

Tarak Turki

**Bedeutung von Erfahrungswissen in der  
Produktentwicklung und Ansätze zu dessen  
Evaluierung und Transfer am Beispiel  
studentischer Gruppen**

Importance of expert knowledge in product  
engineering and approaches to evaluate and to  
transfer it using students groups

Band 76

Systeme ■ Methoden ■ Prozesse

Hrsg.: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. A. Albers







Tarak Turki

**Bedeutung von Erfahrungswissen in der  
Produktentwicklung und Ansätze zu dessen  
Evaluierung und Transfer am Beispiel studentischer  
Gruppen**

Importance of expert knowledge in product  
engineering and approaches to evaluate and to  
transfer it using students groups

Copyright: IPEK ▪ Institut für Produktentwicklung, 2014  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Universität des Landes Baden-Württemberg und  
nationales Forschungszentrum in der Helmholtz-Gemeinschaft

Alle Rechte vorbehalten

Druck: Stolzenberger Druck und Werbung GmbH & Co. KG, Leimen  
06224-7697915

ISSN 1615-8113

# **Bedeutung von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung und Ansätze zu dessen Evaluierung und Transfer am Beispiel studentischer Gruppen**

Zur Erlangung des akademischen Grades  
**Doktor der Ingenieurwissenschaften**  
der Fakultät für Maschinenbau  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

genehmigte  
**Dissertation**

von

Dipl.-Ing. Tarak Turki  
aus Sfax, Tunesien

Tag der mündlichen Prüfung: 17. Juni 2014  
Hauptreferent: o. Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. A. Albers  
Korreferent: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Feldhusen

## **Vorwort des Herausgebers**

Wissen ist einer der entscheidenden Faktoren in den Volkswirtschaften unserer Zeit. Der Unternehmenserfolg wird in der Zukunft mehr denn je davon abhängen, wie schnell ein Unternehmen neues Wissen aufnehmen, zugänglich machen und verwerten kann. Die Aufgabe eines Universitätsinstitutes ist es, hier einen wesentlichen Beitrag zu leisten. In den Forschungsarbeiten wird ständig Wissen generiert. Dieses kann aber nur wirksam und für die Gemeinschaft nutzbar werden, wenn es in geeigneter Form kommuniziert wird. Diese Schriftenreihe dient als eine Plattform zum Transfer und macht damit das Wissenspotential aus aktuellen Forschungsarbeiten am IPEK Institut für Produktentwicklung Karlsruhe (ehemals: Institut für Maschinenkonstruktionslehre und Kraftfahrzeugbau) verfügbar.

Die Forschungsfelder des Institutes sind die methodische Entwicklung und das Entwicklungsmanagement, die rechnergestützte Optimierung von hochbelasteten Strukturen und Systemen, die Antriebstechnik mit einem Schwerpunkt auf den Gebieten Antriebsstrang-Engineering und Tribologie von Lager- und Funktionsreibsystemen, die Mikrosystemtechnik mit dem Focus auf die zugehörigen Entwicklungsprozesse sowie die Mechatronik. Die Forschungsberichte werden aus allen diesen Gebieten Beiträge zur wissenschaftlichen Fortentwicklung des Wissens und der zugehörigen Anwendung – sowohl den auf diesen Gebieten tätigen Forschern als auch ganz besonders der anwendenden Industrie – zur Verfügung stellen. Ziel ist es, qualifizierte Beiträge zum Produktentwicklungsprozess zu leisten.

Albert Albers



## **Vorwort zu Band 76**

Die moderne Produktentwicklung ist gekennzeichnet durch eine zunehmende Komplexität und Kompliziertheit, sowohl im Bereich der von ihr erstellten technischen Systeme als auch in den, für die Produktentwicklung eingesetzten, Prozessen, Methoden und Lösungsstrategien. Die zentrale Ressource im Bereich der Produktentwicklung ist aber nach wie vor der Mensch. Schon Redtenbacher formulierte, dass die Arbeit des Konstrukteurs ganz wesentlich auf Fertigkeiten, Kenntnissen, aber auch Kreativität und Schöpfergeist begründet ist. Ein entscheidendes Element bei der Betrachtung von Produktentwicklungseinheiten ist dabei das Wissen. Die für die Erstellung auch komplexester Lösungen notwendigen technischen Hilfsmittel in der Konstruktion sind, verglichen mit der Produktrealisierung in der Produktion von ihrem Investitionswert her gering. Im Wesentlichen arbeitet man mit leistungsfähigen Computern und zugehörigen Programmen. Der eigentliche „Wert“ einer solchen Produktentwicklungseinheit beruht daher nicht auf dem Investitionsvolumen, sondern auf dem, in dieser Einheit, akkumulierten Wissen. Dieses Wissen ist dabei in zwei grundsätzlichen Arten vorhanden. Es kann als explizites Wissen aufgeschrieben, oder auf eine andere geeignete Weise in Datenbanken, Produktmodellen, Zeichnungen oder Entwicklungsberichten abgelegt sein. Die zweite Komponente des Wissens, die sehr oft viel wesentlicher ist, ist das implizite Wissen, das insbesondere bei den Konstrukteuren und Produktentwicklern vorliegt. Dieses implizite Wissen ist ein ganz zentrales Element für eine erfolgreiche Produktentwicklung. Man spricht hier auch allgemein von Erfahrungswissen. Dieses ist Wissen, das über einen längeren Prozess des Tuns kontinuierlich aufgebaut worden ist, versetzt den einzelnen Entwickler in die Lage, sehr oft intuitiv, schnell und effektiv Gestaltungs- und Designentscheidungen zu treffen. Die allgemeine Feststellung, dass Erfahrungswissen einen erheblichen Wert in der Produktentwicklung darstellt, wird häufiger postuliert, wurde bisher allerdings nur sporadisch untersucht. An dieser Stelle setzt die wissenschaftliche Arbeit von Herrn Dr.-Ing. Tarak Turki an. Er untersucht im Kontext der „Karlsruher Schule für Produktentwicklung“ die Bedeutung von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung und zeigt die Wege der Generierung, Nutzung und des Transfers von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung auf.

Das Ziel der Arbeit ist es, auf der Basis des Standes der Wissenschaft im Bereich des personengebundenen Erfahrungswissens in der Produktentwicklung neue Handlungsempfehlungen zu erforschen und abzuleiten, die den Umgang mit Erfahrungswissen in der realen Produktentwicklung unterstützen. Die bisher durchgeführten Arbeiten zum Thema Erfahrungswissen in der Produktentwicklung

wurden oft im Sinne des Managements mit dem Ziel der Explizierung des Wissens durchgeführt. In der vorliegenden wissenschaftlichen Arbeit von Herrn Dr.-Ing Tarak Turki geht es dem gegenüber eher darum, die Frage der Entstehung und der Nutzung von implizitem Erfahrungswissen zu untersuchen.

Herr Dr. Turki klärt dazu zunächst den Begriff des Erfahrungswissen im Kontext der Produktentwicklung um dann, basierend auf den Arbeiten von NORTH ein Stufenmodell für die Beurteilung des erreichten Erfahrungswissens darzustellen. Die Arbeit leistet einen wichtigen Beitrag zu besseren Beschreibung der menschenzentrierten Produktentwicklung.

Juli, 2014

Albert Albers



## Kurzfassung

Deutschland ist ein führender Innovations- und Technologiestandort. Was für manche Länder dieser Welt Rohöl, Erdgas oder Seltene Erden sind, ist für Deutschland Innovation. Deshalb muss sich die deutsche Industrie kontinuierlich neue Inventionen einfallen lassen und diese erfolgreich in Innovationen umwandeln. Die Bedeutung von Wissen und im Speziellen Erfahrungswissen für die Realisierung dieser Innovationen und somit für den Ausbau des Gütesiegels „Made in Germany“ ist höher denn je. Schon vor Jahrzehnten wurde diesen Bedarf entdeckt und dafür gesorgt, dass die deutsche Handwerksarbeit vom Meister zum Lehrling weitergegeben wird. Heutzutage reichen diese Ansätze nicht mehr. Im 21. Jahrhundert hat die Komplexität unser Leben buchstäblich im Griff. Produkte müssen immer schneller, preisgünstiger und effizienter entwickelt werden. Dadurch dass auch die Produktlebensdauer immer kürzer werden, müssen Folgeprodukte noch schneller, noch preisgünstiger und noch effizienter entwickelt werden. Deshalb müssen Maschinenbauunternehmen bereits vorhandenes Wissen und Erfahrungen aus vergangenen Produktentstehungsprozessen nachhaltig pflegen und effizienter nutzen. Werkzeuge und Methoden des Informations- und Wissensmanagements werden bereits in der Produktentstehung verwendet. Allerdings besteht immer noch ein deutliches Verbesserungspotential, die Ressource Erfahrungswissen weiter auszuschöpfen. In der Literatur ist nicht einheitlich definiert, was unter Erfahrungswissen zu verstehen ist. Oft werden Begriffe wie Anwendungswissen, Handlungswissen, tacit knowledge oder praktisches Wissen verwendet. Bis heute gibt es nur wenige wissenschaftliche Arbeiten, die diese Thematik aus Sicht des Produktentwicklers beleuchten und ein gemeinsames Verständnis wiedergeben, was Erfahrungswissen in der Produktentwicklung ist, wie vorhandenes Erfahrungswissen zu bewerten ist bzw. wie der Transfer dieser besonderen Art von Wissen begünstigt werden kann. Ziel dieser Arbeit ist in erster Linie ein gemeinsames Verständnis für Erfahrungswissen bei Konstrukteuren herzuleiten. Ferner wird sowohl ein Modell zur Beurteilung vorhandenen Erfahrungswissens vorgeschlagen und diskutiert als auch Empfehlungen zur Begünstigung der Weitergabe von Erfahrungswissen bereitgestellt. Zur Erreichung dieser Ziele wurden im Rahmen dieser Arbeit verschiedene empirische Studien durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Arbeit bestehen aus den Erfahrungsberichten zur Nutzung der Werkzeuge und daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen. Diese Arbeit liefert Argumente für den bewussten und zielgerichteten Einsatz von Erfahrungswissen in der Produktentstehung sowie Anregungen für weitere Forschungsarbeiten und Vorschläge die Umsetzung in der industriellen Produktentstehung. Insgesamt leistet diese Forschungsarbeit einen Beitrag zur Integration von personengebundenem Erfahrungswissen in die Produktentstehung.

## **abstract**

Germany has a leading position in innovation and technology. For certain regions of the world, fuel oil or natural gas are very important resources. However, innovation is the most important resource for Germany. The German industrial sector has to invent more and more and has to turn these inventions successfully into innovations. Knowledge, and in particular experience, are increasingly important for the realization of new innovations and therefore for the preservation of the seal of quality "Made in Germany". Over long periods of time, the craftsmanship has been transmitted from master to apprentice. Nowadays, this master-apprentice model is inadequate. Complexity is dominating our daily life in the 21st century. Product lifecycles become even shorter, so that products have to be developed faster and cheaper more than ever. Companies have to preserve sustainably existing knowledge and experience and use it efficiently. Diverse information and knowledge management tools are used in the field of product engineering. However, today's knowledge management systems do not consider adequately experience. The academic literature does not give a common definition of experience. Often, designations like application, practical or tacit knowledge are used to characterize experience. There are only a few studies, that deal with experience in the field of product development nowadays. The aim of this work is to develop a common understanding of experience in the field of product development. Furthermore, a model of expertise is introduced for development engineers and suggestions for sharing experiential knowledge are given. Three empirical studies are presented in this work to achieve these objectives. This work is a contribution to integrate experiential knowledge into product development.



## Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Zeit als akademischer Mitarbeiter am IPEK - Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und wurde u.a. im Rahmen des Teilprojekts „Entwicklungsmethodik“ des DFG Sonderforschungsbereichs 499 „Entwicklung, Produktion und Qualitätssicherung urgeformter Mikrobauerteile aus metallischen und keramischen Werkstoffen“ und im Rahmen des BMBF Verbundprojekts „IN<sup>2</sup> - Von der INformation zu der INnovation“ sowie diverse Industrieprojekte gefördert.

Meinem Doktorvater Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Albert Albers gilt mein besonderer Dank. Er übertrug mir Verantwortung und schenkte mir große Gestaltungsfreiräume, die ich in meiner Tätigkeit nutzen und ausfüllen durfte. Ich danke für die Unterstützung durch offene Gespräche und Diskussionen, Ratschläge, neue Ideen und Perspektiven mit denen er meine wissenschaftliche Arbeit prägte und förderte.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Feldhusen vom Lehrstuhl und Institut für allgemeine Konstruktionstechnik der Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen danke ich für die Übernahme des Korreferats sowie für das entgegengebrachte Interesse und die wertvolle Diskussion meiner wissenschaftlichen Arbeit. Weiterhin möchte ich mich bei Prof. Dr.-Ing. habil. Alexander Fidlin für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes bedanken.

Dem gesamten IPEK-Team möchte ich für die konstruktive Arbeitsatmosphäre danken. Dieser Dank gilt insbesondere den Kolleginnen und Kollegen in der Forschungsgruppe Entwicklungsmethodik und -management und in der Administration. Danke für die wissenschaftlichen und darüber hinausgehenden Gespräche und für die Unterstützung in allen fachlichen, organisatorischen, verwaltungs- und informationstechnischen Belangen.

Meiner Familie und insbesondere meinen Eltern Mounir und Radhia danke ich für die Unterstützung während meiner gesamten akademischen Ausbildung.

Meiner Frau Donja und meinem Sohn Malik vielen Dank für den Rückhalt, die Zeit, die ihr mir für die Arbeit gelassen habt sowie für eure Geduld.

Karlsruhe, den 17. Juni 2014

Tarak Turki



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Ausgangssituation	1
1.2	Problemstellung und Zielsetzung	2
1.3	Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit	4
<b>2</b>	<b>Grundlagen und Stand der Forschung</b>	<b>7</b>
2.1	Begriffe aus dem Umfeld der Produktentwicklung	7
2.1.1	Produktentstehung	7
2.1.2	Produktentwicklung - Entwickeln als Problemlösen	8
2.1.2.1	Problemdefinition	8
2.1.2.2	Problemarten	9
2.1.2.3	Problemlösungsprozess SPALTEN	10
2.1.3	Modelltheorie und Modelle der Produktentstehung	12
2.1.4	Systemtheorie und Systeme der Produktentstehung	13
2.1.5	Advanced Systems Engineering (ASE)	15
2.1.6	Die fünf Grundhypothesen der Produktentstehung nach Albers	16
2.1.6.1	Erste Hypothese: Einzigartigkeit von Produktentstehungsprozessen	16
2.1.6.2	Zweite Hypothese: System der Produktentstehung	17
2.1.6.3	Dritte Hypothese: Validierung	18
2.1.6.4	Vierte Hypothese: Zielbeschreibung in der Problemlösung	19
2.1.6.5	Fünfte Hypothese: Beschreibung von Funktionen	19
2.1.7	Das integrierte Produktentstehungsmodell (iPeM)	20
2.1.8	Ingenieur, Entwickler, Konstrukteur	22
2.1.9	Karlsruher Lehrmodell der Produktentwicklung (KaLeP)	23
2.1.9.1	Maschinenkonstruktionslehre (MKL)	24
2.1.9.2	Kreativitätswolke	25
2.2	Wissen	26
2.2.1	Begriffsdefinition	26
2.2.1.1	Wissen als vernetzte Information	27
2.2.1.2	Wissen als Entscheidungs-, Problemlösungs- und Handlungsfähigkeit	28
2.2.1.3	Wissen als Rohstoff zur Bildung von Information	29
2.2.1.4	Wissen als plausibel begründete Aussagen	29
2.2.2	Dimensionen von Wissen	30
2.2.2.1	Unterscheidung nach Explizierungsgrad: implizit vs. explizit	31
2.2.2.2	Unterscheidung nach Zugänglichkeit: individuell vs. kollektiv	34
2.2.2.3	Unterscheidung nach Anwendbarkeit: kontextbezogen vs. dekontextualisiert	35
2.2.2.4	Unterscheidung nach relevanten Wissensträgern: intern vs. extern	35

2.2.3	Wissen in der Produktentwicklung.....	36
2.2.3.1	Produktentstehung als Wissensverarbeitung.....	36
2.2.3.2	Problemlösung als Wissensverarbeitung.....	37
2.2.3.3	Heutige Informationssysteme in der Produktentwicklung und ihre Grenzen 38	
2.2.4	Zwischenfazit und Wissensverständnis in dieser Arbeit .....	40
2.3	Erfahrungswissen.....	42
2.3.1	Differenzierung des Begriffs „Erfahrung“ .....	42
2.3.2	Begriffsabgrenzung und Begriffsdefinition .....	42
2.3.3	Wirkung von Erfahrungswissen .....	44
2.3.4	Entstehung und Vermittlung von Erfahrungswissen .....	45
2.3.5	Verfügbarkeit von Erfahrungswissen .....	48
2.3.6	Bedarf an Erfahrungswissen.....	48
2.3.7	Kompetenz.....	49
2.3.8	Expertise.....	53
2.3.9	Erfahrungswissen in der Produktentwicklung.....	59
2.3.9.1	Erfahrungswissen während der Problemanalyse.....	59
2.3.9.2	Erfahrungswissen während der Lösungssuche .....	60
2.3.9.3	Erfahrungswissen während der Lösungsumsetzung .....	61
2.3.9.4	Bedeutung von Erfahrungs-(wissen) für die Entwicklungsmethodik .....	62
2.3.9.5	Erfahrungswissen als Forschungsfeld in der Produktentwicklung .....	63
2.3.10	Zwischenfazit und Verständnis des Erfahrungswissens in dieser Arbeit .....	68
2.4	Lernen und Wissenserwerb .....	70
2.4.1	Begriffsdefinition .....	70
2.4.2	Lerntheorien.....	71
2.4.2.1	Behavioristische Lerntheorien - Lernen durch Verstärkung.....	71
2.4.2.2	Kognitivistische Lerntheorien - Lernen durch Einsicht und Erkenntnis .....	72
2.4.2.3	Konstruktivistische Lerntheorien - Lernen durch persönliches Erfahren, Erleben und Interpretieren.....	73
2.4.3	Lernen in der Produktentwicklung .....	74
2.4.4	Zwischenfazit .....	75
2.5	Mentale Modelle.....	76
2.5.1	Mentale Modelle aus kognitionspsychologischer Sicht.....	77
2.5.2	Mentale Modelle und Wissen.....	78
2.5.3	Mentale Modelle in der Produktentwicklung .....	79
2.6	Untersuchungsmethodik .....	81
2.6.1	Die empirische Sozialforschung .....	81
2.6.1.1	Quantitative Sozialforschung .....	82
2.6.1.2	Qualitative Sozialforschung .....	83

