkarten <p>Es gibt zwei Vorgehensweisen zur Erstellung von Wissenslandkarten:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Wissensträgerorientierte Vorgehensweise <p>Ausgangspunkt sind die Wissensträger.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2) Prozessorientierte Vorgehensweise <p>Nach der Erfassung des Prozesses werden für dessen Einzelschritte die notwendigen expliziten und impliziten Wissensbestände analysiert.</p> <p>Folgende Schritte sind zur Erstellung notwendig:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Bestandsaufnahme und Analyse 2) Modellierung 3) Technisierung 4) Inbetriebnahme 5) Betrieb und Wartung 				
Werkzeuge				
<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Visio • Income • Cmap 				
Hinweise				
Wissenslandkarten sind eine spezielle Form des semantischen Netzes, in Form einer anschaulichen grafischen Darstellung.				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Mittel Hoch	Hoch	Laie Fortgeschrittener Experte	Gruppe	Teilautomatisierbar Automatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Mittel Hoch	Niedrig	Hoch	Hoch	
Weiterführende Literatur				
[HAAS07, S. 23 ff.], [MITTELMANN11, S. 180 ff.]				

A.59 Methodenbeschreibung: Wissensmarktplätze/Social Media

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen verteilen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Direkter Wissenstransfer durch Beantwortung von Fragen oder Offenlegung von Ergebnissen durch Expertenpools. • Wissenslücken möglichst schnell schließen. • Zusammenbringen von Anbietern und Nachfragern. • „Raum“ und „Zeit“ schaffen für Wissensaustausch. • Gedanken- und Erfahrungsaustausch fördern. • Beziehung und Kommunikation zwischen Wissensträgern verbessern. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wissenstransfer problematisch. • Bewährte Lösungen vermitteln. • Wissen nur implizit vorhanden. • Einarbeitung in neue Bereiche. 	<ul style="list-style-type: none"> • Schnelle Problemlösung durch mehr freies Wissen. • Vermeidung von Verständigungsschwierigkeiten durch einheitlichen Wissensstand. 		
Vorgehen				
Wissensmarktplatz ist ein realer oder virtueller Treffpunkt, um Informationen oder Wissen auszutauschen. Dieser Austausch kann innerhalb des Unternehmens zwischen Personen und Abteilungen erfolgen und sollte nicht nur kostenlos sein, sondern durch ein Anreizsystem unterstützt werden. Externer Wissensaustausch erfordert meistens mehr Ressourcen, denn dann wird Wissen wie eine Ware auf einem Marktplatz erworben.				
Werkzeuge				
<ul style="list-style-type: none"> • Social Intranet / Social Media • Begegnungsräume für Mitarbeiter • Kommunikationsforen 				
Hinweise				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig Mittel	Niedrig	Laie	Gruppe auf Abruf	Ohne Softwareunterstützung Teilautomatisierung
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Mittel	Niedrig	Niedrig	Mittel	
Weiterführende Literatur				
[MÜLLER08], [MEINKE12, S. 90 f.], [HAUN02, S. 312 f.]				

A.60 Methodenbeschreibung: Wissensmatrix MDM

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen speichern
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung
<ul style="list-style-type: none"> Erfassung und numerische Darstellung von Vernetzungen. Modellierung komplexer Strukturen. Erhöhung der Zugänglichkeit von Strukturen für Analysen. Informationen vernetzen und kombinieren. Standardisieren, verschlagworten, kategorisieren, formalisieren. Wissen externalisieren. Wissen und Erfahrung sichern. 	<ul style="list-style-type: none"> Komplexe und hochintegrierte Organisationen oder Architekturen. Dokumentation von Abhängigkeiten. Fehlende / nicht nachvollziehbare Dokumentation. Keine vernetzten Informationen. 	<ul style="list-style-type: none"> Erfassung unterschiedlicher Relationsarten aus mehreren unterschiedlichen Graphen in einer Matrix. Gesamtsystem und ihre Beziehungen werden transparenter.

Vorgehen

- Die „Multiple-Domain-Matrix“ (MDM) ist die Verknüpfung von „Design-Structure-Matrizen“ (DSM) und „Domain-Mapping-Matrizen“ (DMM).
- Das heißt, es werden Vernetzungen mit Relationen in einer Domäne dargestellt wie in DSM, und es werden Vernetzungen mit Relationen unterschiedlicher Domänen dargestellt.