2.6.2	Forschungsablauf .....	84
2.6.2.1	Der Forschungsprozess bei quantitativer Forschung .....	84
2.6.2.2	Der Forschungsprozess bei nicht-standardisierter qualitativer Forschung .....	87
2.6.3	Empirische Forschung in der Produktentwicklung .....	88
2.6.4	Verwendete Forschungsmethoden in der Arbeit .....	89
2.7	Fazit zu den Grundlagen und dem Stand der Forschung .....	91
<b>3</b>	<b>Motivation und Zielsetzung .....</b>	<b>93</b>
<b>4</b>	<b>Bedeutung von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung .....</b>	<b>96</b>
4.1	Theoretischer Hintergrund .....	96
4.1.1	Zielsetzung .....	96
4.1.2	Zielgruppe .....	96
4.1.3	Auswahl der Erhebungsmethode .....	97
4.2	Beschreibung und Durchführung der Studie .....	98
4.2.1	Adressaten .....	98
4.2.2	Konzeptionelle Vorbereitungen .....	98
4.2.3	Maßnahmen zur Reduzierung der Nachteile von Online-Umfragen .....	98
4.2.4	Aufbau der Umfrage .....	100
4.3	Ergebnisse und Implikationen .....	101
4.3.1	Datenbereinigung .....	101
4.3.2	Teilnehmer und Unternehmen .....	101
4.3.3	Verständnis von Erfahrungswissen aus der Sicht der Teilnehmer .....	104
4.3.4	Bedeutung von Erfahrungswissen und Effektivität der Nutzung .....	106
4.3.5	Unternehmensklima: Beurteilung wissensrelevanter Aktivitäten .....	108
4.3.6	Handlungsbedarf bezüglich wissensrelevanter Aktivitäten .....	110
4.3.7	Hindernisse für die Weitergabe von Erfahrungswissen .....	110
4.3.8	Eingesetzte Instrumente zur Weitergabe von Erfahrungswissen .....	113
4.3.9	Bewertung hinsichtlich Effektivität und Effizienz .....	115
4.4	Zwischenfazit .....	116
<b>5</b>	<b>Expertise in der Produktentwicklung .....</b>	<b>118</b>
5.1	Theoretischer Hintergrund .....	118
5.1.1	Stufenmodell für die Expertise in der Produktentwicklung .....	118
5.1.1.1	<b>Stufe 1:</b> Der Novize .....	120
5.1.1.2	Der Übergang vom Novizen zum fortgeschrittenen Anfänger .....	120
5.1.1.3	<b>Stufe 2:</b> Der fortgeschrittene Anfänger .....	120
5.1.1.4	Der Übergang vom fortgeschrittenen Anfänger zum kompetenten Produktentwickler .....	120
5.1.1.5	<b>Stufe 3:</b> Der kompetente Produktentwickler .....	121
5.1.1.6	Der Übergang vom kompetenten zum gewandten Produktentwickler .....	121
5.1.1.7	<b>Stufe 4:</b> Der gewandte Produktentwickler .....	121

5.1.1.8	Der Übergang vom gewandten Produktentwickler zum Experten .....	122
5.1.1.9	<b>Stufe 5:</b> Der Experte.....	122
5.1.2	Zielsetzung der Studie .....	122
5.1.3	Zielgruppe – Auswahl der Teilnehmer .....	122
5.1.4	Auswahl der Erhebungsmethode.....	123
5.2	Beschreibung und Durchführung der Studie.....	124
5.2.1	Teilnehmer der Studie .....	124
5.2.2	Problemanalyse .....	125
5.2.3	Leitfadenkonstruktion und Pilotphase.....	127
5.2.4	Interviewdurchführung und Aufzeichnung .....	129
5.2.5	Aufbereitungs- und Auswertungsverfahren .....	130
5.3	Ergebnisse und Implikationen.....	132
5.3.1	Interviewteilnehmer.....	132
5.3.2	Umgang mit Konstruktionswissen.....	133
5.3.3	Erkennung der Relevanz für die Konstruktion .....	135
5.3.4	Vorgehen beim Problemlösen .....	136
5.3.5	Entscheidungsfindung .....	138
5.4	Zwischenfazit .....	140
<b>6</b>	<b>Aufbau und Transfer von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung .....</b>	<b>142</b>
6.1	Theoretischer Hintergrund .....	142
6.1.1	Aufbau und Transfer von Erfahrungswissen in Form mentaler Modelle.....	143
6.1.2	Zielsetzung der Studie .....	146
6.1.3	Zielgruppe – Auswahl der Teilnehmer .....	146
6.1.4	Auswahl der Erhebungsmethode.....	146
6.2	Beschreibung und Durchführung der Studie.....	148
6.2.1	Deskription des Gegenstandes vor dem experimentellen Eingriff .....	148
6.2.2	Experimenteller Eingriff – Versuchsdurchführung .....	150
6.2.3	Aufbereitungs- und Auswerteverfahren .....	154
6.3	Ergebnisse und Implikationen.....	156
6.3.1	Deskription des Gegenstandes nach dem experimentellen Eingriff .....	156
6.3.1.1	Darstellung.....	156
6.3.1.2	Funktion .....	158
6.3.2	Schlussfolgerung .....	160
6.4	Zwischenfazit .....	161
<b>7</b>	<b>Diskussion und Handlungsempfehlungen.....</b>	<b>162</b>
7.1	Aussagefähigkeit der Ergebnisse der Studien.....	162
7.2	Versuch zur Charakterisierung von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung .....	163
7.3	Erfahrungssituationen und Erfahrungswissen .....	163
7.3.1	Persönliche Ebene der Nutzung von Erfahrungssituationen .....	164

7.3.2	Organisationale Ebene der Nutzung von Erfahrungssituationen.....	164
7.4	Herausforderungen beim Transfer von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung.....	166
7.5	Zwischenfazit .....	168
<b>8</b>	<b>Bedeutung der Arbeit.....</b>	<b>169</b>
8.1	Bedeutung für die Lehre.....	169
8.2	Bedeutung für die Forschung.....	170
8.3	Bedeutung für die Praxis.....	171
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>173</b>
9.1	Zusammenfassung.....	173
9.2	Ausblick.....	175
9.2.1	Theoretische Weiterentwicklungsmöglichkeiten .....	175
9.2.2	Praktische Anwendung.....	176
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>178</b>
	Betreute Studien-, Diplom-, Bachelor- und Masterarbeiten .....	193
<b>11</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>195</b>
	Anhang 1: Angeschriebene Unternehmen für die Online-Umfrage .....	195
	Anhang 2: Anschreiben der Online-Umfrage .....	198
	Anhang 3: Fragebogen der Online-Umfrage.....	199
	Anhang 3: Ergebnisse der Online-Umfrage .....	207
	Anhang 4: Lösungsvorschlag für die Aufgabenstellung der Vorher-Nachher-Messung.....	213
	Anhang 5: Abbildungsverzeichnis .....	214
	Anhang 6: Tabellenverzeichnis.....	218



# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation

Grundlegend kann Wissen in zwei Wissensarten unterteilt werden. Explizites Wissen ist systematisch erfassbar und somit kommunizierbar und übertragbar. Implizites Wissen dagegen wächst aus Erfahrungen heraus, ist meist unbewusst vorhanden und ist deshalb schwer kommunizierbar. Übertragen auf den beruflichen Kontext lässt sich feststellen, dass das Erfahrungswissen einzelner Mitarbeiter eine wertvolle Ressource für das Unternehmen darstellt. Schließlich werden die Kompetenzen eines Unternehmens maßgeblich von dem Kollektiv der Expertise der einzelnen Mitarbeiter beeinflusst. Doch öfter sind Firmen mit Problemen konfrontiert, die sie noch mehr auf dem Erfahrungswissen der Mitarbeiter angewiesen macht. Diese Probleme können z. B. Fluktuation von Mitarbeiter, Barrieren für den Erfahrungswissenstransfer und fehlende methodische Unterstützung durch Wissensmanagementansätze sein. Weitere Herausforderungen für heutige Unternehmen fassen WALLACE, AHMED und BRACEWELL zusammen in:

- Bedarf nach verbesserter Produktqualität, kürzeren Durchlaufzeiten und geringeren Kosten,
- Schwierigkeiten bei der Verwaltung großer, multidisziplinärer Entwicklungsteams, die sich nicht unbedingt in einem einzigen Standort befinden<sup>1</sup>,
- zunehmende Produkt- und Prozesskomplexität,
- rasche Entwicklung der Technologien,
- Probleme der Wissens- und Erfahrungserhaltung im Unternehmen,
- zunehmende Komplexität von rechnerbasierten Tools,
- Voraussetzungen einer nachhaltigen Entwicklung und
- zunehmendes Risiko bei Produkthaftungsprozessen<sup>2</sup>.

Die Hypothesen und Forschungsfragen dieser Arbeit entstanden im Rahmen der fünfjährigen wissenschaftlichen Arbeit des Autors am IPEK – Institut für Produktentwicklung und basieren unter anderem auf seiner Mitarbeit an folgenden Forschungsarbeiten: (1) Von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten

---

<sup>1</sup> Feldhusen zeigt, dass das Arbeitsumfeld von Ingenieuren sich in den letzten Jahrzehnten stark geändert hat und dass es von interdisziplinärer Zusammenarbeit über verteilte Standorte, oftmals mit mehreren Unternehmen geprägt ist. Feldhusen and Dehen (2008)

<sup>2</sup> Wallace, Ahmed, and Bracewell (2005), S.327

Sonderforschungsbereich 499 „Entwicklung, Produktion und Qualitätssicherung urgeformter Mikrobauteile aus metallischen und keramischen Werkstoffen“ (2) von dem Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Verbundprojekt IN<sup>2</sup> - Von der INformation zur INnovation "Innovationen systematisch entwickeln durch Methoden- und Wissensmanagement" (3) von dem Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Verbundprojekt KOM-ING „Modellierung und Messung von Kompetenzen der technischen Mechanik in der Ausbildung von Maschinenbauingenieuren“ (4) verschiedene Industrieprojekte unter anderem mit dem Unternehmen Voith Paper und mit dem Unternehmen TRUMPF im Rahmen der Lehrveranstaltung integrierte Produktentwicklung sowie (5) diversen Lehraktivitäten. Die Motivation für diese Arbeit liegt in eigenen Erfahrungen des Autors begründet. So zeigte sich im Rahmen seiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter, dass durch Ausscheiden von Experten Erfahrungswissen verloren geht. Dieses Wissen müssen sich nachfolgende Mitarbeiter zum Teil über längere Zeiträume durch eigenes Erleben wieder aneignen<sup>3</sup>. Bisher konzentrieren sich Wissensmanagementansätze hauptsächlich auf die Konservierung von explizitem Wissen und von explizierten Teilen impliziten Wissens. Der Autor setzt in dieser Arbeit den Fokus auf die dritte Art von Wissen, nämlich auf das personengebundene, implizite Wissen (=Erfahrungswissen). Eine Umfrage der Fraunhofer-Wissensmanagement Community hat gezeigt, dass 89 Prozent der befragten Firmen einen hohen bis sehr hohen Handlungsbedarf bei der Verbesserung der Sicherung von Expertenwissen angeben<sup>4</sup>. GREWER ET AL. schreiben in einem Bericht zu einer empirischen Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung: *„Der Wissenstransfer zwischen den Älteren und den Jüngeren hat nicht geklappt. Es ist kaum ein Wissenstransfersystem vorstellbar, das das implizite und spezialisierte Wissen der Abgänger so abgreift und aufbereitet, dass es die Nachfolger friktionslos anwenden können“*<sup>5</sup>.

### 1.2 Problemstellung und Zielsetzung

Produktentstehung ist eine wissensintensive Tätigkeit. Wissen existiert dabei ausschließlich in den Köpfen von Individuen und gibt diesen die Fähigkeit, Entscheidungen zu treffen und Handlungen auszurichten; all das, was außerhalb des

---

<sup>3</sup> Albers, Deigendesch, and Turki (2009a); Albers, Börsting, and Turki (2010); Albers et al. (2010); Albers, Börsting, and Turki (2011b); Albers and Turki (2011b); Albers and Turki (2011a); Albers, Turki, and Schmalenbach (2012); Albers, Turki, and Hoppen (2013)

<sup>4</sup> Decker et al. (2005)

<sup>5</sup> Grewer, Matthäi, and Reindl (2007), S.110

Menschen gespeichert und vermittelt wird, sind (nur) Informationen und Daten<sup>6</sup>. Wissen entsteht in den Köpfen erst durch die Interaktion von Menschen mit der Umgebung (z. B. mit anderen Menschen, Produkten, Prozessen etc.) und ist somit menschengebunden und kontextabhängig. *„Die Konzepte von Wissensmanagement lassen sich grob in zwei Phasen einteilen: eine technizistische, an Objektivierung orientierte und eine personal- und humanorientierte Phase. Doch generell wird Wissen selten auf konkrete Arbeit bezogen. Konzepte der zweiten Phase thematisieren zwar praktisches Wissen und den interpersonellen Austausch von Erfahrungswissen. Inwieweit aber die Personen sowie die Wissensgenese und der Wissensaustausch im konkreten Arbeitshandeln und in spezifischen Arbeitskontexten wirklich berücksichtigt werden, bedarf einer genaueren Analyse“<sup>7</sup>.*

Gegenstand dieser Arbeit ist das personengebundene Erfahrungswissen in der Produktentwicklung. Bereits FERDINAND REDTENBACHER wies in seinem Buch *„Prinzipien der Mechanik und des Maschinenbaues“* darauf hin, dass die Erfahrung *„die beste Schule“* sei und *„daß die Verbesserungen und Erfindungen der Arbeitsmaschinen meistens von intelligenten Arbeitern ausgehen, welche durch eine oft vieljährige Beschäftigung mit einer Maschine oder mit einem Prozess alle dabei vorkommenden Einzelheiten so genau kennen lernen, wie es einem Andern gar nicht möglich ist“<sup>8</sup>*. Heutzutage ist Expertiseforschung ein etabliertes Forschungsfeld der Psychologie. Diese betrachtet Expertise als ein relatives Konzept, das von vielen Faktoren abhängt, aber vor allem von der betrachteten Domäne<sup>9</sup>. Bei Schachspielern wurde z. B. nach jahrelanger Betrachtung und Analyse dieser relativ bekannten und strukturierten Domäne herausgefunden, dass ein Novize circa zehn Jahre braucht, bis er ein Experte wird<sup>10</sup>. Diese Zahl wird gerne für andere Domänen wie Medizin, Physik oder Maschinenbau einfach übernommen. Doch vor allem im Bereich des Maschinenbaus werden Probleme gelöst, die vielfach komplexer sind als beim Schach („Drosophila“ der Expertiseforschung<sup>11</sup>). Denn technische Probleme sind meistens schlecht definiert, müssen zunächst hinterfragt und neu definiert werden. Dazu verfügt ein Produktentwickler nicht über eine begrenzte Anzahl an Spielregeln wie beim Schach spielen. Forschungsarbeiten aus dem Bereich des Maschinenbaus, die sich mit erfahrenen und weniger erfahrenen Produktentwicklern beschäftigen, versuchen Vergleiche zwischen Anfängern und Experten zu erstellen, um

---

<sup>6</sup> Wallace, Ahmed, and Bracewell (2005)

<sup>7</sup> Porschen (2008), S.22

<sup>8</sup> Redtenbacher (1852), S.269

<sup>9</sup> Gruber (2010)

<sup>10</sup> Gruber (1994)

<sup>11</sup> Gruber (1994), S.20

Verhaltensmuster und Handlungsstrategien von erfahrenen Produktentwicklern zu identifizieren. Dabei wird meist davon ausgegangen, dass es entweder Anfänger oder Experten gibt. Zwischenstufen werden bisher im Bereich der Produktentwicklung nicht diskutiert (siehe Kapitel 2.3). ALBERS ET AL. stellen in der im Jahr 2012 erschienenen acatech-Studie „*Faszination Konstruktion - Berufsbild und Tätigkeitsfeld im Wandel*“ fest, dass Erfahrungswissen gerade in einem Berufsfeld wie der Konstruktion eine große Rolle spielt. Weiterbildung muss an vorhandenes Erfahrungswissen anschließen und damit neues Erfahrungswissen generieren. Klassische Weiterbildungsseminare sind hierfür wenig geeignet<sup>12</sup>.

Die inhaltliche Zielsetzung soll durch die Formulierung folgender allgemeinen Forschungsfragen beschrieben werden (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Allgemeine Forschungsfragen der Arbeit

---

### **Forschungsfrage 1:**

- Was ist Erfahrungswissen in der Produktentwicklung und welche Bedeutung hat es für die Arbeit des Produktentwicklers heute?
- 

### **Forschungsfrage 2:**

- Wie kann der Expertisegrad von Systemkonstruktoren gemessen werden? Wie kann dies methodisch unterstützt werden?
- 

### **Forschungsfrage 3:**

- Wie wird Erfahrungswissen in der Produktentwicklung generiert, genutzt und transferiert?
- 

## **1.3 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit**

Die vorliegende Arbeit lässt sich in dem Bereich der qualitativen Forschung einordnen (siehe Kapitel 2.6.1). Das Hauptziel qualitativer Forschung ist es, aus empirischen Untersuchungen Hypothesen und Theorien zu entwickeln. Genauso wie die quantitative kann auch die qualitative Wissenschaftsauffassung mit Forschungsfragen beginnen. Theorien werden nicht als Abbildung von Fakten, sondern als relative und vorläufige Versionen von Perspektiven verstanden. Das Vorgehen wird auch als induktives Verfahren (Beobachtung, Hypothese, Theorie) bezeichnet. Die empirischen Generalisierungen werden durch die im induktiven Erweiterungsschluss gewonnenen Hypothesen überprüft<sup>13</sup>. Das wissenschaftliche Vorgehen, das zu diesen Erkenntnissen geführt hat, spiegelt sich in der Gliederung

---

<sup>12</sup> acatech (2012), S.19; Albers, Denkena, and Matthiesen (2012)

<sup>13</sup> Mayring (2002)

dieser Arbeit wider. Die Forschungsarbeit ist entsprechend Abbildung 1 in neun Kapitel eingeteilt, die im Folgenden kurz vorgestellt werden.

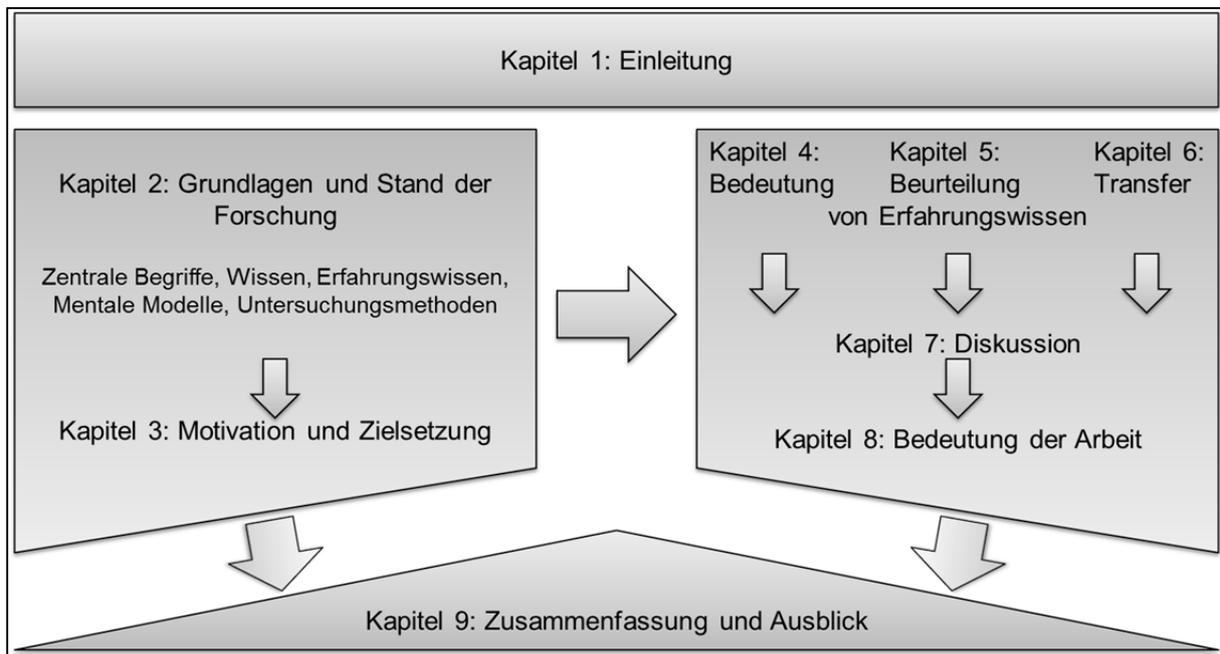


Abbildung 1: Aufbau der Arbeit

**Kapitel 1** stellt den Themenbereich und die übergeordnete Problemstellung der Arbeit vor. Nach der einführenden Problemstellung wird in **Kapitel 2** der Stand der Forschung aufgezeigt. Zunächst werden *zentrale Begriffe* aus dem Bereich der Produktentwicklung zum besseren Verständnis dieser Arbeit dargelegt. Danach wird der derzeitige Forschungsstand zu Verständnis und Bedeutung von *Wissen* und im speziellen *Erfahrungswissen* aufgezeigt. Als grundlegende Ansätze für diese Arbeit werden im weiteren Verlauf die Themen *Lernen und Wissenserwerb* und *mentale Modelle* aufgeführt und diskutiert. Ferner werden bestehende Ansätze zur *empirischen Forschung* allgemein und zur *empirischen Forschung in der Produktentwicklung* sowie die verwendeten Untersuchungsmethoden vorgestellt. Aufbauend auf Kapitel 2 wird in **Kapitel 3** diese Arbeit in den bisherigen Stand der Forschung eingeordnet, die Forschungsziele abgeleitet und konkretisiert. **Kapitel 4** beinhaltet die Durchführung und Auswertung von experimentellen Untersuchungen zum Verständnis des Begriffs Erfahrungswissen in der Produktentwicklung. Im Rahmen einer Online-Umfrage mit über siebzig Konstrukteuren aus der Industrie wird die Bedeutung von Erfahrungswissen speziell für den Bereich der Produktentwicklung noch einmal geschärft. **Kapitel 5** beinhaltet die Durchführung und Auswertung von experimentellen Untersuchungen zur Beurteilung von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung. Im Rahmen von problemzentrierten Interviews mit Studierenden des Maschinenbaus wird ein existierendes Modell aus dem Bereich der Psychologie an die Gegebenheiten der Produktentwicklung angepasst, weiterentwickelt und evaluiert. **Kapitel 6** beinhaltet die Durchführung und

Auswertung von experimentellen Untersuchungen zum Transfer von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung. Mittels Gruppenvergleich zwischen einer „trainierten“ und einer „nicht-trainierten“ Studentengruppe wird versucht, den Transfer von Erfahrungswissen mittels mentaler Modelle zu erklären bzw. gezielt zu fördern. Die gewonnenen Erkenntnisse aus den in Kapitel 4 bis 6 dargestellten Studien werden in **Kapitel 7** entsprechend der Forschungsziele und dem Forschungsvorhaben aus Kapitel 3 gebündelt diskutiert. In **Kapitel 8** werden die gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Forschung, die Praxis und die Lehre bewertet. **Kapitel 9** schließt die Arbeit mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick auf mögliche weitere Forschungsarbeiten ab. In dieser Arbeit wird aufgrund der besseren Lesbarkeit überwiegend die männliche Form verwenden. Die weibliche Form ist selbstverständlich immer mit eingeschlossen.

## 2 Grundlagen und Stand der Forschung

Ziel dieses Kapitels ist es, das inhaltliche Fundament der vorliegenden Arbeit zu schaffen, und sie gegenüber anderen wissenschaftlichen Arbeiten abzugrenzen. Zunächst werden zentrale Begriffe aus dem Umfeld der Produktentwicklung erläutert, die für das bessere Verständnis dieser Arbeit notwendig sind (Kapitel 2.1). Danach wird der Stand der Forschung für die Themen Wissen (Kapitel 2.2), Erfahrungswissen (Kapitel 2.3), Lernen und Wissenserwerb (Kapitel 2.4), mentale Modelle (Kapitel 2.5) und empirische Forschung (Kapitel 2.6) dargestellt.

### 2.1 Begriffe aus dem Umfeld der Produktentwicklung

Bis zum 19. Jahrhundert war die Konstruktion werkstattorientiert. Erfinder, Konstrukteur, Produzent und Verkäufer waren zum Teil in einer Person vereint. Mit dem Beginn des 20. Jahrhunderts entstand die Konstruktionswissenschaft. Sie betrachtet die Konstruktionstätigkeiten als eigenständige Tätigkeit<sup>14</sup>. Im Vordergrund stand die Normierung von Bauteilen mit dem Vorteil, nun nicht mehr für jede Maschine einen eigenen Werkzeugsatz zu benötigen. 1918 erschien die erste DIN-Norm, worin die Maße von Kegelstiften festgelegt waren. Schon neun Jahre später erschien die DIN-Norm 3000<sup>15</sup>. Erst Mitte des 20. Jahrhunderts beschäftigten sich die ersten Forscher mit der empirischen Analyse und der begrifflichen Rekonstruktion des Konstruktionsprozesses. Die Konstruktionsforschung wurde von vielen Professoren getragen, die ihre Konstruktionserfahrungen aus der Industrie mit Hilfe von Erkenntnissen aus der Systemtechnik systematisiert und daraus allgemeingültige Regeln und Vorgehensweisen entwickelt haben. Im Folgenden werden die zentralen Begriffe dargelegt, die für das bessere Verständnis dieser Arbeit wichtig sind.

#### 2.1.1 Produktentstehung

Produktentstehung ist der gesamte Prozess der Erzeugung eines Produktes von der ersten Idee bis zur Auslieferung an den Nutzer<sup>16</sup>. Die Produktentstehung ist ein Teil des Produktlebenszyklus und schließt die Produktentwicklung mit ein. Sie beinhaltet darüber hinaus weitere Tätigkeiten wie die Produktionsvorbereitung und die Produktion. Die Produktentstehung ist der frühere Teil im Produktlebenszyklus und

---

<sup>14</sup> Hubka and Eder (1992) S. 37-55

<sup>15</sup> Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN (2013)

<sup>16</sup> Ehrlenspiel (2009) S.1

stellt aufgrund der Einbeziehung von allen produktbeeinflussenden Stellen (z. B. Kunde, Vertrieb, Produktion usw.) eine zentrale Tätigkeit dar (siehe Abbildung 2).

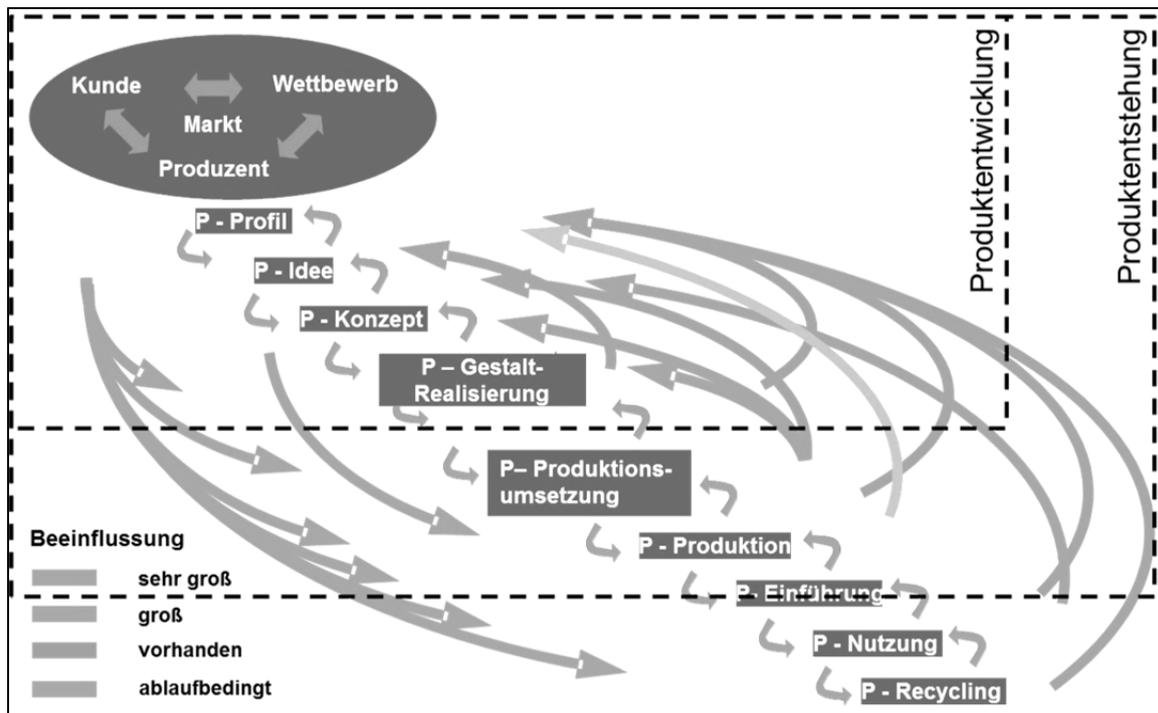


Abbildung 2: Produktlebenszyklus nach ALBERS<sup>17</sup>

### 2.1.2 Produktentwicklung - Entwickeln als Problemlösen

In der Entwicklungsmethodik wird die Produktentwicklung oft als Problemlösung aufgefasst.<sup>18</sup> Das Kernziel dabei ist, den Produktentwickler – also den Problemlöser – bei seiner Arbeit zu unterstützen.

#### 2.1.2.1 Problemdefinition

In der Literatur sind mehrere Definitionen für den Begriff „Problem“ im Kontext der Produktentwicklung zu finden. Alle Definitionen basieren vorwiegend auf den Arbeiten von DÖRNER und kennzeichnen ein Problem hauptsächlich durch seine drei Komponenten: (1) unerwünschter Ausgangszustand (2) erwünschter Endzustand und (3) Barrieren, die die Transformation von dem unerwünschten in dem erwünschten Zustand verhindern (siehe Abbildung 3).<sup>19</sup>

<sup>17</sup> Albers and Burkardt (1998)

<sup>18</sup> vgl. VDI-2221 (1993) S.3; Pahl (1994), S.3ff; Pahl et al. (2007), S.57ff; Albers et al. (2005); Ehrlenspiel (2009), S.51ff.

<sup>19</sup> Dörner (1979), S.10

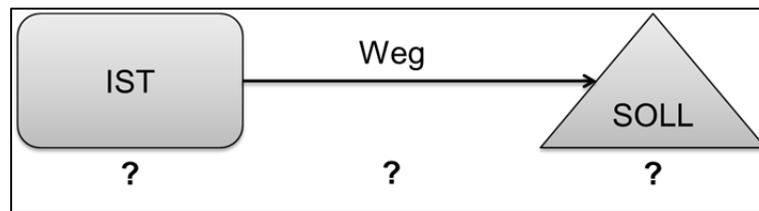


Abbildung 3: Problem als Different zwischen dem IST und der Vorstellung vom SOLL<sup>20</sup>

ALBERS definiert ein Problem wie folgt:

*„Ein Problem ist eine Abweichung zwischen dem beliebig unbekanntem Anfangszustand (Ist-Zustand) und einem gewünschten beliebig vagen Endzustand (Soll-Zustand), verbunden mit dem – zumindest teilweise – unbekanntem Weg vom Ist zum Soll.“<sup>21</sup>*

Oft wird in der Literatur eine Unterscheidung zwischen Problem und Aufgabe gemacht. PAHL und BEITZ sprechen von Aufgabe, sobald der Weg zum Endzustand bekannt ist.<sup>22</sup> DÖRNER unterscheidet Aufgabe und Problem anhand der Erfahrung des Individuums.<sup>23</sup> EHRENSPIEL kennzeichnet eine Konstruktionsaufgabe durch klare Ziele bzw. Restriktionen und ausreichend bekannte und verfügbare Mittel zur Erreichung dieser Ziele.<sup>24</sup>

#### 2.1.2.2 Problemarten

Probleme werden vielfältig kategorisiert. Beispielsweise unterscheiden DÖRNER und EHRENSPIEL zwischen (1) Ziel-, (2) Mittel-, und (3) Ziel- und Mittelprobleme.<sup>25</sup> ALBERS unterscheidet grundsätzlich zwischen zwei Arten von Problemen: Notsituation und Planungssituation (siehe Abbildung 4).

<sup>20</sup> Nagel et al. (2002)

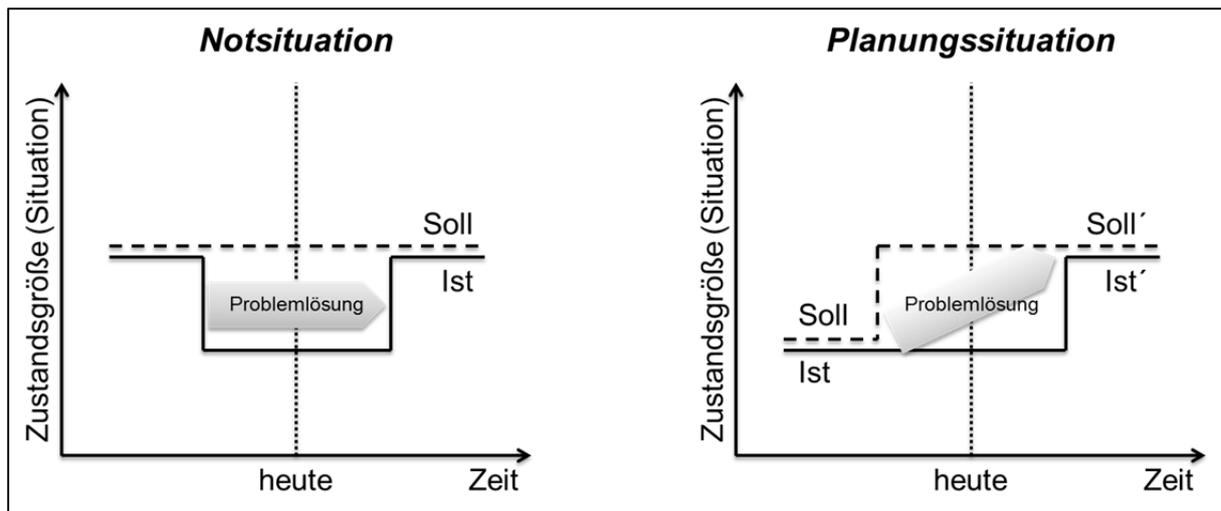
<sup>21</sup> Albers et al. (2005)

<sup>22</sup> Pahl et al. (2007), S.59ff

<sup>23</sup> Dörner zit. In Rutz (1985), S.59

<sup>24</sup> Ehrlenspiel (2009), S.58

<sup>25</sup> Dörner (1979); Ehrlenspiel (2009), S.58

Abbildung 4: Problemlösungsarten nach ALBERS<sup>26</sup>

Eine Notsituation ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Ist-Zustand von einem gewollten Soll-Zustand abweicht. Eine Notsituation ist damit eine ungewollte, meist unerwartete Abweichung von Soll- und Ist-Zustand. Die unerwünschte Abweichung ist sofort sichtbar. In diesem Fall ist das Ziel der Problemlösung, den innerhalb kürzester Zeit entstandenen Ist-Zustand in den zuvor herrschenden Soll-Zustand zu überführen. Die Planungssituation ist hingegen dadurch definiert, dass der Soll-Zustand gesetzt wird und der Ist-Zustand in einem Prozess an den neuen Soll-Zustand angepasst wird. Eine Planungssituation ist damit eine bewusst initiierte Änderung des Ist- in einen Soll-Zustand. Ziel der Problemlösung ist es hier, den neu definierten Soll-Zustand unter den vorgegeben Rahmenbedingungen (Beispielsweise Ressourcen, Zeit etc.) zu erreichen. Die gewünschte Änderung wird erst in der Zukunft sichtbar<sup>27</sup>.