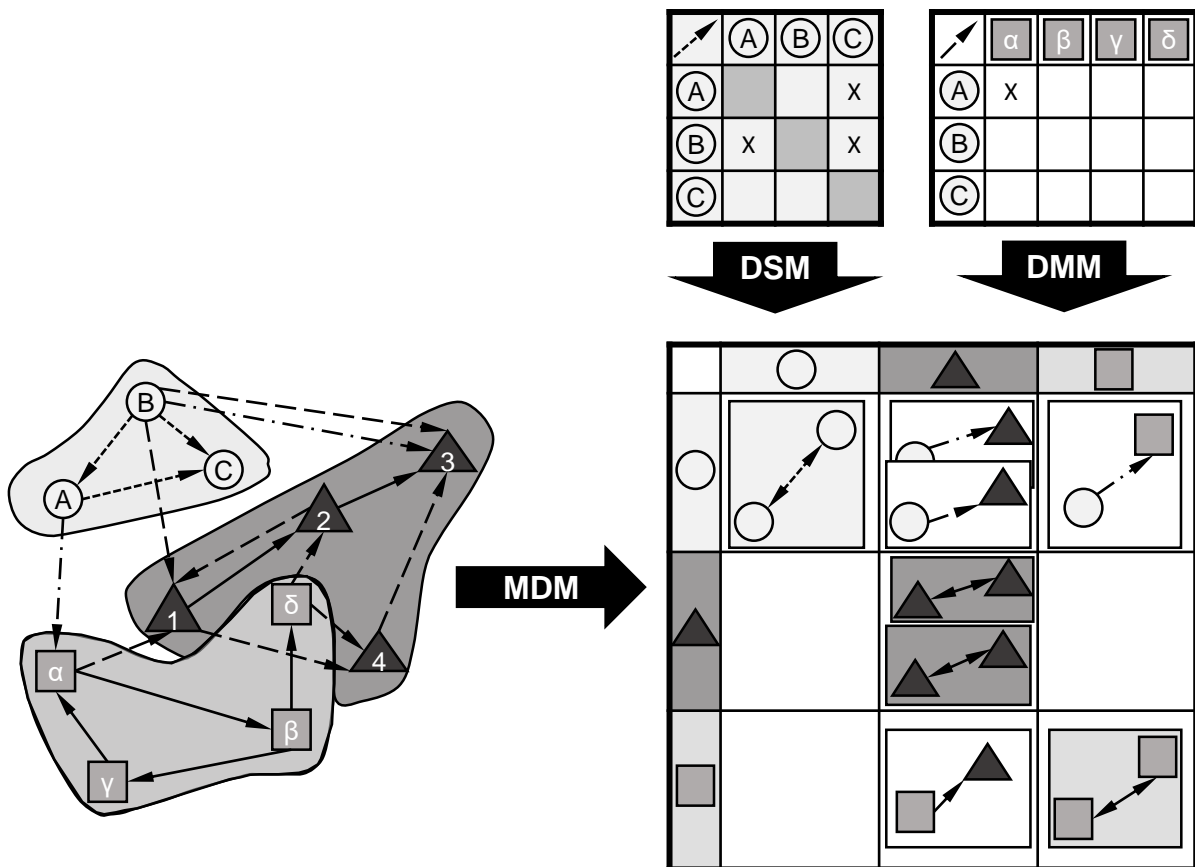


Bild aus Bildern aus [MAURER10, S. 70 ff.] zusammengefasst.

- Grundlage der Modellierung ist eine quadratische Matrix.
- Jedes Objekt besitzt eine Zeile und eine Spalte.
- Die Relationen sind so definiert „Die Zeile hat Einfluss auf die Spalte“.
- Einträge in der Matrix können entweder binär, wie hier im Beispiel oder numerisch sein.

Werkzeuge				
<ul style="list-style-type: none"> • Antares DSM • MATLAB Macro for Clustering DSMs • Excel Macros for Partitioning and Simulation 				
Hinweise				
Die Auswahl der Domänen und Verknüpfungen ist entscheidend, um Zusammenhänge und Abhängigkeiten analysieren und visualisieren zu können.				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Hoch	Hoch	Fortgeschrittener Experte	Gruppe	Ohne Softwareunterstützung Teilautomatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Mittel	Hoch	Mittel	Mittel	
Weiterführende Literatur				
[EPPINGER12, S. 326], [FAROOQ14, S. 290 ff.], [KARTHAUS14B, S. 349 ff.], [MARTINEC14, S. 1838 ff.], [MÄDER12, S. 57 ff.], [SCHMIDT14, S. 1863 ff.], eine allg. Beschreibung matrixbasierter Methoden liefert [MAURER10]				

A.61 Methodenbeschreibung: Wissensnetzwerke

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen verteilen Wissen anwenden		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Gezielte Zusammenarbeit von unterschiedlichen Organisationen zur Wissens-erweiterung. • Von anderen Menschen lernen. • Wissen einkaufen. • Wissensstrukturen aufbauen. • Wissensauf- und -ausbau fördern. • Wissensbestand erweitern. • Wissen kombinieren. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wissensträger mit ähnlichen Interessen und Aufgabenstellung sind nicht informiert. • Weitergabe von Wissen, lange Informationsketten. • Fehlender Wissenstransfer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Erfahrungsaustausch und Bündelung von Know-how. • Einsparung von Kosten durch gemeinsamen Rechercheaufwand, 		
Vorgehen				
<ol style="list-style-type: none"> 1) Zusammenarbeit und Kooperation wird im Management entschieden. 2) Ziele und Felder der Kooperation festlegen. 3) Erwartungen an Partnerorganisation wird erarbeitet. 4) Abgrenzung des zur Teilung verfügbaren und nichtverfügbaren Wissens. 5) Suche einer geeigneten Partnerorganisation. 6) Gründung einer Kooperation. 7) Ziele, Inhalte, Umfang, Rechte, Pflichten und Sanktionen definieren. 8) Verantwortlichkeiten für Kooperation festlegen. 9) Kanäle zur Verbreitung des gewonnen Know-hows schaffen. 10) Regelmäßige Überprüfung der Zusammenarbeit. 				
Werkzeuge				
Hinweise				
<p>Organisationen, mit denen zusammengearbeitet wird, können Wettbewerber, externe Experten, Bildungsträger, Verbände oder Kammern sein. Dabei ist wichtig, dass beide Seiten von der Kooperation profitieren, da es sonst zu keiner vertrauensvollen Beziehung kommen kann.</p>				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig	Hoch	Laie Fortgeschrittener	Gruppe auf Abruf	Ohne Softwareunterstützung
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Mittel Hoch	Mittel Hoch	Hoch	Niedrig Mittel	
Weiterführende Literatur				
[HAUN02, S. 313 f.], [MITTELMANN11, S. 142 ff.]				

A.62 Methodenbeschreibung: Yellow Pages

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen speichern Wissen verteilen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Wissenstransparenz schaffen. • Erleichtert Zugang zu Wissensressourcen. • Fördert die Verteilung von Wissen. • Unterstützt die Mitarbeiter bei der Suche nach Informationen. • Mitarbeiter entwickeln. • Standardisieren, verschlagworten, kategorisieren, formalisieren. • Aufbau, Pflege, Visualisierung und Analyse von Netzwerken. 	<ul style="list-style-type: none"> • Einarbeitung in neue Themengebiete. • Suche nach Informationen dauert zu lang. • Auswahl von qualifizierten Mitarbeitern für ein Projektteam. • Mitarbeiterwechsel. • Hemmende Organisationsstruktur. • Wissen und Wissensträger nicht dokumentiert. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ermöglicht ein schnelleres Auffinden von Ansprechpartnern für bestimmte Frage- und Aufgabenstellungen. 		
Vorgehen				
1) Erarbeiten eines Formulars und einer Plattform Bestandteil der Yellow Pages: <ul style="list-style-type: none"> • Name • Bereich, Abteilung, Gruppe • Kontaktdaten • Daten des Lebenslaufes • besondere Spezialgebiete und Know-how • berufliche und Projekterfahrungen • aktuelles Arbeitsgebiet 2) Einweisen der Mitarbeiter in Funktionen der Yellow Pages 3) Mitarbeiter füllen ihre Yellow Pages aus 4) Regelmäßige Kontrolle der Yellow Pages auf Nutzung und Aktualität				
Werkzeuge				
Intranet				
Hinweise				
Wichtig für den Erfolg ist eine regelmäßige Aktualisierung des Verzeichnisses. Dafür kann jeder Mitarbeiter selbst die Verantwortung tragen. Jedoch ist eine Kontrolle durch Vorgesetzte erforderlich, bis sich eine Selbstverständlichkeit eingestellt hat.				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Niedrig	Niedrig	Laie	Gruppe	Teilautomatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Mittel Hoch	Niedrig	Mittel	Mittel	
Weiterführende Literatur				
[HAUN02, S. 309 f.], [MEINKE12, S. 89], [PROBST10, S. 67]				