### 2.1.2.3 Problemlösungsprozess SPALTEN

Zur Unterstützung des Problemlösers bzw. des Problemlösungsteams wurden zwecks einer effizienten und effektiven Problemlösung mehrere Vorgehensmodelle mit unterschiedlichen Schwerpunkten und Einsatzzwecken entwickelt.<sup>28</sup> SAAK gibt eine Übersicht über vorhandene Vorgehensmodelle für die Problemlösung in der Produktentwicklung.<sup>29</sup> All diese Vorgehensmodelle basieren vorwiegend auf dem regelkreisartigen TOTE-Modell (Test-Operate-Test-Exit-Modell), das einen fortlaufenden Wechsel zwischen Synthese und Analyse darstellt.<sup>30</sup>

<sup>26</sup> Albers et al. (2002)

<sup>27</sup> Ebd.; Albers et al. (2005)

<sup>28</sup> Ehrlenspiel (2009), S.79ff

<sup>29</sup> Saak (2007), S.34ff

<sup>30</sup> Ehrlenspiel (2009), S 81ff

Im Folgenden wird das Vorgehensmodell für die Problemlösung SPALTEN nach ALBERS erläutert. SPALTEN resultiert aus der Analyse in der Vergangenheit erfolgreich durchgeführter Problemlösungen. Diese Analyse expliziert die grundlegenden Schritte erfolgreicher Problemlösungen, die bei erfahrenen Ingenieuren oft unbewusst ablaufen. SPALTEN ist ein Akronym und steht für:

- Situationsanalyse (SA)
- Problemeingrenzung (PE)
- Alternative Lösungssuche (AL)
- Lösungsauswahl (LA)
- Tragweitenanalyse (TA)
- Entscheiden und Umsetzen (EU)
- Nachbereiten und Lernen (NL).

Diese sieben Schritte werden zunächst immer sequentiell abgearbeitet. Der Ansatz hat einen *fraktalen Charakter*, d. h. innerhalb eines Einzelschritts lässt sich nochmals SPALTEN anwenden. SPALTEN unterstützt insbesondere das Problemlösungsteam, dessen Zusammenstellung während der Anwendung von SPALTEN anforderungsorientiert angepasst werden muss (Abbildung 5).<sup>31</sup>

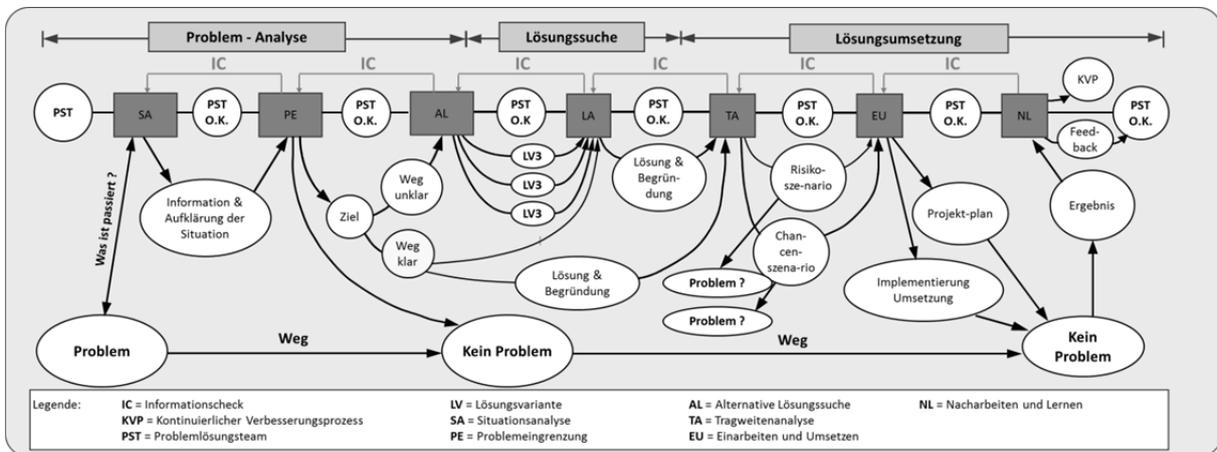


Abbildung 5: SPALTEN Vorgehensmodell für Problemlösung<sup>32</sup>

In der *Situationsanalyse* wird die Situation erfasst. Hierfür werden Informationen für den folgenden Schritt gesammelt, strukturiert und dokumentiert. Ergebnis dieses Schrittes ist eine breite Informationsbasis zur vorhandenen Situation. In der

<sup>31</sup> Albers and Braun (2011a) S.21

<sup>32</sup> Albers et al. (2005)

*Problemeingrenzung* werden die problemrelevanten Informationen herausgefiltert. Um Problemursachen zu finden, werden Hypothesen aufgestellt und geprüft. Ergebnis hier ist eine detaillierte Problemformulierung. Im Schritt *alternative Lösungssuche* wird mittels Kreativitätstechniken eine Lösungsvielfalt ohne jegliche Bewertung oder Auswahl erzeugt. Ergebnis ist eine dokumentierte Sammlung an Lösungen für das vorhandene Problem. Bei der *Lösungsauswahl* werden die generierten Lösungen hinsichtlich Ihrer Machbarkeit analysiert und bewertet. Besonders wichtig ist hier die Auswahl der Bewertungskriterien. Die favorisierte Lösung wird dokumentiert und für den nächsten Schritt vorbereitet. Verworfenen Lösungen werden im *kontinuierlichen Ideenspeicher* (KIS) für spätere Problemlösungen gespeichert. Während der *Tragweitenanalyse* werden die Chancen und Risiken der ausgewählten Lösung identifiziert, analysiert und dokumentiert. Die rechtzeitige Identifizierung von Chancen bzw. Risiken dient der rechtzeitigen Strategieentwicklung und damit der maximalen Ausnutzung von Chancen bzw. der Minimierung von Risiken. Im Schritt *Entscheiden & Umsetzen* wird die ausgewählte Lösung unter Berücksichtigung der definierten Strategien für die Risikominimierung und Chancenoptimierung umgesetzt und dokumentiert. Der letzte Schritt *Nachbereiten & Lernen* basiert auf dem Prinzip des kontinuierlichen Ideenspeichers und hat zum Ziel, den durchlaufenen Problemlösungsprozess bewusst zu reflektieren und aus den gemachten Erfahrungen zu lernen. Das Ergebnis sind dokumentierte Erfahrungsberichte.

SPALTEN ist ein teamorientiertes Vorgehensmodell für die Problemlösung. Dieses sieht bei jedem Wechsel zwischen den einzelnen Schritten eine Überprüfung und gegebenenfalls eine Anpassung des Problemlösungsteams hinsichtlich der im folgenden Schritt geforderten Kompetenzen vor („PLT i.O.“ in Abbildung 5, Abkürzung steht für: Problemlösungsteam in Ordnung?). Ein weiteres wichtiges Element von SPALTEN ist der *Informationscheck* (IC). Dieser prüft ständig, ob die vorhandene Informationsbasis vollständig verwendet wurde und ob diese ausreichend für die Durchführung des kommenden Schrittes ist.

### 2.1.3 Modelltheorie und Modelle der Produktentstehung

Die Modelle der Produktentstehung basieren auf der allgemeinen Modelltheorie nach STACHOWIAK.<sup>33</sup> Er definiert ein Modell durch drei Hauptmerkmale:

- *Abbildungsmerkmal: „Modelle sind stets Modelle von etwas, nämlich Abbildungen, Repräsentationen natürlicher oder künstlicher Originale, die selbst wieder Modelle sein können.“<sup>34</sup>*

---

<sup>33</sup> Stachowiak (1973)

- Verkürzungsmerkmal: „*Modelle erfassen im allgemeinen nicht alle Attribute des durch sie repräsentierten Originals, sondern nur solche, die den jeweiligen Modellerschaffern und/oder Modellbenutzern relevant scheinen.*“<sup>35</sup>
- Pragmatisches Merkmal: „*Modelle sind ihren Originalen nicht per se eindeutig zugeordnet. Sie erfüllen ihre Ersetzungsfunktion a) für bestimmte -erkennende und/oder handelnde, modellbenutzende - Subjekte, b) innerhalb bestimmter Zeitintervalle und c) unter Einschränkung auf bestimmte gedankliche oder tatsächliche Operationen.*“<sup>36</sup>

Modelle haben in der Produktentstehung in der Regel das Ziel, ein Produkt oder einen Prozess zwecks seiner Realisierung hinreichend zu beschreiben. Modelle helfen vor allem dabei, die Produkt- bzw. die Prozesskomplexität (oder beides zeitgleich) zu beherrschen. Im Kontext der Produktentstehung unterscheiden MÜLLER, PRAß und BEITZ zwischen Phasen-, Produkt-, Konstruktionsobjekt-, Konstruktionsprozess- und Produktionsprozessmodell.<sup>37</sup> Zur Beschreibung und Steuerung von Produktentstehungsprozessen werden beispielhaft Stage-Gate nach COOPER<sup>38</sup>, das Prozessmodell gemäß der VDI-Richtlinien<sup>39</sup> oder die integrierte Produktentwicklung nach EHRENSPIEL<sup>40</sup> verwendet. Eine ausführliche Übersicht über weitere vorhandene Prozessmodelle ist bei MEBOLDT<sup>41</sup> oder NAGEL<sup>42</sup> zu finden. An all diesen Modellen kritisiert ALBERS vor allem deren Starrheit und ihre mangelnde Reaktionsfähigkeit im Umgang mit der Komplexität realer Entwicklungsprozesse. Ausgehend davon formuliert ALBERS seine fünf Hypothesen über die Produktentstehung<sup>43</sup> (siehe Kapitel 2.1.6) und leitete daraus das integrierte Produktentstehungsmodell<sup>44</sup> (iPeM) ab (siehe Kapitel 2.1.7).

#### **2.1.4 Systemtheorie und Systeme der Produktentstehung**

Das Systemdenken ist ein wichtiger Bestandteil des Systems Engineering Ansatzes. Es ist eine Denkweise zum Verständnis und zur Gestaltung komplexer Systeme.<sup>45</sup>

---

<sup>34</sup> Ebd. S.131

<sup>35</sup> Ebd. S.132

<sup>36</sup> Ebd. S.132f

<sup>37</sup> Müller, Praß, and Beitz (1992)

<sup>38</sup> Cooper (2002), S.128ff.

<sup>39</sup> Vgl. VDI-2220 (1980) und VDI-2221 (1993)

<sup>40</sup> Ehrlenspiel (2009), S 302ff.

<sup>41</sup> Meboldt (2008), S.31ff

<sup>42</sup> Nagel et al. (2002), S.46

<sup>43</sup> Albers (2010)

<sup>44</sup> Albers and Braun (2011b)

<sup>45</sup> Haberkellner et al. (2012), S.33

Bereits in der griechischen Antike wurde diese Denkweise verwendet und im Laufe der Jahrhunderte und -tausende weiter entwickelt.<sup>46</sup> Ab Anfang des 20. Jahrhundert wurde das Potential des Systemdenkens zur Integration bestehender Wissenschaftsdisziplinen und somit zum Weiterausbau der Systemtheorie sowie zur Entwicklung weiterer Theorien erkannt. So gründete VON BERTALANFFY daraufhin die allgemeine Systemtheorie, die eine der wichtigsten Vorarbeiten des heutigen Systemverständnisses darstellt.<sup>47</sup> ROPOHL entwickelte 1979 erstmals die „Systemtheorie der Technik“, die der Erklärung, des Verstehens und der Entscheidung, der Beschreibung, der Beurteilung und der Bewertung von Technik dient.<sup>48</sup> Er definiert den Systembegriff durch drei Aspekte:

- Das funktionale Systemkonzept: In einer „Black Box“-Betrachtung hat ein System einen Input aus der Systemumgebung, einen Zustand und einen Output zurück in die Systemumgebung (siehe Abbildung 6, links).<sup>49</sup>
- Das strukturelle Systemkonzept: Jedes System besteht aus Elementen, die in Relation zueinander stehen. Die Anzahl der Elemente und Relationen in einem System ist ein Maß für seine Komplexität (siehe Abbildung 6, Mitte).<sup>50</sup>
- Das hierarchische Systemkonzept: Ein System kann andere untergeordnete Systeme (Subsysteme) haben oder selbst in ein übergeordnetes System (Supersystem) eingebettet sein (siehe Abbildung 6, rechts).<sup>51</sup>

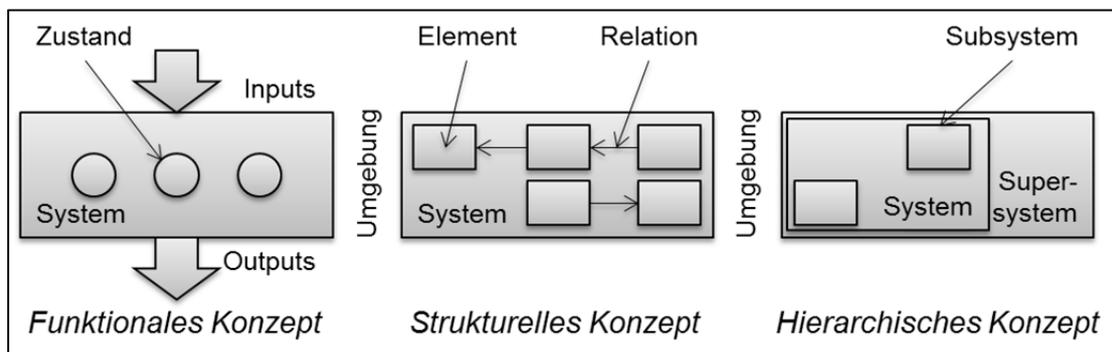


Abbildung 6: Konzepte der Systemtheorie nach ROPOHL<sup>52</sup>

<sup>46</sup> Oerding (2009), S.31f.

<sup>47</sup> von Bertalanffy (1948) nachgedruckt in Bleicher (1972), S.29ff.

<sup>48</sup> Ropohl (1979)

<sup>49</sup> Ropohl (2009), S.75

<sup>50</sup> Ebd.

<sup>51</sup> Ebd. S.77

<sup>52</sup> Eigene Darstellung nach Ebd. S.76

ROPOHL bezeichnet das System der Produktentstehung als „soziotechnisch“ und begründet dies mit zwei Argumenten: (a) Die Technik entsteht innerhalb natürlicher Rahmenbedingungen aus menschlichem Handeln und (b) die Technik hat immer bestimmte Folgen für das natürliche Ökosystem und die menschlichen Lebensformen.<sup>53</sup> Oft wird das System der Produktentstehung in die Subsysteme Sach- (auch Objektsystem genannt), Handlungs- und Zielsystem unterteilt.<sup>54</sup> Ingenieur Tätigkeiten bestehen in der Regel darin, technische Artefakte wie z. B. Maschinen, Geräte, Apparate, Anlagen usw. hervorzubringen. All das, was der Ingenieur gestaltet, fasst ROPOHL unter dem Sachsystem zusammen. Alle dafür notwendigen Tätigkeiten spielen sich im Rahmen einer komplexen Organisation ab. Alle Maßnahmen und Einrichtungen technischer Arbeit bilden das Handlungssystem. Weiterhin orientieren sich Ingenieur Tätigkeiten an bestimmten Zielvorgaben, die teils aus dem Handlungssystem, teils aus dessen Umgebung stammen. Die Menge aller Zielvorgaben bilden das Zielsystem.<sup>55</sup> In der Systemtechnik nach PATZAK wird zwischen vier Subsystemen unterschieden, indem das Handlungssystem zusätzlich in einem Programmsystem (Projekt, Vorgehensplan, Prozess usw.) und einem Wirksystem (Organisation, Instrumente, Sachmittel usw.) unterteilt wird.<sup>56</sup>

### **2.1.5 Advanced Systems Engineering (ASE)**

Produktentstehungsprozesse sind als soziotechnische Systeme zu verstehen, die starke Wechselwirkungen zwischen Produkt und Mensch (sowohl Produktentwickler als auch Nutzer) aufweisen. Dieses systemtheoretische Verständnis soll eine ganzheitliche Betrachtung aller hierarchischen, strukturellen und funktionalen Aspekte der Produktentstehung im vollen Umfang ihrer Komplexität berücksichtigen. Die Ganzheitlichkeit steht hier im Vordergrund. Ausgehend von der allgemeinen Modelltheorie werden im Gegensatz dazu verschiedenste Modelle entwickelt und eingesetzt mit dem Ziel, die komplexe Realität der Produktentstehung subjektiv zu verkürzen und somit zu einem zweckorientierten Erkenntnisgewinn zu gelangen. Die Reduktion bzw. die Anwendbarkeit steht hier im Vordergrund. Demzufolge stehen die Systemtheorie und die Modelltheorie in einem Widerspruch zueinander (Ganzheitlichkeit vs. Reduktion). ALBERS fordert eine menschenzentrierte Konstruktions- und Entwicklungsmethodik, die den heutigen Herausforderungen in der Produktentstehung gewachsen ist und die Stärken der Systemtheorie und der

---

<sup>53</sup> Ropohl (2009), S.43f.

<sup>54</sup> Vgl. Ropohl (1975); Ehrlenspiel (1995); VDI-3790 (2000); Meboldt (2008); (Ropohl 2009); Albers and Braun (2011a)

<sup>55</sup> Ropohl (1975), S.32f.

<sup>56</sup> Patzak (1982), S.30

Modelltheorie zu Nutze macht.<sup>57</sup> Für eine ganzheitlich-systemische und reduziert-modellhafte Betrachtung der Produktentstehung werden menschenzentrierte Modelle benötigt, die *„Komplexität und Unsicherheit in Produktentstehungsprozessen zulassen, kontinuierliche Wissensgewinnung und iterative Zielklärung berücksichtigen, wissenschaftliche und künstlerische Lösungsfindung kombinieren und in denen nicht zuletzt die Entwickler sich und ihre Tätigkeiten wiederfinden“*<sup>58</sup>. Eine Möglichkeit besteht z. B. in der Entwicklung und Verwendung durchgängiger Modelle, die gemeinsam ein System bilden, das in seiner Ganzheit ein Bindeglied zwischen Ganzheitlichkeit und Anwendbarkeit darstellt (siehe Abbildung 7). Beispiele für diese Ansätze sind der X-in-the-Loop Ansatz<sup>59</sup>, das erweiterte ZHO-Modell (die sog. liegende Acht)<sup>60</sup> oder die Verwendung der Systems Modeling Language (SysML) als Grundlage der integrativen Produkt- und Produktionssystemkonzipierung<sup>61</sup>.