A.63 Methodenbeschreibung: Zählverfahren/Klassierverfahren

Zuordnung Wissensmanagementkernaktivität:		Wissen erzeugen		
Aufgabe/Zweck	Problem/Situation	Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Verdichtung der Daten zu Informationen in genau definiertem Kontext, z. B. Betriebsfestigkeit. • Reduktion Informationsflut. • Wissen strukturieren. • Standardisieren, verschlagworten, kategorisieren, formalisieren. • Wissensbestand erweitern. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zu viele Informationen. • Datenreduktion erforderlich. • Keine zeitunabhängige Bewertung von Ergebnissen möglich. 	Daten werden verdichtet.		
Vorgehen				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Einteilung der vorhandenen Informationen (sowohl Zeit- als auch Messgrößen) in vordefinierte, gleichgroße Klassen. 2. Nummerierung der Klassen. 3. Definition der Klassengrenzen. 4. Wahl des Zählverfahrens (einparametrische Zählverfahren: Spitzenzählung, Bereichszählung, Klassengrenzenüberschreitungszählung, Bereichszählung und Bereichspaarzählung Zweiparametrische Zählverfahren: Bereichsmittelwertzählung, Von-Bis-Zählung, Bereichspaar-Mittelwertzählung, Verweildauerzählung, Rainflow-Zählung). 				
Werkzeuge				
Mathematische Programme				
Hinweise				
Durch die Klassierung gehen zeitliche Informationen (Frequenz, Reihenfolge, Schwingungsform) verloren, durch die Verdichtung von Information, können neue Zusammenhänge visualisiert werden				
Kontextbedingungen				
Neuheitsgrad der Aufgabe	Komplexität der Aufgabe	Methodenerfahrung	Anwenderanzahl	Rechnerintegrierbarkeit
Hoch	Mittel Hoch	Fortgeschrittener Experte	Einzelperson	Automatisierbar
Zeitlicher Aufwand	Schulungsaufwand	Personalaufwand	Sachaufwand	
Niedrig	Mittel Hoch	Niedrig	Mittel	
Weiterführende Literatur				
FVA-Richtlinie 131 [FVA 131 2010, S. 4 ff.]				

A.64 Methodenmatrizen zur Vorauswahl

Wissenserzeugung		Probleme bei der Rückführung von Erprobungswissen												
		Bewährte Lösungen/Maßnahmen/Er-fahrungen sind nicht dokumentiert	Mitarbeitermotivation und -qualifikation	Kein Wissenstransfer in die nächste Entwicklungsphase	Fokussierung verhindert Informationsgewinnung/ Nutzung	Kapazität für den Informationsaustausch nicht verfügbar	Fehlende / nicht nachvollziehbare Dokumentation von Fehlern	Akzeptanzprobleme der eingesetzten Werkzeuge	Informationsketten zu lang	Flut von Informationen	Mangelnde Strukturierung/ Vernetzung von Informationen/Datenablagen	Hemmende/unzweckmäßige Organisationsstruktur	Mangelnde Wissenssicherung bei Mitarbeiterwechsel	Ungeeignete Werkzeuge
Methoden	Probleme													
Analogiebildung		○			○						○			
Anreizsysteme		○	○			×	○					○		
Befragung		○(X)		○(X)		○(X)	○(X)							
Beobachtung		○(X)		○(X)		○(X)	○(X)					×		○
Data Mining						○	×		×	○				
Evokationsprozess		○					×							
Ganzheitliches Vorgehensmodell zur Akquisition von Know-how			×									○		○
Hermeneutische-interpretative Verfahren			○			○			○			○		○
Inhaltsanalyse			×						○					
KADS		×					×	○	○		○			
Knowledge links		○		×	×									
Mapping-Techniken		×		×	○		×			○	×		○	
Meta-Modell der Sprache														×
Modeling		○		○		○	○					○		○
Objektive Hermeneutik			○							○		○		○
Qualitative Inhaltsanalyse			×							○				
Quantitative inhaltliche Modelle			○							○				
Repräsentationssysteme		○	○				○							
Sozialwissenschaftliche Paraphrase						○						○		○
Strukturlegeverfahren		○		○	○		○			○	○	○		
Tote-Schema		○					○							×
Zählverfahren/Klassierverfahren										×				

	ungeeignet
○	bedingt geeignet
×	geeignet

Die Zuordnungen ergeben sich aus den Methodenbeschreibungen nach dem Vorgehen das in Kapitel 6.4.1 beschrieben ist, dies gilt in gleicher Weise für die 3 nachfolgenden Matrizen.

Tabelle A.64.1: Methodenmatrix der Wissenserzeugung

Wissensspeicherung		Probleme bei der Rückführung von Erprobungswissen													
Methoden	Probleme	Bewährte Lösungen/Maßnahmen/Er-fahrungen sind nicht dokumentiert	Mitarbeitermotivation und -qualifikation	Kein Wissenstransfer in die nächste Entwicklungsphase	Fokussierung verhindert Informationsgewinnung/ Nutzung	Kapazität für den Informationsaustausch nicht verfügbar	Fehlende / nicht nachvollziehbare Dokumentation von Fehlern	Akzeptanzprobleme der eingesetzten Werkzeuge	Informationsketten zu lang	Flut von Informationen	Mangelnde Strukturierung/ Vernetzung von Informationen/Datenablagen	Hemmende/unzweckmäßige Organisationsstruktur	Mangelnde Wissenssicherung bei Mitarbeiterwechsel	Ungeeignete Werkzeuge	Keine gemeinsame "Sprache"
		Anreizsysteme		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input type="radio"/>		Kein Problem der Wissensspeicherung				
Checklisten		<input checked="" type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>			<input type="radio"/>			<input checked="" type="radio"/>		
Entscheidungsbäume		<input checked="" type="radio"/>					<input type="radio"/>			<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Frequently Asked Questions		<input type="radio"/>				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>						<input type="radio"/>		
Handbücher		<input checked="" type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/>			<input checked="" type="radio"/>			<input type="radio"/>			<input type="radio"/>		
KADS		<input type="radio"/>					<input type="radio"/>			<input type="radio"/>					
Kollektive Speichersysteme		<input type="radio"/>					<input type="radio"/>					<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Lessons Learned		<input checked="" type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/>			<input checked="" type="radio"/>						<input type="radio"/>		
Mikroartikel		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>			<input type="radio"/>						
Ontologien									<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					<input checked="" type="radio"/>
Projektdatenbanken		<input checked="" type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/>			<input checked="" type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					
Semantische Netze		<input checked="" type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/>			<input checked="" type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>			<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/>
Wikis		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
Wissenslandkarten		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
Wissensmatrix MDM		<input checked="" type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/>			<input checked="" type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>
Yellow Pages											<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>			

	ungeeignet
<input type="radio"/>	bedingt geeignet
<input checked="" type="radio"/>	geeignet

Tabelle A.64.2: Methodenmatrix der Wissensspeicherung

Wissensverteilung		Probleme bei der Rückführung von Erprobungswissen													
Methoden	Probleme	Bewährte Lösungen/Maßnahmen/Er-fahrungen sind nicht dokumentiert	Mitarbeitermotivation und -qualifikation	Kein Wissenstransfer in die nächste Entwicklungsphase	Fokussierung verhindert Informationsgewinnung/ Nutzung	Kapazität für den Informationsaustausch nicht verfügbar	Fehlende / nicht nachvollziehbare Dokumentation von Fehlern	Akzeptanzprobleme der eingesetzten Werkzeuge	Informationsketten zu lang	Flut von Informationen	Mangelnde Strukturierung/ Vernetzung von Informationen/Datenablagen	Hemmende/unzweckmäßige Organisationsstruktur	Mangelnde Wissenssicherung bei Mitarbeiterwechsel	Ungeeignete Werkzeuge	Keine gemeinsame "Sprache"
		Analogiebildung							○						
Anreizsysteme			○												
Job Rotation		○	X	○	X										X
Knowledge Café			○	○(X)		○									
Lehrgespräch/Coaching		X	○				X								
Mentoring- und Patenschaftsmodell		○	X				○								
Ontologien									○						○
Personal Messaging						X	○		X						
Space Management		○		○		X			○						
Storytelling		○		○			○								
Triadengespräch			○		○				○						X
Wikis		○		X		○		○	X	○					
Wissensgemeinschaften		○	○	○		X		○	○						○
Wissensmarktplätze/Social Media		○		○		○	○		○						○
Wissensnetzwerke				○		X			○						
Yellow Pages		○								○					