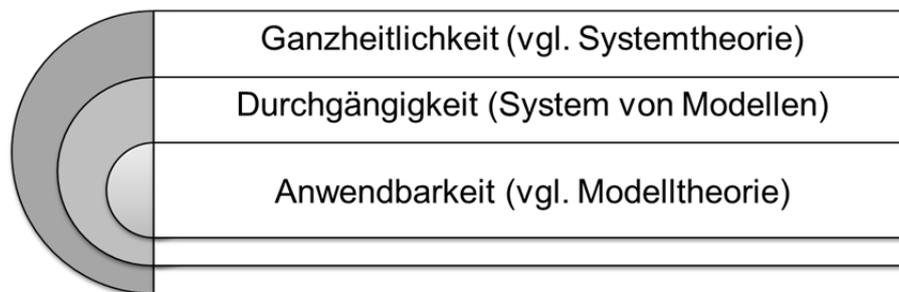


Abbildung 7: Durchgängigkeit als Bindeglied zwischen Ganzheitlichkeit und Anwendbarkeit<sup>62</sup>

### 2.1.6 Die fünf Grundhypothesen der Produktentstehung nach Albers

Basierend auf seinen langjährigen Erfahrungen in der Erforschung und Durchführung von zahlreichen Entwicklungs- und Forschungsprojekten formulierte ALBERS die fünf zentralen Hypothesen der Produktentstehung, worauf sich das integrierte Produktentstehungsmodell (iPeM) aufbaut<sup>63</sup>. Diese werden im Folgenden erläutert.

#### 2.1.6.1 Erste Hypothese: Einzigartigkeit von Produktentstehungsprozessen

*„Jeder Produktentstehungsprozess ist einzigartig und individuell.“*<sup>64</sup>

<sup>57</sup> Albers and Lohmeyer (2012)

<sup>58</sup> Lohmeyer (2013), S.3

<sup>59</sup> Vgl. Albers, Geier, and Merkel (2011); Albers et al. (2013)

<sup>60</sup> Vgl. Lohmeyer (2013)

<sup>61</sup> Albers and Zingel (2011); Zingel et al. (2012)

<sup>62</sup> Albers and Lohmeyer (2012)

<sup>63</sup> Albers and Braun (2011b)

<sup>64</sup> Albers (2010)

Kein Produktentstehungsprozess wird je exakt gleich wiederholt. Dies ist damit zu erklären, dass andere Zielsetzungen und Randbedingungen, unvorhergesehene Schwierigkeiten und veränderte Handlungssysteme immer zu einem einzigartigen Verlauf eines Produktentstehungsprozesses führen. Im Allgemeinen ähneln sich zwar die Grundelemente eines Produktentstehungsprozessmodells in jedem Prozess; jedoch sind die Ausprägungen dieser Elemente und ihre Beziehungen untereinander von Prozess zu Prozess immer einzigartig.

#### 2.1.6.2 Zweite Hypothese: System der Produktentstehung

*„Auf den Grundlagen der Systemtheorie lässt sich eine Produktentstehung als die Überführung eines (anfangs vagen) Zielsystems in ein konkretes Objektsystem durch ein Handlungssystem beschreiben“.*<sup>65</sup>

Das *Handlungssystem* ist ein sozio-technisches System, das aus strukturierten Aktivitäten, Methoden und Prozessen aufgebaut ist. Es beinhaltet alle für die Realisierung einer Produktentstehung notwendigen Ressourcen (Personen, Budget, Ausstattung etc.). Es erstellt sowohl ein Ziel- als auch ein Objektsystem und verbindet diese.

Das *Zielsystem* umfasst alle geplanten Eigenschaften eines Produkts, alle dafür notwendigen Restriktionen und deren Abhängigkeiten und Randbedingungen. Die beinhalteten Ziele beschreiben dabei den gewünschten zukünftigen Zustand eines Produkts und dessen Kontext; jedoch nicht die Lösung. Das Zielsystem wird im Verlauf des Produktentstehungsprozesses fortlaufend erweitert und konkretisiert.

Das *Objektsystem* enthält alle Artefakte, die als Teillösungen während des Entstehungsprozesses anfallen und die dazugehörigen Dokumente. Neben dem eigentlichen Endprodukt sind Zwischenprodukte wie z. B. Zeichnungen, Prototypen oder Projektpläne Elemente des Objektsystems.<sup>66</sup>

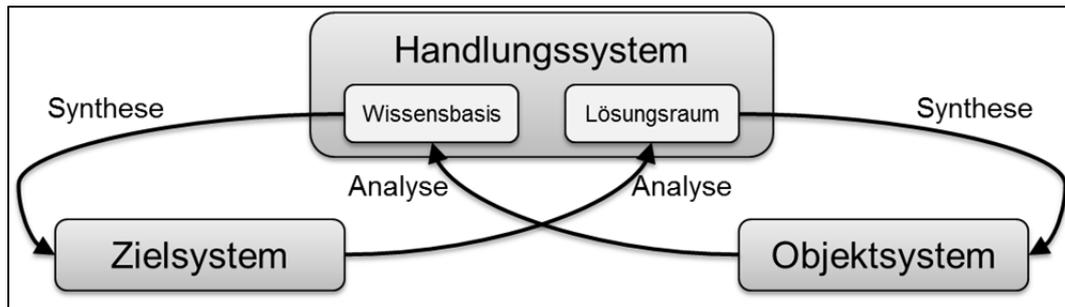
Durch alternierende Schritte der Analyse und Synthese behandelt das Handlungssystem Teile des Objektsystems bzw. des Zielsystems und leitet daraus neue Ziele bzw. neue Objekte ab (siehe Abbildung 8).<sup>67</sup>

---

<sup>65</sup> Albers (2010)

<sup>66</sup> Albers and Braun (2011a)

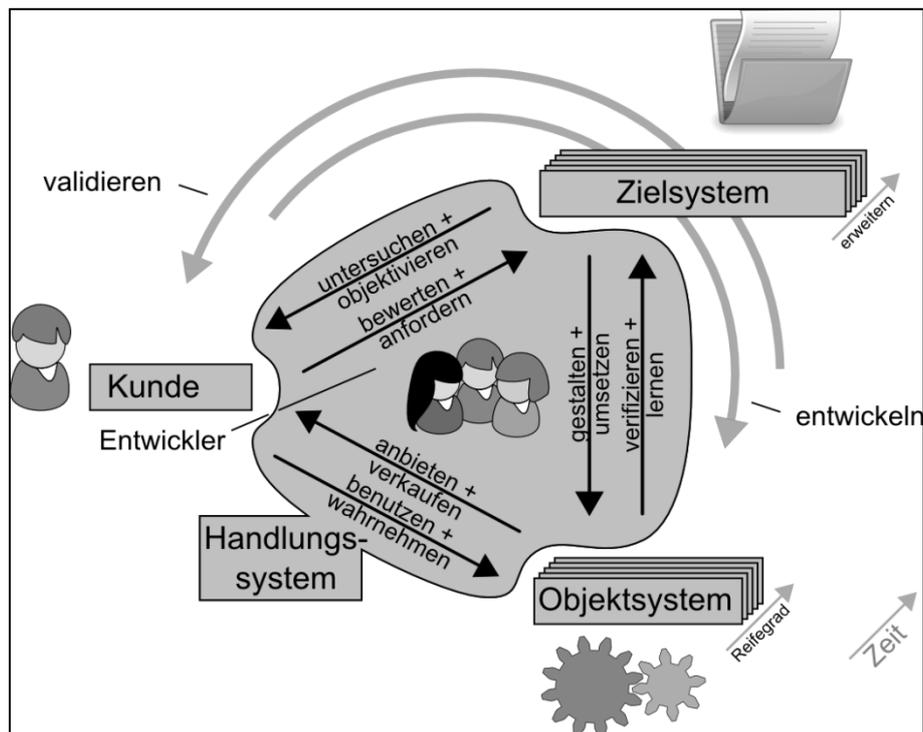
<sup>67</sup> Lohmeyer (2013)

Abbildung 8: System der Produktentstehung<sup>68</sup>

### 2.1.6.3 Dritte Hypothese: Validierung

„Die Validierung ist die zentrale Aktivität im Produktentstehungsprozess.“<sup>69</sup>

Neben der Synthese ist die Validierung die zentrale Aktivität im Produktentstehungsprozess. In ihr wird die Erreichung des Zielsystems kontinuierlich gemessen. Sie zeigt neue Randbedingungen auf und ermöglicht damit die Ableitung neuer Ziele. Dadurch entsteht neues Wissen, das eine Schärfung des Zielsystems und somit einen Fortschritt im Produktentstehungsprozess ermöglicht (siehe Abbildung 9).

Abbildung 9: Zentrale Aktivitäten: Synthese und Validierung<sup>70</sup>

<sup>68</sup> Albers, Ebel, and Lohmeyer (2012)

<sup>69</sup> Albers (2010)

<sup>70</sup> ; Geier et al. (2012)

2.1.6.4 Vierte Hypothese: Zielbeschreibung in der Problemlösung

*„Die Transformation von Zielen in Objekte kann als Problemlösungsprozess betrachtet werden.“<sup>71</sup>*

In einer Produktentstehung wird ein vorhandener Ist-Zustand in einen geplanten Soll-Zustand überführt. Diese Abweichung zwischen dem Ist- und Soll-Zustand kann beliebig komplex sein. Dabei können z. B. der Lösungsweg, die Mittel oder beide unklar sein. Noch schwieriger ist es, wenn der Soll-Zustand selbst unklar ist. In der Produktentstehung handelt es sich bei Soll-Zuständen meistens um geforderte Ziele und funktions- und gestaltbestimmend Informationselemente des gewünschten Produktes (siehe Abbildung 10).

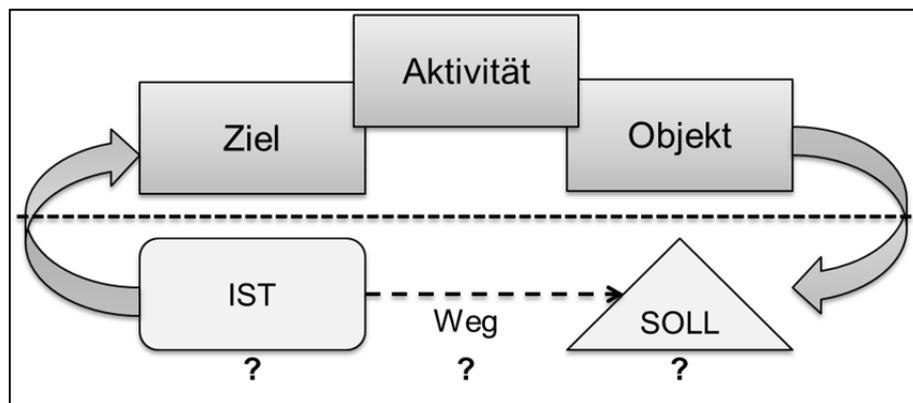


Abbildung 10: Transformation von Zielen in Objekte im Problemlösungsprozess<sup>72</sup>

2.1.6.5 Fünfte Hypothese: Beschreibung von Funktionen

*„Die Beschreibung einer technischen Funktion benötigt immer mindestens zwei Wirkflächenpaare und die sie verbindenden Leitstützstrukturen sowie zwei Konnektoren. Ein System kann seine Funktion(en) nur in Wechselwirkung mit seiner Umgebung erfüllen – ein Bauteil allein hat keine Funktion.“<sup>73</sup>*

Basierend auf dem von ALBERS entwickelten Contact & Channel Ansatz (C&C<sup>2</sup>-A)<sup>74</sup> kann ein Zusammenhang zwischen Funktion und Gestalt durchgängig dargestellt werden. Dadurch wird die Analyse und Synthese technischer Systeme strukturiert und erheblich verbessert. Ein Contact & Channel Modell (C&C<sup>2</sup>-M) beschreibt technische Systeme mit Hilfe der Grundelemente „Wirkflächen“ (engl.: Contact) und „Leitstützstrukturen“ (engl.: Channel). Wirkflächenpaare werden „aus genau zwei Wirkflächen gebildet, die zeitweise, ganz oder teilweise, in Kontakt stehen und

<sup>71</sup> Albers (2010)

<sup>72</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an Nagel et al. (2002) und Lohmeyer (2013)

<sup>73</sup> Albers (2010); Albers, Sadowski, and Marxen (2011); Albers and Sadowski (2013)

<sup>74</sup> Matthiesen (2002); Albers and Sadowski (2013)

zwischen denen Energie, Stoff und Information übertragen wird.“<sup>75</sup> Leitstützstrukturen sind „Volumina von Körpern, Flüssigkeiten, Gasen oder felddurchsetzte Räume, die genau zwei Wirkflächenpaare verbinden und dauernd oder zeitweise eine Leitung von Energie, Stoff oder Information zwischen den Wirkflächen eines Körpers, einer Flüssigkeit, eines Gases oder eines Feldes ermöglichen.“<sup>76</sup> Konnektoren beschreiben alle Einflussgrößen, Parameter, Randbedingungen und deren Vernetzung für die an der Grenze des Systems vorhandenen Wirkflächen.<sup>77</sup> Für die Beschreibung einer technischen Funktion werden immer mindestens zwei Wirkflächenpaare und die sie verbindenden Leitstützstrukturen sowie zwei Konnektoren benötigt (siehe Abbildung 11).

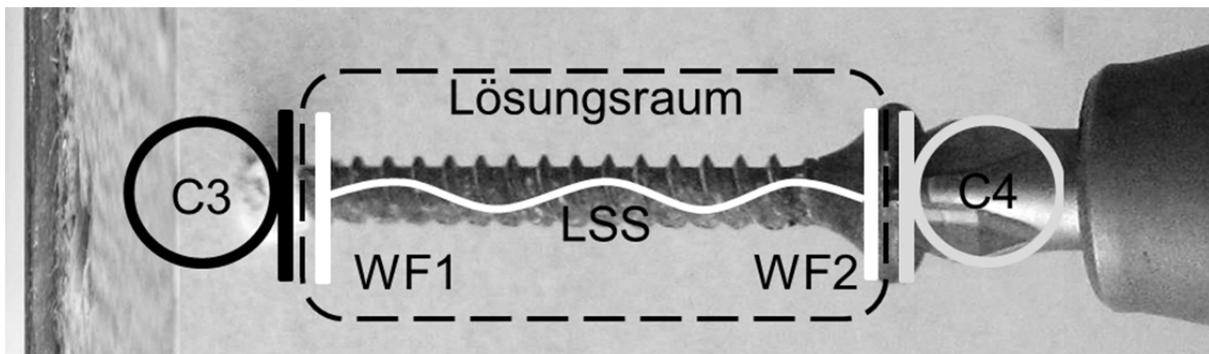


Abbildung 11: ein vereinfachtes Contact & Channel Modell<sup>78</sup>

### 2.1.7 Das integrierte Produktentstehungsmodell (iPeM)

Basierend auf den fünf Grundhypothesen der Produktentstehung (siehe Kapitel 2.1.6) leitet ALBERS das integrierte Produktentstehungsmodell (iPeM) ab<sup>79</sup>. Entsprechend der Prinzipien des Advanced Systems Engineering (siehe Kapitel 2.1.5) ist das iPeM ein menschenzentriertes Beschreibungsmodell, das sich gleichzeitig die Stärken der Systemtheorie und der Modelltheorie zu Nutze macht, um mit der Komplexität heutiger Produktentstehungsprozesse umzugehen. Das Modell umfasst ein Ziel-, ein Handlungs- sowie ein Objektsystem (siehe 2. Hypothese nach ALBERS). Das Handlungssystem wird in einen statischen Teil (Aktivitätenmatrix, siehe Abbildung 12, links) und einen dynamischen Teil (Ressourcensystem und Phasenmodell, siehe Abbildung 12, rechts) unterteilt. Die Aktivitätenmatrix enthält die zehn Aktivitäten der Produktentstehung. Jede Aktivität der Produktentstehung wird als Transformation von Zielen in Objekte betrachtet (siehe 3. Hypothese nach

<sup>75</sup> Ebd. S.50

<sup>76</sup> Ebd. S.51

<sup>77</sup> Alink (2010) S.182

<sup>78</sup> Albers and Sadowski (2013) S.11

<sup>79</sup> Albers and Braun (2011b)

ALBERS) und deshalb als Problemlösungsprozess angesehen. Als Problemlösungsprozess wird SPALTEN verwendet. Ein mal gestartet, müssen alle Aktivitäten des Problemlösungsprozesses SPALTEN durchgeführt werden. Zusammen spannen die zehn Aktivitäten der Produktentstehung und die sieben Aktivitäten des Problemlösungsprozesses SPALTEN eine Matrix auf, an deren Struktur sich Entwickler im Prozess jederzeit orientieren können (Entwicklerunterstützung). Das Ressourcensystem enthält, wie der Name schon sagt, alle zur Überführung des Zielsystems in ein Objektsystem notwendigen Ressourcen (Menschen, Mittel, Material, Maschinen usw.). Durch die Abbildung der Aktivitäten auf einer Zeitachse entsteht ein Phasenmodell, dessen Darstellung einem Gantt-Diagramm ähnelt. Somit kann das iPeM sowohl für das Management des Produktentstehungsprozess als auch für die Entwicklerunterstützung eingesetzt werden.<sup>80</sup>

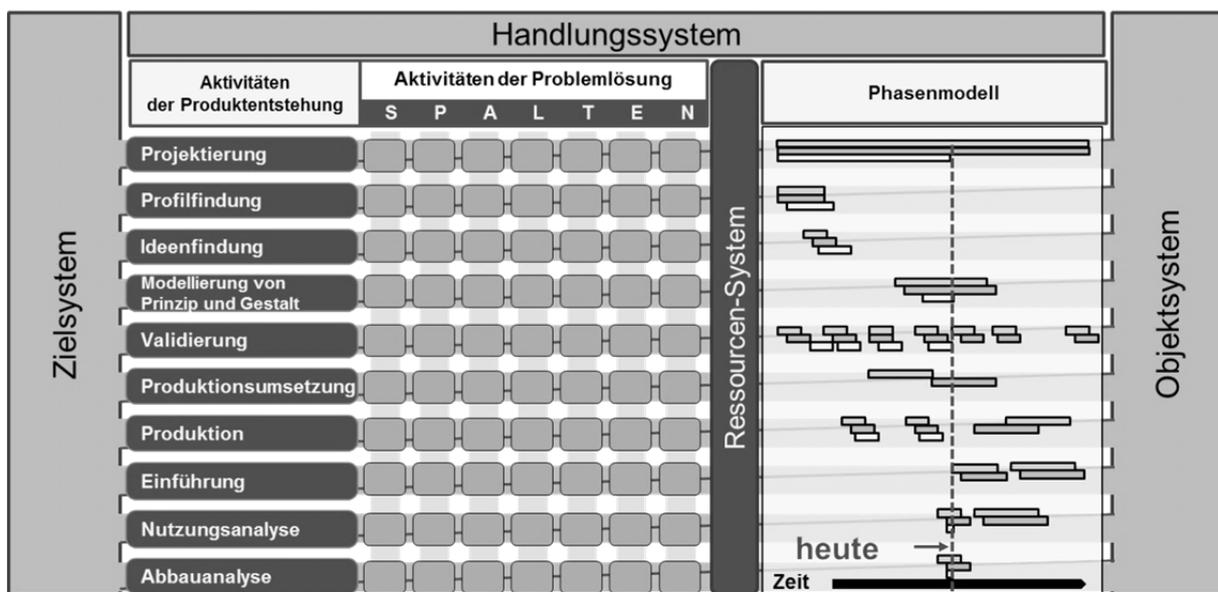


Abbildung 12: Das integrierte Produktentstehungsmodell (iPeM) nach ALBERS<sup>81</sup>

Über die Trennung von Aktivitäten und Phasen ermöglicht das iPeM den Umgang mit der Einzigartigkeit von Produktentstehungsprozessen (siehe 1. Hypothese nach ALBERS). Im iPeM können je nach Modellzweck sowohl Referenz-, Implementierungs- als auch Anwendungsmodelle abgebildet werden. Referenzmodelle erfüllen den Zweck der Wiederverwendbarkeit von Prozesswissen dadurch, dass sie unternehmensspezifische Muster von Prozessen beschreiben. Diese bilden eine wichtige Grundlage für die Erstellung von Implementierungsmodellen, die wiederum der produktspezifischen Planung von Entwicklungsprozessen dienen.