	ungeeignet
○	bedingt geeignet
X	geeignet

Tabelle A.64.3: Methodenmatrix der Wissensverteilung

Wissensanwendung		Probleme bei der Rückführung von Erprobungswissen													
Methoden	Probleme	Bewährte Lösungen/Maßnahmen/Er-fahrungen sind nicht dokumentiert	Mitarbeitermotivation und -qualifikation	Kein Wissenstransfer in die nächste Entwicklungsphase	Fokussierung verhindert Informationsgewinnung/Nutzung	Kapazität für den Informationsaustausch nicht verfügbar	Fehlende / nicht nachvollziehbare Dokumentation von Fehlern	Akzeptanzprobleme der eingesetzten Werkzeuge	Informationsketten zu lang	Flut von Informationen	Mangelnde Strukturierung/Vernetzung von Informationen/Datenablagen	Hemmende/unzweckmäßige Organisationsstruktur	Mangelnde Wissenssicherung bei Mitarbeiterwechsel	Ungeeignete Werkzeuge	Keine gemeinsame "Sprache"
		Anreizsysteme		X					O					X	
Best Practices		X		O	O		X				O				
Checklisten		O		O		O	O								
Entscheidungsbäume		O				O	O						O		
Frequently Asked Questions		X				X	X	O		O	O			O	
Handbücher		X	X	O			O								
Lessons Learned		X	O	X			X				O	O			
Objektive Hermeneutik			O						O					O	
Wissenslandkarten			O			O			X	X	X		O		
Wissensnetzwerke		O		O											

	ungeeignet
O	bedingt geeignet
X	geeignet

Tabelle A.64.4: Methodenmatrix der Wissensanwendung

A.65 Übersicht Methodenbaukasten und Kontextbedingungen

WE = Wissen erzeugen WS = Wissen speichern WV = Wissen verteilen WA = Wissen anwenden Zuordnungen ergeben sich auf Methodenbeschreibung		Wissensmana- gemenaktivität	Neuheitsgrad der Aufgabe			Komplexität der Aufgabe			Methoden- erfahrung (Wissen)			Teamgröße			Rechner- integrierbarkeit			Zeitlicher Aufwand			Schulungs- aufwand			Personal- aufwand			Sachaufwand																						
			Nr.	Methode	Niedrig	Mittel	Hoch	Niedrig	Mittel	Hoch	Laien	Fortgeschrittene	Experte	Einzelperson	Gruppe auf Abruf	Gruppe	Ohne SWU	Teilautomatisierbar	Automatisierbar	Niedrig	Mittel	Hoch	niedrig	Mittel	Hoch	Niedrig	Mittel	Hoch	Niedrig	Mittel	Hoch																		
																																SWU = Softwareunterstützung																	
																																■ = Kontextbedingungen und Ausprägungen ist in Methoden- beschreibung enthalten																	
1.	Analogiebildung	WE, WV																																															
2.	Anreizsysteme	Alle																																															
3.	Befragung	WE																																															
4.	Beobachtung	WE																																															
5.	Best Practices	WA																																															
6.	Checklisten	WS, WA																																															
7.	Data Mining	WE																																															
8.	Entscheidungsbäume	WS, WA																																															
9.	Evokationsprozess	WE																																															
10.	FAQs	WS, WA																																															
11.	Ganzheitliches Vorgehensmodell zur Akquisition von Know-how	WE																																															
12.	Handbücher	WS, WA																																															
13.	Hermeneutische-interpretative Verfahren	WE																																															
14.	Inhaltsanalyse	WE																																															
15.	Job Rotation	WV																																															
16.	KADS	WE, WS																																															
17.	Knowledge Café	WV																																															
18.	Knowledge links	WE																																															
19.	Kollektive Speichersysteme	WS																																															
20.	Lehrgespräch/Coaching	WV																																															
21.	LessonsLearned	WS, WA																																															
22.	Mapping-Techniken	WE																																															
23.	Mentoring- & Patenschaftsmodell	WV																																															
24.	Meta-Modell der Sprache	WE																																															
25.	Mikroartikel	WS																																															
26.	Modeling	WE																																															
27.	Objektive Hermeneutik	WE, WA																																															
28.	Ontologien	WV, WS																																															
29.	Personal Messaging	WV																																															
30.	Projektdatenbanken	WS																																															
31.	Qualitative Inhaltsanalyse	WE																																															
32.	Quantitative inhaltliche Modelle	WE																																															
33.	Repräsentationssysteme	WE																																															
34.	Semantische Netze	WS																																															
35.	Sozialwissenschaftliche Paraphrase	WE																																															
36.	Space Management	WV																																															
37.	Storytelling	WV																																															
38.	Strukturlegeverfahren	WE																																															
39.	Triadengespräch	WV																																															
40.	Tote-Schema	WE																																															
41.	Wikis	WS, WV																																															
42.	Wissensgemeinschaften	WV																																															
43.	Wissenslandkarten	WS, WA																																															
44.	Wissensmarktplätze	WV																																															
45.	Wissensmatrix MDM	WS																																															
46.	Wissensnetzwerke	WV, WA																																															
47.	Yellow Pages	WS, WV																																															
48.	Zähl-/Klassierverfahren	WE																																															

Tabelle A.65.1: Übersicht Methodenbaukasten und Kontextbedingungen

A.66 Exemplarischer HTML-Bericht des BBT-Tools

Projektdaten

Erprobungsname: NAG3_DS_PST_SM4D6_DS_172
 Prüfstand: PS1032 Datum: 14.03.2014 Zeit: 09:52:03
 Projekt: NAG3 Last: DS Strecke: 150-Stadt150Alt
 Bauteil: ZA 93 D Charge: PT StreckenLaufleistung [km]: 18,796
 Softwarestand: z14a00p61levjvy Variante:n5es Laufleistung [km]: 135935.6

Ergebnis der Fehleranalyse

Kategorie: 5 - Temperatur
 Ort: 1 - Tornado
 Nummer: 14 - Grenzwertüberschreitung Getriebeeingangstemperatur
 Ergänzung: 0 - Nicht definiert
 Messsignal: TOELGE Grenzwert: Alarm - 76.0
 Fehlerbewertung: Kritisch
 Maßnahme: ABSCHALTUNG - Prüfstand bleibt stehen

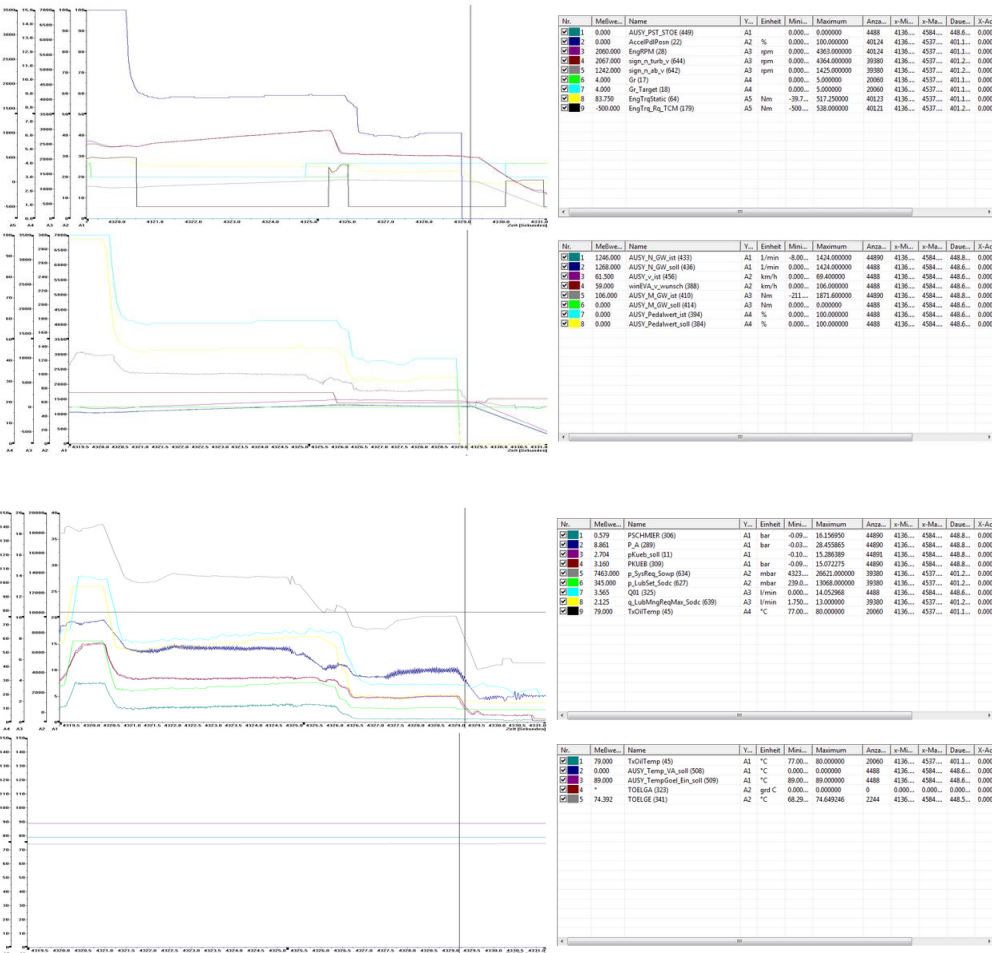
Verursachende Funktionen/Bauteile

Häufigkeit	Aggregat	Funktion/Baugruppe
54,54 %	Prüfstand	PS1032
18,18 %	Getriebe	Hydraulik
18,18 %	Prüfstand	TORNADO
9,09 %	Prüfstand	Messtechnik/CA/NaPe

Mögliche Ursache

Häufigkeit	Ursachen
54,54 %	Grenzwert falsch eingestellt
18,18 %	Kühlerventil geschlossen
9,09 %	Messstelle nicht richtig zugeordnet
9,09 %	Kühler funktionsunfähig
9,09 %	Getriebeöl fehlt

Zugehörige Messsignale



Weiterführende Links
 Name: #001mc2nd3NAG3ZA93D0DS 1ZA93D_20140314_094846_150_2155996.mdf
 SteuergeräteFehlerBericht: IDAMLER_PHG_2010-2014EAG_DLStd-ergebnisNAG3PST05_NAG3_FehlerberichteZA93DVGSS1_FB_20140314_095203_PST1032_ZA93D.txt

Verantwortlichkeit
 Versuchingenieur: FehlerManager