<sup>80</sup> Vgl. Meboldt (2008); Albers (2010); Albers and Braun (2011a)

<sup>81</sup> Albers (2010)

Anwendungsmodelle zeigen die tatsächlichen Prozessabläufe.<sup>82</sup> Die Analyse dieser Modelle nach Abschluss einer Produktentwicklung ermöglicht die Erweiterung bestehender Referenzprozesse um neu gewonnene Erfahrungen. Wissen und Erfahrung werden ausschließlich im dynamischen Teil des iPeM generiert. Diese wird je nach Art im Zielsystem (Wissen betreffend Ziele, Randbedingungen usw.), im Objektsystem (Wissen betreffend Produkt) oder im statischen Teil des iPeM (Wissen betreffend Methoden, Vorgehensweisen usw.) gespeichert.

### 2.1.8 Ingenieur, Entwickler, Konstrukteur

Die Begriffe Ingenieur, Entwickler, Konstrukteur werden sowohl in der Öffentlichkeit als auch im wissenschaftlichen Kontext teils unterschiedlich teils als synonyme verwendet. Aus diesem Grund wurde von der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech) eine Studie zu Berufsbild des „Konstruktors“ erstellt und Empfehlungen zur Definition dieser Begriffe vorgeschlagen (siehe Abbildung 13). ALBERS ET AL. unterscheiden in diese Studie zwischen dem Systemkonstrukteur, dessen Fokus auf der Synthese liegt und dem Validierungsingenieur, dessen Fokus auf der Analyse liegt. Der Systemkonstrukteur „[...] kennt und berücksichtigt [bei der Synthese eines Systems dessen] Wechselwirkungen mit Sub- und Supersystemen.“ Der Validierungsingenieur kennt und „[...] prüft [bei der Analyse eines Systems] die Wechselwirkungen mit den Sub- und Supersystemen. Beide bilden die Gruppe der Entwicklungsingenieure“<sup>83</sup>. Diese Unterscheidung bedeutet aber nicht, dass ein Systemkonstrukteur ausschließlich synthetisierend und ein Validierungsingenieur ausschließlich analysierend tätig ist. Der Fokus liegt auf die Systemkonstruktoren. Auch wenn manchmal der Oberbegriff Entwicklungsingenieur verwendet wird, ist damit stets Systemkonstrukteur gemeint.

---

<sup>82</sup> Meboldt (2008), S.200

<sup>83</sup> Albers, Denkena, and Matthiesen (2012); acatech (2012)

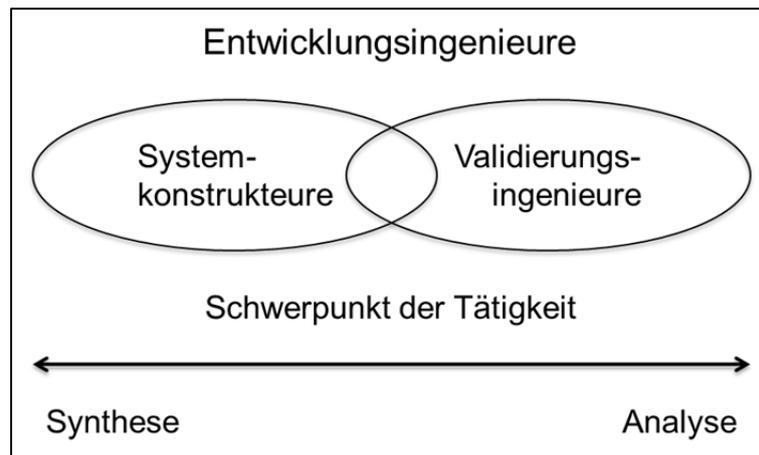


Abbildung 13: Systemkonstrukteur (v.a. synthetisierend tätig) und Validierungsingenieur (v.a. analysierend tätig) bilden die Gruppe der Entwicklungsingenieure<sup>84</sup>

### 2.1.9 Karlsruher Lehrmodell der Produktentwicklung (KaLeP)

Da die in dieser Arbeit durchgeführten Studien unter anderem mit Studierenden des Maschinenbaus durchgeführt wurden, wird für das bessere Verständnis das Karlsruher Lehrmodell der Produktentwicklung (KaLeP) kurz erläutert. Als Antwort auf die kontinuierlich steigende Erwartungshaltung der Industrie an einen Hochschulabsolventen des Ingenieurwesens wurde dieses Lehrmodell entwickelt, eingeführt und ständig verbessert.<sup>85</sup> Das KaLeP setzt sich aus drei Elementen zusammen, die aufeinander aufbauen und unterschiedliche Aspekte der Produktentwicklung fokussieren: Systeme, Methoden und Prozesse. Diese Aspekte werden in diversen Lehrveranstaltungen Lehrveranstaltungen wie z. B. Maschinenkonstruktionslehre (MKL), Produktentstehung (PE) oder Integrierte Produktentwicklung (IP) (siehe Tabelle 2) jeweils mit einem unterschiedlichen Fokus adressiert.<sup>86</sup>

<sup>84</sup> acatech (2012) S.13

<sup>85</sup> Vgl. Albers and Burkardt (1998); Albers, Burkardt, and Matthiesen (2001); Albers, Burkardt, et al. (2009)

<sup>86</sup> Albers, Burkardt, et al. (2009)

Tabelle 2: Elemente des Karlsruher Lehrmodells für Produktentwicklung<sup>87</sup>

	<b>Systeme</b>	<b>Methoden</b>	<b>Prozesse</b>
<b>Name der Lehrveranstaltung</b>	Maschinen-konstruktionslehre	Produktentstehung Entwicklungsmethodik	Integrierte Produktentwicklung
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung Übung Projektarbeit	Vorlesung Übung	Vorlesung Übung Projektarbeit
<b>Grad der Vermittlung von Schlüssel-kompetenzen</b>	Hoch	Mittel	Sehr hoch
<b>Kursinhalte (Beispiele)</b>	Teamarbeit Selbstorganisation Kommunikation Ideentransfer	Methodenkompetenzen Kreativitätstechniken	Führung Teamentwicklung Projektmanagement Präsentationstechniken Moderationstechniken

Weiterhin ist KaLeP ein wichtiges Instrument zur Flexibilisierung traditioneller Lehr- und Lernformen. Es unterstützt z. B. das Prinzip der forschenden Lehre dadurch, dass dieses Modell einen Rahmen für eine erste Evaluierung von Forschungsergebnisse bietet und das Prinzip der lehrenden Forschung dadurch, dass aktuelle Ergebnisse aus der Forschung direkt in die Lehrinhalte einfließen. So werden Lehre und Forschung stärker vernetzt.

#### 2.1.9.1 Maschinenkonstruktionslehre (MKL)

Im Fach Maschinenkonstruktionslehre befasst sich die Vorlesung hauptsächlich mit der Vermittlung theoretischer Inhalte. Die Übung konzentriert sich auf die Anwendung der Theorie auf konkrete Fälle. In der Projektarbeit müssen die Studierenden ab dem zweiten Semester eine durchgängige und immer komplexer werdende Konstruktionsaufgabe mit Projektcharakter in Teams von fünf Mitgliedern lösen, so dass die Studenten Kompetenz aufbauen können und nach und nach mit komplexeren Maschinen zusammenarbeiten können. Durchgängige Workshops stellen Meilensteine in der Projektarbeit dar, die von Institutsmitarbeitern und wissenschaftlichen Hilfskräften betreut werden. Jeder Studierende erhält ein individuelles Feedback bezüglich seiner Arbeitsleistung und der Entwicklung seiner Kompetenzen. Diese werden in fünf Kompetenzbereiche unterteilt: Fachkompetenz,

<sup>87</sup> Albers, Burkardt, et al. (2009)

Methoden- und Sozialkompetenz, sowie Kreativitäts- und Elaborationspotential (Siehe Tabelle 3).<sup>88</sup>

Tabelle 3: Kompetenzbereiche des Karlsruher Lehrmodells für Produktentwicklung<sup>89</sup>

<b>1 Fachkompetenz</b>	Mathematik, technische Mechanik, Maschinenelemente, Informationstechnik usw.
<b>2 Methodenkompetenz</b>	Konstruktionsmethodik, FMEA, QFD, DOE, Statistik, CAD usw.
<b>3 Sozialkompetenz</b>	Persönliche Arbeitstechniken, Kommunikation und Teamfähigkeit, Visualisierungsfähigkeiten, Präsentationsfähigkeiten, Führungsqualitäten usw.
<b>4 Elaborationspotential</b>	Kundenorientierung, Kostenbewusstsein, systematische Arbeitsansätze, Entscheidungsfähigkeit usw.
<b>5 Kreativitätspotential</b>	Kreativitätstechniken, Mut zu neuartigen Lösungen, Sicherheitsdenken ablegen usw.

### 2.1.9.2 Kreativitätswolke

Die Kreativitätswolke ist ein Bestandteil der Prüfung im Fach Maschinenkonstruktionslehre, um den Kreativitätspotenzial bei den Studierende zu prüfen. Sie besteht aus einer teilweise verdeckten Skizze, bei der die Studierenden für den nicht sichtbaren Bereich einen Lösungsansatz zur Realisierung der geforderten Funktion entwickeln sollten<sup>90</sup>. Bei der Kreativitätswolke wird zunächst nicht detailliert gezeichnet, sondern nur eine vereinfachte Darstellung angefertigt, da in diesem Stadium nur ein Lösungsprinzip gefragt ist. Beispiele für die Kreativitätswolke-Übung sind in Abbildung 14 zu finden.

<sup>88</sup> Albers, Burkardt, et al. (2009)

<sup>89</sup> Albers, Burkardt, et al. (2009)

<sup>90</sup> Albers, Burkardt, and Becke (2012)

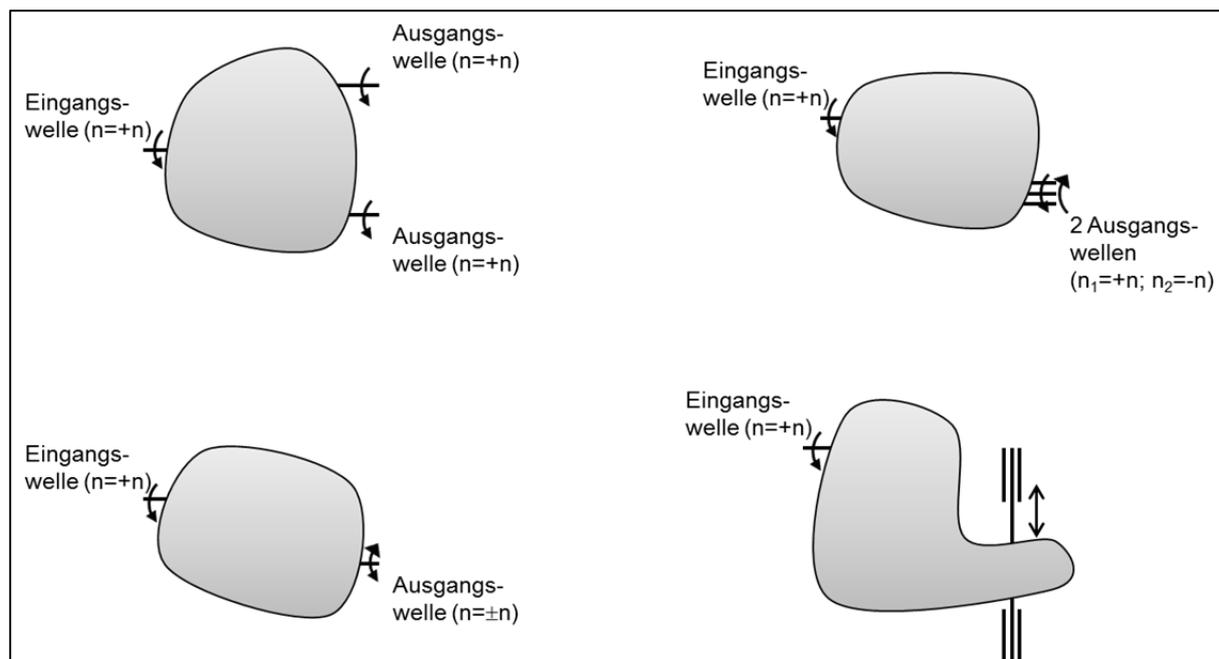


Abbildung 14: Beispiele für Kreativitätswolke-Übungen

## 2.2 Wissen

Der Begriff „Wissen“ war ursprünglich Gegenstand der Erkenntnistheorie (Teilgebiet der Philosophie) und wird in den vielen Domänen der Wissenschaft unterschiedlich definiert und interpretiert. Zunächst wird dieser Begriff unter Heranziehung anderer Autoren diskutiert und erläutert. Anschließend werden die Dimensionen von Wissen und sein Stellenwert in der Produktentwicklung dargestellt. Abschließend wird der Wissensbegriff für die Arbeit definiert und ein Fazit gebildet.

### 2.2.1 Begriffsdefinition

Für den Begriff „Wissen“ gibt es verschiedene Auffassungen und Definitionen. Unterschiedliche Disziplinen wie z. B. Philosophie, Informatik oder Ingenieurwissenschaften beschäftigen sich mit diesem Begriff und verfolgen dabei voneinander abweichende Interessen. Deshalb wird dieser Begriff in den verschiedenen Disziplinen unter verschiedenen Schwerpunkten betrachtet. Der BROCKHAUS definiert „Wissen“ als *„Bezeichnung für ein in Individuen, Gruppen und sonstigen Kollektiven vorhandenes kognitives Schema, das, an der Erfahrung orientiert, die Handhabung von Sachverhalten, Situationen sowie den Bezug zur Umwelt auf eine zumindest angenommene zuverlässige Basis von Informationen und Regeln gründet, die sich ihrerseits anhand der Kriterien Prüfbarkeit, Nachvollziehbarkeit und Begründbarkeit bestimmen lassen.“*<sup>91</sup>

<sup>91</sup> Brockhaus (2013)

2.2.1.1 Wissen als vernetzte Information

Eine weit verbreitete Definitionsform von Wissen in den Wirtschaftswissenschaften und den angrenzenden Gebieten (z. B. Ingenieurwissenschaften) ist seine Abgrenzung zu wissensnahen Begriffen wie z. B. Zeichen, Daten und Informationen. Oft wird hierfür die Wissenstreppe nach NORTH verwendet, um die unterschiedlichen Begriffe zu erläutern (siehe Abbildung 15).

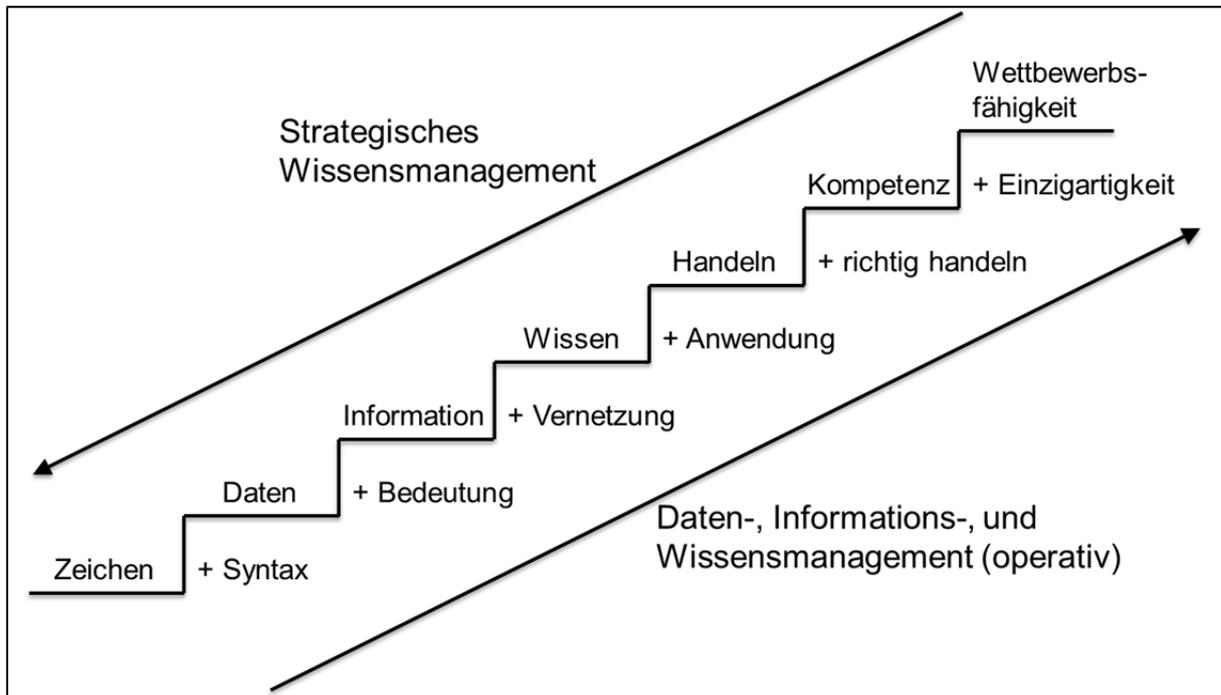


Abbildung 15: Die Wissenstreppe nach NORTH<sup>92</sup>

Auf der untersten Ebene der Wissenstreppe befinden sich die *Zeichen*. Diese können einzelne Buchstaben, Ziffern, Sonderzeichen oder Ähnliches sein (Beispiel: „1“, „5“, „m“, ...). Durch syntaktische Regeln können Zeichen aneinander gereiht werden und bilden somit *Daten* (Beispiel: 15 mm). Diese sind immer noch nicht interpretierbar. Erst wenn Daten eine Bedeutung gegeben wird, werden sie *Informationen* genannt (Beispiel: Der Mindestwellendurchmesser beträgt 15 mm). Informationen sind für jeden wertlos, der sie nicht mit aktuellen oder früher gespeicherten Informationen vernetzen kann. Für NORTH ist *Wissen* der Prozess der zweckdienlichen Vernetzung von Informationen. NORTH definiert 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

<sup>92</sup> North (2011), S.36

*individueller Prozess in einem spezifischen Kontext und manifestiert sich in Handlungen.*<sup>93</sup> Diese Definition charakterisiert Wissen als Abgrenzung von Zeichen, Daten und Information und vertritt die Auffassung von Wissen als vernetzte Information. Diese Auffassung ist für Domänen wie die Informatik besonders interessant, da sie die Entwicklung von Wissen durch sukzessive Ergänzung von Metadaten aus Zeichen, Daten und Information erlaubt.

### 2.2.1.2 Wissen als Entscheidungs-, Problemlösungs- und Handlungsfähigkeit

Ähnlich wie NORTH unterscheidet auch PROBST zwischen Zeichen, Daten, Information und Wissen (siehe Abbildung 16) und hebt die Auffassung von Wissen als Entscheidungs-, Problemlösungs- und Handlungsfähigkeit noch stärker hervor.

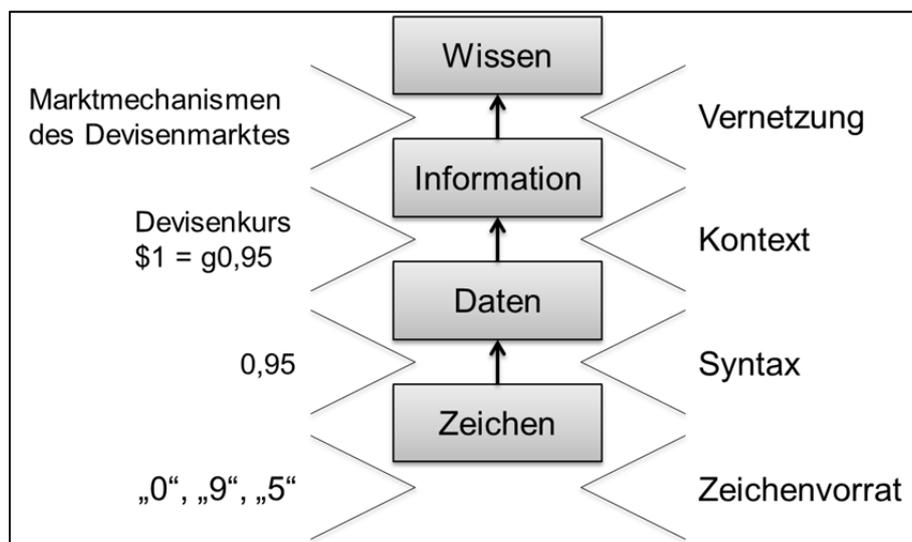


Abbildung 16: Die Beziehungen zwischen den Ebenen der Begriffshierarchie<sup>94</sup>

PROBST meidet eine strenge Trennung von Daten, Informationen und Wissen und beschreibt ein Kontinuum zwischen den Polen Daten und Wissen. Er definiert Wissen wie folgt: *„Wissen bezeichnet die Gesamtheit der Kenntnisse und Fähigkeiten, die Individuen 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. Es wird von Individuen konstruiert und repräsentiert deren Erwartungen über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge.“*<sup>95</sup> Informationen werden im Aneignungsprozess von Menschen

<sup>93</sup> North (2011), S.37

<sup>94</sup> Vgl. Probst and Romhardt (2010), S.16

<sup>95</sup> Probst and Romhardt (2010), S.23

wieder zu Wissen<sup>96</sup>. STEHR definiert Wissen als Fähigkeit zum Handeln<sup>97</sup>. Die Personengebundenheit des Wissens ist typisch für dieses Wissensverständnis<sup>98</sup>.

### 2.2.1.3 Wissen als Rohstoff zur Bildung von Information

Eine weitere Auffassung von Wissen stellt Wissen als Rohstoff zur Bildung von Information dar. KUHLEN bezeichnet Wissen als „*Rohzustand*“, aus dem „*Information für aktuelle Problemlösungen erarbeitet*“ werden kann.<sup>99</sup> Information ist der aktivierte erarbeitete Teil von Wissen, der in konkreten Problemsituationen zur Lösung dieser Probleme zum Einsatz kommt.<sup>100</sup> Demnach kann sowohl implizites als auch explizites Wissen existieren (siehe Kapitel 2.2.2.1). KUHLEN verweist auf die Handlungsrelevanz von Information und formuliert „*Information ist Wissen in Aktion*“<sup>101</sup>. So stellt Wissen für ihn nur kognitive Strukturen oder mentale Repräsentationen dar. Dieses Verständnis von Wissen ist kompatibel mit der vorherigen Auffassung von Wissen als Entscheidungs-, Problemlösungs- und Handlungsfähigkeit und seiner Personengebundenheit.

### 2.2.1.4 Wissen als plausibel begründete Aussagen

In mancher Literatur wird die Bedeutung des Wahrheitsgehaltes für Wissen in den Vordergrund gestellt. Beispielsweise bezeichnet NONAKA Wissen als "justified true belief"<sup>102</sup>. Die Grundidee hier ist, Wissen von Glauben zu unterscheiden. Es werden also Kriterien für die Selektion dessen benötigt, was als Wissen bezeichnet werden soll. SCHREYÖGG und GEIGER schlagen folgende drei Kriterien vor<sup>103</sup>:

- Wissen muss in Form von Aussagen vorliegen.
- Die Aussagen müssen begründet sein.
- Die Begründungen müssen einem Prüfverfahren standhalten, das im jeweiligen Kontext anerkannt ist.

Dieses Begriffsverständnis kann auch auf implizites Wissen angewandt werden. Wissen muss zunächst in Form von Aussagen vorliegen und danach plausibel begründet werden. Die hier dargestellte Auffassung ist besonders für Wissensmanagementansätze und die sich daraus ergebenden Aufgaben (z. B. Prüfung, Reflexion, Selektion von Inhalten) interessant.

---

<sup>96</sup> Willke (2001), S.12; Kopp and Malik (2002)

<sup>97</sup> Stehr (2001), S.8

<sup>98</sup> Davenport and Prusak (1998)

<sup>99</sup> Kuhlen (1995), S.34

<sup>100</sup> Ebd. S.42

<sup>101</sup> Ebd. S.34

<sup>102</sup> Nonaka (1994)

<sup>103</sup> Schreyögg and Geiger (2005)

## 2.2.2 Dimensionen von Wissen

"Nur die Unterscheidung des Wissens kann Aufklärung darüber bringen, womit man es überhaupt zu tun hat"<sup>104</sup>. In der Literatur sind verschiedene Ansätze zur Kategorisierung von Wissen vorzufinden. Meistens basieren diese Kategorisierungen von Wissen auf dichotomischen Einteilungen. Dabei werden immer Artenpaare voneinander unterschieden. Schon die Philosophen des antiken Griechenlands unterteilten Wissen in praktisches Wissen, welches durch Erfahrungen entsteht, und theoretisches Wissen, welches durch Theoretisierung entsteht. ROMHARDT hat vierzig Artenpaare von Wissen aus diversen Wissenschaftsdisziplinen erwähnt.<sup>105</sup>

Tabelle 4: Dichotomische Wissenssystematisierungen nach ROMHARDT<sup>106</sup>

Dichotomien von Wissen	Dichotomien von Wissen
Allgemein relevantes Wissen / höheres Wissen	Autorisiert/nicht autorisiert
Bewahrung / Neugewinn	Codable / non-codable
Computer-resident / notcomputer resident	Declarative / procedural knowledge
Demonstrativ / intuitiv	Dictionary knowledge (what?) / directory knowledge (how?) / recipe knowledge (what should?) / axiomatic knowledge (why?)
Embedded / migratory knowledge	Formal / informal
Geheimes / offenes Wissen	Handlungsgebunden / reflexiv
Implizites / explizites Wissen	Individual / collective
Individual / group	Individual / organizational
Information / know-how	Internal / external
Kognitiv-instrumentell / moralisch-praktisch/ ästhetisch-expressiv	Kognitives (lernbereites) / normatives (nicht lernbereites) Wissen
Kommunikabel / inkommunikabel	Legitimes / illegitimes Wissen
Narratives / wissenschaftliches Wissen	Personal / public
Personales / strukturelles / juristisch geschütztes Wissen	Positivistisch / kritischreflexiv-hermeutisch (widersetzt sich der Wiederaneignung)
Practical / intellectual / small-talk and pastime / spiritual / unwanted knowledge	Praktisch / theoretisch
Product / process	Representational / action knowledge
Strukturwissen / Personenwissen / Prozeßwissen / Projektwissen / Steuerungswissen	Strenges Wissen (epistémé) / Meinungswissen (dóxa)

<sup>104</sup> Baecker (1999), S.70

<sup>105</sup> Eigene, vereinfachte Darstellung nach Romhardt (1998), S.28f.

<sup>106</sup> Ebd.

Tacit / explicit	Tacit / public
Universal / partikular	Vorgespeichertes / errechnetes Wissen
Wahres / unwahres Wissen	Wissen / Nicht-Wissen (sophrosýne)
Wissen / Gegen-Wissen	Wissen von etwas / Wissen über etwas

Die in Tabelle 4 aufgelisteten dichotomischen Wissenssystematisierungen zeigen die Vielfältigkeit der Beschreibungen von Wissen aus verschiedenen Perspektiven. Eine parallele Betrachtung aller vierzig Artenpaare ist im Allgemeinen wenig sinnvoll. Viele Dichotomien wie z. B. strenges Wissen vs. Meinungswissen sind aus erkenntnistheoretischer Sicht sinnvoll, diese sind aber innerhalb eines Wissensmanagementprozesses in einer Organisation unbedeutend. ROMHARDT fokussiert sich in seiner Arbeit auf die vier Gegensatzpaare implizites vs. explizites Wissen, individuelles vs. kollektives Wissen, internes vs. externes Wissen sowie analoges vs. digitales Wissen<sup>107</sup>. Besonders die ersten drei Gegensatzpaare sind zur Betrachtung des Forschungsgegenstandes dieser Arbeit von Interesse und werden im Folgenden näher erläutert. Ebenso werden die Dimensionen kontextbezogenes und dekontextualisiertes Wissen angesprochen.

2.2.2.1 Unterscheidung nach Explizierungsgrad: implizit vs. explizit

Oft wird in der Literatur das Gegensatzpaar implizites und explizites Wissen in Form eines Eisberges abgebildet (siehe Abbildung 17). Die Spitze, etwa zehn Prozent, des Eisberges stellt das explizite Wissen dar, das sowohl für Außenstehende als auch für den Wissensinhaber sichtbar und beschreibbar ist. Unter der Wasseroberfläche verbirgt sich das implizite Wissen, das nicht greifbar ist.

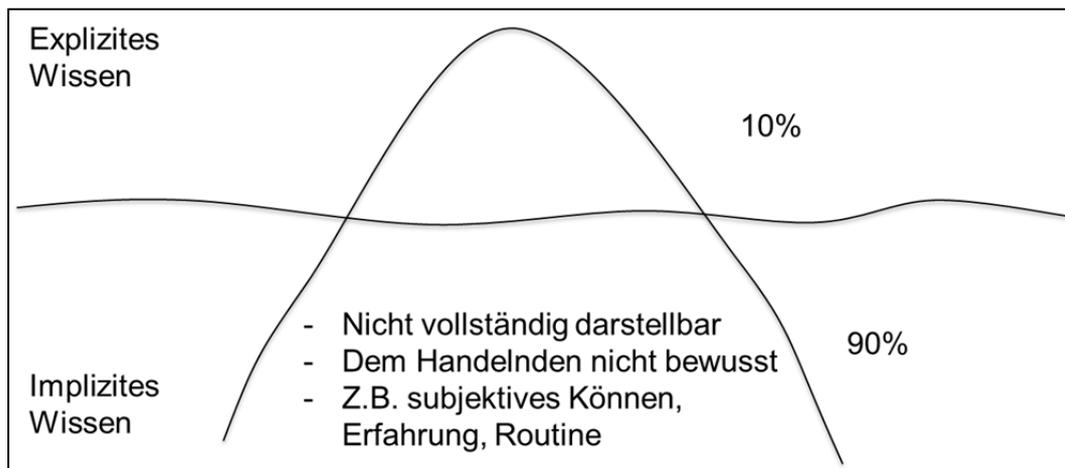


Abbildung 17: Das Verhältnis von explizitem und implizitem Wissen<sup>108</sup>

<sup>107</sup> Romhardt (1998)

<sup>108</sup> Geldermann (2006), S.320

POLANYI unterscheidet als erster Autor in seinem Buch „Personal knowledge“ aus dem Jahre 1958 zwischen implizitem und explizitem Wissen.<sup>109</sup> Dort wurde zum ersten Mal der Begriff „tacit knowledge“ verwendet, der später in der deutschen Übersetzung seines Buches „the tacit dimension“ als implizites Wissen benannt wurde.<sup>110</sup> POLANYI geht von der These aus, dass „*wir mehr wissen, als wir zu sagen wissen*“.<sup>111</sup> Dementsprechend verfügen Menschen über Wissen, das sie nicht beschreiben können. Betriebswirtschaftlich gesehen ist implizites Wissen das in den Köpfen von Mitarbeitern befindlichen Wissen, das nicht ausgedrückt werden kann. Dadurch kann es auch nicht dokumentiert und übertragen werden. Wir können laut POLANYI bekannte Gesichter unter Tausenden wiedererkennen; wir können aber nicht beschreiben, wie wir dies tun.<sup>112</sup> Dennoch ist in den Arbeiten von POLANYI keine klare Abgrenzung zwischen implizitem und expliziertem Wissen zu finden. RENZL beschreibt die explizite und implizite Dimension von Wissen bei POLANYI als „*zwei komplementäre Anteile, die jedes Wissen beinhalten*“.<sup>113</sup>

NONAKA und TAKEUCHI nutzten als Erste das POLANYI-Konzept von implizitem und explizitem Wissen im Rahmen der Organisationstheorie, um damit die kulturellen Unterschiede zwischen der japanischen und der westlichen Mentalität zu beschreiben.<sup>114</sup> Westliche Beobachter fassen „*Wissen zwangsläufig als etwas Formales, Systematisches und somit Explizites auf*“.<sup>115</sup> Explizites Wissen lässt sich in Worten und Zahlen ausdrücken und lässt sich somit problemlos mit Hilfe von Daten, wissenschaftlichen Formeln usw. weitergeben. Für japanische Unternehmen stellt das in Worten und Zahlen fassbare Wissen laut NONAKA und TAKEUCHI nur die Spitze des Eisberges dar. Für sie ist implizites Wissen „*sehr persönlich und entzieht sich dem formalen Ausdruck, es lässt sich nur schwer mitteilen*“.<sup>116</sup> In diese Wissensart fallen subjektive Einsichten, Ahnungen und Intuition. Darüber hinaus ist es tief verankert in der Tätigkeit und der Erfahrung des Einzelnen sowie in seinen Idealen, Werten und Gefühlen (siehe Tabelle 5).

---

<sup>109</sup> Polanyi (1958)

<sup>110</sup> Polanyi (1985)

<sup>111</sup> Ebd., S.14

<sup>112</sup> Ebd., S.14

<sup>113</sup> Renzl (2003), S.26

<sup>114</sup> Nonaka and Takeuchi (2012)

<sup>115</sup> Ebd., S.18

<sup>116</sup> Ebd., S.19

Tabelle 5: Merkmale impliziten und expliziten Wissens<sup>117</sup>

<b>Implizites Wissen</b>	<b>Explizites Wissen</b>
Subjektiv	Objektiv
Erfahrungswissen (Körper)	Verstandeswissen (Geist)
Gleichzeitiges Wissen (hier und jetzt)	Sequenzielles Wissen (da und damals)
Analoges Wissen (Praxis)	Digitales Wissen (Theorie)
Unbewusste Aneignung	Bewusste Aneignung
Intuitiv	Wenig kontextgebunden
Nicht oder nur schwer artikulierbar	Artikulierbar
Personengebunden	Unabhängig vom Produzent

NONAKA und TAKEUCHI betrachten implizites und explizites Wissen nicht als entgegengesetzte Pole einer Dichotomie, sondern komplementäre Größen aus deren Interaktion Neues entsteht.<sup>118</sup> Die Autoren setzen sich verstärkt mit implizitem Wissen auseinander und unterteilen es in eine technische und eine kognitive Dimension. Die technische Dimension enthält informelle und schwer beschreibbare Fähigkeiten (sog. Knowhow). Die kognitive Dimension umfasst die mentalen Modelle und Vorstellungen, die der Mensch aufgrund ihrer tiefen Verwurzelung für selbstverständlich hält. Mit der Wissensspirale bzw. dem SECI-Modell: **S**ozialisation (Umwandlung von implizitem in implizites Wissen), **E**xternalisierung (Umwandlung von implizitem in explizites Wissen), **K**ombination (englisch: **C**ombination, Umwandlung von explizitem in explizites Wissen) und, **I**nternalisierung (Umwandlung von explizitem in implizites Wissen) legten NONAKA und TAKEUCHI ein Konzept zur Umwandlung von Wissen zwischen implizit und explizit vor (siehe Tabelle 6)<sup>119</sup>.