 Ersteller: Automatisch Datum: 14.03.2014 Zeit: 09:52:03

Bild A.66.1: A.28 Exemplarischer HTML-Bericht des BBT-Tools [KARTHAUS14C, S. 63 f.]

Lebenslauf

Carsten Alexander Karthaus

*16.09.1985 in Schwäbisch Hall

Ausbildung

- 09.1992 - 07.1996 Grundschule in Murrhardt
- 09.1996 - 07.2002 Realschule in Sulzbach/Murr
- 09.2002 - 07.2005 Technisches Gymnasium Backnang
- 09.2005 - 09.2008 Studium an der Berufsakademie in Heidenheim im Studiengang Maschinenbau in der Fachrichtung Entwicklung und Konstruktion mit den Schwerpunkten Kolben- und Strömungsmaschinen, Abschluss als Dipl.-Ing. (BA) und Bachelor of Science with Honours in Engineering
- 10.2008 - 09.2010 Masterstudium an der TU München im Studiengang Maschinenwesen mit den Schwerpunkten Antriebstechnik und Systematische Produktentwicklung Abschluss als M.Sc. (TUM)

Berufserfahrung

09. 2005 - 09.2008 Studium an der Berufsakademie in Heidenheim in Kooperation mit der Firma Voith Turbo GmbH & Co. KG in Crailsheim
- 11.2008 - 10.2010 Wissenschaftliche Hilfskraft an der Forschungsstelle für Zahnräder und Getriebebau (FZG) und Lehrstuhl für Fördertechnik, Materialfluss und Logistik (fml) der Technischen Universität München
- 11.2010 - 09.2014 Akademischer Mitarbeiter am Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD) der Universität Stuttgart
- Seit 01.10.2014 Entwicklungsingenieur DAIMLER AG – Powertrain Testing, Antriebsintegrationszentrum Sindelfingen

ISBN-13: 978-3-946924-17-3