Tabelle 6: Vier Formen der Wissensumwandlung nach NONAKA und TAKEUCHI<sup>120</sup>

		<b>Zielpunkt</b>	
		<b>implizites Wissen</b>	<b>explizites Wissen</b>
<b>Ausgangspunkt</b>	<b>implizites Wissen</b>	Sozialisation	Externalisierung
	<b>explizites Wissen</b>	Internalisierung	Kombination

Im Allgemeinen werden implizites Wissen und tacit knowledge als Synonyme in der Literatur verwendet. Es gibt auch Autoren, die neben explizitem Wissen weiter

<sup>117</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an Nonaka and Takeuchi (2012), North (2011), Polanyi (1958), Rüdiger and Vanini (1998) und (VDI-5610 2009)

<sup>118</sup> Ebd., S.267

<sup>119</sup> Nonaka and Takeuchi (2012), S.78ff.; Schewe and Nienaber (2011) geben einen übersichtlichen Stand der Forschung zu den Barrieren bei der Explikation von implizitem Wissen und zu möglichen Lösungsansätzen.

<sup>120</sup> Eigene Darstellung nach Nonaka and Takeuchi (2012), S.79

zwischen implizitem Wissen und tacit Knowledge unterscheiden<sup>121</sup>. Für die Unterscheidung nutzt RÜDIGER die folgenden drei Dimensionen: die Artikulationseffizienz, die Artikulation und die Problemrelevanz. Implizites Wissen umfasst das (sowohl kognitiv-theoretische als auch praktisch-technische) Wissen zur Lösung eines vorliegenden Problems, das von Personen getragen werden und im Gegensatz zu explizitem Wissen nicht artikuliert ist. Tacit Knowledge umfasst als eine Teilmenge des impliziten Wissens den Anteil, der nicht artikuliert ist, weil entweder die Problemrelevanz dieses Anteils nicht bewusst ist, die Artikulation keine effiziente Form der Übertragung ist oder es sowohl an Problembewusstsein als auch an Artikulationseffizienz mangelt.<sup>122</sup>

### 2.2.2.2 Unterscheidung nach Zugänglichkeit: individuell vs. kollektiv

Eine weitere mögliche Unterscheidung von Wissen ist die nach seiner Zugänglichkeit in individuelles und kollektives Wissen.

NONAKA beschreibt treffend: „New knowledge always begins with the individual“<sup>123</sup>. Individuelles Wissen (häufig auch privates Wissen genannt) ist im Besitz einer bestimmten Person und ist nur für sie zugänglich. Dies ist bei implizitem Wissen immer der Fall. Auch explizites Wissen kann individuelles Wissen sein, wenn es für andere unzugänglich ist oder unzugänglich gemacht wird. Individuelles Wissen ist mit der menschlichen Psyche, wie z. B. mit der Motivation und mit der individuellen Problemlösungsfähigkeit, eng verknüpft. Je größer die individuelle Wissensbasis ist, desto schneller können Probleme gelöst werden. Um wettbewerbsfähig zu sein, genügen einzelne Experten in einer Organisation nicht, wenn sie nicht bereit sind, ihr Wissen mit anderen zu teilen. BODROW bringt hierfür das Beispiel einer Fußballmannschaft, die trotz ihrer Spitzenspieler nicht gewinnen kann, wenn diese nicht bereit sind, ihr Wissen und Können mit den anderen Spielern zu teilen<sup>124</sup>.

Kollektives oder organisationales Wissen steht mehreren Personen gleichzeitig zur Verfügung (z. B. den Mitgliedern eines Teams, einer Gemeinschaft oder einer Organisation). Mehrere Individuen können gleichzeitig darauf zugreifen, unabhängig davon, ob es implizit oder explizit vorliegt. NONAKA und TAKEUCHI betonen die Wichtigkeit kollektiven Wissens und schreiben: „*Making personal knowledge available to others is the central activity of the knowledge-creating company*“<sup>125</sup>. Eine Mehrzahl von Individuen muss denselben Wissensinhalt kooperierend gestalten und

---

<sup>121</sup> Rüdiger and Vanini (1998); Ahmed, Blessing, and Wallace (1999)

<sup>122</sup> Rüdiger and Vanini (1998)

<sup>123</sup> Nonaka (1991), S.97

<sup>124</sup> Bodrow and Bergmann (2003), S.39

<sup>125</sup> Nonaka (1991), S.98

in ihrer Tätigkeit nutzen. BODROW vergleicht das Zusammenspiel von individuellem und kollektivem Wissen mit dem Zusammenspiel der Noten mehrerer Musiker zur gesamten Orchesterpartitur<sup>126</sup>. Beide Wissensdimensionen, das Individuelle und das Kollektive, bilden die Wissensbasis einer Organisation, die eine Grundlage für die Wertschöpfung darstellt (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Merkmale von individuellem und kollektivem Wissen<sup>127</sup>

<b>Individuelles Wissen</b>	<b>Kollektives Wissen</b>
Fähigkeiten	Regeln
Kompetenzen	Verfahrensrichtlinien
Können	Kristallisiertes Wissen
Erfahrungen	Organisationale Routinen

2.2.2.3 Unterscheidung nach Anwendbarkeit: kontextbezogen vs. dekontextualisiert  
 Je nach Anwendbarkeit ist eine Unterscheidung zwischen kontextbezogenem und dekontextualisiertem auch kontextfreiem Wissen möglich.

Die Anwendbarkeit auf besondere Situationen bzw. im Zusammenhang mit einem spezifischen Objekt charakterisiert kontextbezogenes Wissen. Seine Übertragbarkeit auf andere Situationen und Objekte ist nicht ohne weiteres möglich. Dagegen beschreibt dekontextualisiertes Wissen grundlegende Funktionsweisen und Zusammenhänge. Damit ist seine Anwendbarkeit auf zahlreiche unterschiedliche Fragestellungen möglich<sup>128</sup>. Die Weitergabe kontextbezogenen Wissens erfordert es die Anwendbarkeit und die Anwendungsgrenzen dieses Wissens zu kennen.

2.2.2.4 Unterscheidung nach relevanten Wissensträgern: intern vs. extern

Die vierte Unterscheidung von Wissen in dieser Arbeit ist die zwischen internem und externem Wissen.

Internes Wissen ist Wissen, das in einer Organisation, einem Unternehmen, einer Abteilung oder einem Team bereits vorhanden ist. Meistens verfügen diese Unternehmen, Abteilungen oder Teams über mehr Wissen, als sie selbst wissen (siehe die implizite bzw. explizite Dimension des Wissens in Kapitel 2.2.2.1). Dieses interne Wissen kann auch außerhalb dieser Organisation verwendet werden, z. B. durch gemeinsame Projekte mit Zulieferern oder Kunden. Externes Wissen ist Wissen, das in einer Organisation, einem Unternehmen, einer Abteilung oder einem Team nicht vorhanden ist, das aber für den Erfolg dieser Einheit relevant ist.

<sup>126</sup> Bodrow and Bergmann (2003), S.40

<sup>127</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an Nonaka (1991); Romhardt (1998) und Bodrow and Bergmann (2003)

<sup>128</sup> Wesoly, Ohlhausen, and Bucher (2009), S.702f.

Externes Wissen kann das Wissen des Kunden, des Zulieferers sowie das Wissen von externen Unternehmensberatern sein. Der Zugang zu externem Wissen kann auf vielfältige Weise verstärkt werden durch z. B. das Internet oder Kooperationen mit wissenschaftlichen Einrichtungen. Durch Kooperationen kann internes Wissen zu externem Wissen gemacht werden und umgekehrt<sup>129</sup>. Romhardt beschreibt: „Das Verhältnis zwischen intern und extern vorhandener Expertise bestimmt den Marktwert einer Organisation in hohem Maße“<sup>130</sup>.

### 2.2.3 Wissen in der Produktentwicklung

„Der Wertzuwachs entsteht heute aus der »Produktivität« und der »Innovation«. Beide bedeuten die Anwendung von Wissen auf die Arbeit.“<sup>131</sup>

#### 2.2.3.1 Produktentstehung als Wissensverarbeitung

Ein Drittel der Wissensarbeit in Unternehmen ist mit der Entwicklung von neuem Wissen verbunden<sup>132</sup>. In Entwicklungsabteilungen laufen alle notwendigen Informationen zusammen, die anfangs zu mehreren Inventionen und später zu am Markt erfolgreichen Innovationen führen sollen. Während Produkteigenschaften in den frühen Phasen einer Entwicklung am stärksten beeinflusst werden können und der Änderungsaufwand am geringsten ist, ist die Wissensbasis über die festzulegenden Produkteigenschaften gerade in diesen Phasen am geringsten (*Innovationsparadoxon*, siehe Abbildung 18)<sup>133</sup>. Aus einer systemtheoretischen Betrachtung bezeichnet LOHMEYER das Problem mit „*Unsicherheitsdilemma*“ der Produktentwicklung. Die grundlegende Problematik bestehe darin, dass einerseits ein sachlich begründetes Schließen von Definitionslücken im Zielsystem nur auf Basis des entsprechenden problemspezifischen Wissens erfolgen kann. Andererseits bedürfe das zweckmäßige Schließen von Wissenslücken der zielgerichteten Definition davon, welches Wissen gewonnen werden soll<sup>134</sup>.

---

<sup>129</sup> Wesoly, Ohlhausen, and Bucher (2009)

<sup>130</sup> Romhardt (1998), S.81f.

<sup>131</sup> Drucker (1993), S.19

<sup>132</sup> Köck and Willfort (2007)

<sup>133</sup> Ehrlenspiel (2009), S.193f.

<sup>134</sup> Lohmeyer (2013), S.13

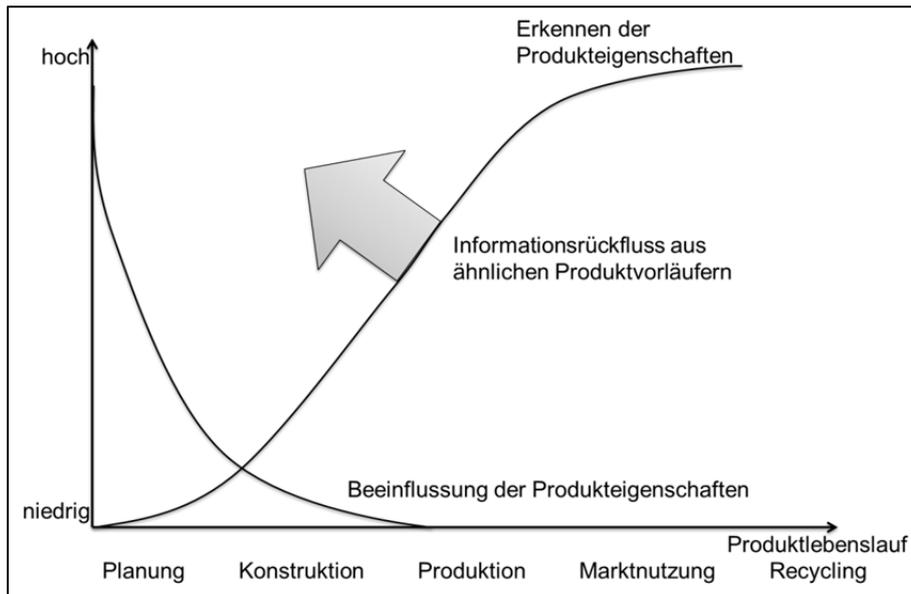


Abbildung 18: Innovationsparadoxen (schematische Darstellung)<sup>135</sup>

Bereits der Projektierung bzw. in der Profilfindung, muss Wissen bezüglich des Projektmanagements bzw. der Zielmärkte vorliegen. Erfahrungswissen aus früheren Produktentwicklungen unterstützt dabei die Initiierung der aktuellen Produktentwicklungsaufgabe<sup>136</sup>. In den Aktivitäten Ideenfindung und Modellierung von Prinzip und Gestalt wird in erster Linie Wissen für die erfolgreiche Umsetzung angeeignet und bereitgestellt. In der Validierung, der zentralen Aktivität im Produktentstehungsprozess (vergleiche die 3. Hypothese nach ALBERS in Kapitel 2.1.6.3), wird das in Gestalt verarbeitete Wissen geprüft<sup>137</sup>. Dadurch entsteht neues Wissen, das wiederum in einer neuen besseren Gestalt berücksichtigt werden muss. Durch Validierung wird Wissen gewonnen, so dass weitere Ziele, Abhängigkeiten und Randbedingungen für die weitere Entwicklung abgeleitet werden können<sup>138</sup>.

### 2.2.3.2 Problemlösung als Wissensverarbeitung

Auch ausgehend von der Betrachtung der Produktentwicklung als Problemlösung stellt die Produktentwicklung einen sehr wissensintensiven Prozess dar<sup>139</sup>. Bereits 1976 betont der Psychologe DÖRNER in seinem Buch „*Problemlösen als*

<sup>135</sup> Eigene Darstellung nach Ehrlenspiel (2009)

<sup>136</sup> Ein Beispiel aus dem Bereich der urformenden Mikrosystemtechnik ist in Albers, Börsting, and Turki (2011b) zu finden. Albers, Radimersky, and Turki (2012) zeigt eine Vorgehensweise zur Prozessanalyse, damit gute und weniger gut Praktiken draus gezogen werden können, in spätere Planungen berücksichtigt werden können.

<sup>137</sup> Albers, Geier, and Merkel (2011)

<sup>138</sup> Oerding (2009)

<sup>139</sup> Albers, Lohmeyer, and Schmalenbach (2010); Albers, Turki, and Schmalenbach (2012)

*Informationsverarbeitung*“ den Aspekt der Wissensintensität des Problemlösens. „*Der Problemlöser braucht ein bestimmtes Wissen über den Realitätsbereich, in dem das Problem zu lösen ist; man könnte auch sagen, er braucht ein Bild des entsprechenden Realitätsbereichs, welches die Möglichkeiten, sich innerhalb desselben zu bewegen, einschließt. Diesen Teil der kognitiven Struktur nennen wir epistemische Struktur (von griechisch episteme = Wissen)*“<sup>140</sup>. Im Problemlösungsprozess SPALTEN wird z. B. von einem „atmenden Prozess“ gesprochen, da die Informationsmenge im Laufe des SPALTEN-Zyklus immer wieder systematisch ausgeweitet und wieder verdichtet wird<sup>141</sup>. Dabei wird ständig Wissen verarbeitet. Nach der Definition eines geeigneten Problemlösungsteams werden zunächst in der Situationsanalyse Informationen gesammelt. Diese werden im darauffolgenden Schritt, der Problemeingrenzung, wieder verdichtet, mit dem Ziel, so viel Kontextwissen wie möglich zu bilden, um das Problem lösen zu können. Während der Suche nach alternativen Lösungen wird Wissen für die erfolgreiche Umsetzung angeeignet, bereitgestellt und daraus Hypothesen gebildet, die sich im Schritt Lösungsauswahl, beispielsweise mit einer begleitenden Validierung, bestätigen oder widerlegen lassen. Besonders im Schritt Nachbereiten und Lernen findet das eigentliche Lernen aus den soeben gemachten Erfahrungen bei dieser Problemlösung statt. Hierfür kann das Prinzip des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses angewendet werden. Zwischen allen Schritten von SPALTEN finden ein Informationscheck und eine Überprüfung des Problemlösungsteams statt. Sowohl mit dem Informationscheck als auch mit der Überprüfung der Teamzusammensetzung wird kontrolliert, ob genug Kontext-, Methoden- und Prozesswissen für den folgenden Schritt vorhanden sind.

### 2.2.3.3 Heutige Informationssysteme in der Produktentwicklung und ihre Grenzen

Zahlreiche Informationssysteme wie PLM- und PDM-Systeme unterstützen den Umgang mit der Ressource Wissen in der Produktentwicklung. Doch speziell in den frühen Phasen der Produktentstehung bieten diese Systeme leider nur wenig Unterstützung. So wird in diesen frühen Phasen das Produkt selber zum Informationsträger<sup>142</sup>. Die Produktentstehung ist ein wissensintensiver Prozess, in dem systematisch Wissensgenerierung, -selektion und -weitergabe stattfindet. Diese gestalten sich aufgrund der Einzigartigkeit realer Produktentstehungsprozesse jedoch als schwierig (siehe 1. Hypothese nach ALBERS in Kapitel 2.1.6.1). Der ständige nötige Wechsel von eingesetzten Methoden, Werkzeugen und Personen

---

<sup>140</sup> Dörner (1979), S.26f.

<sup>141</sup> Albers and Braun (2011a), S.21

<sup>142</sup> Meboldt (2008)

während einer Produktentwicklung führt immer zu Informationsverlusten. Hinzu kommen die Komplexität des Produktes und die verkürzten Entwicklungszeiten, die die Gesamtkomplexität der Produktentstehung erhöhen<sup>143</sup>. Den stetig steigenden Informationsbedarf in der Produktentwicklung spiegelt die Effektivität vieler Informationssysteme nicht wider. Heutige Informationssysteme unterstützen zudem nur reine Informationsbereitstellung und kein kontextualisiertes Wissen<sup>144</sup>.

MEBOLDT sieht die Lösung in klaren Kommunikationsstrukturen und beschreibt: „Ohne gut funktionierende Kommunikation zwischen den Akteuren im Entwicklungsprojekt ist ein gut funktionierender Produktentstehungsprozess kaum vorstellbar“<sup>145</sup>. Mängel in der Informationsverarbeitung bezeichnet SCHOLL als Informationspathologien (siehe Abbildung 19). Er führt die Ursachen auf fünf Hauptkategorien zurück:

- Mangelndes Problembewusstsein: z. B. Betriebsblindheit
- Wunschdenken: z. B. Unterschätzung des Problems
- Verständigungsprobleme: z. B. persönliche Antipathie
- Machtausübung: z. B. Behinderung der Informationsgewinnung
- Unangemessene Vorstellungen von Wissen: z. B. Kultur der Fehlervermeidung hemmt das Lernen durch Ausprobieren.

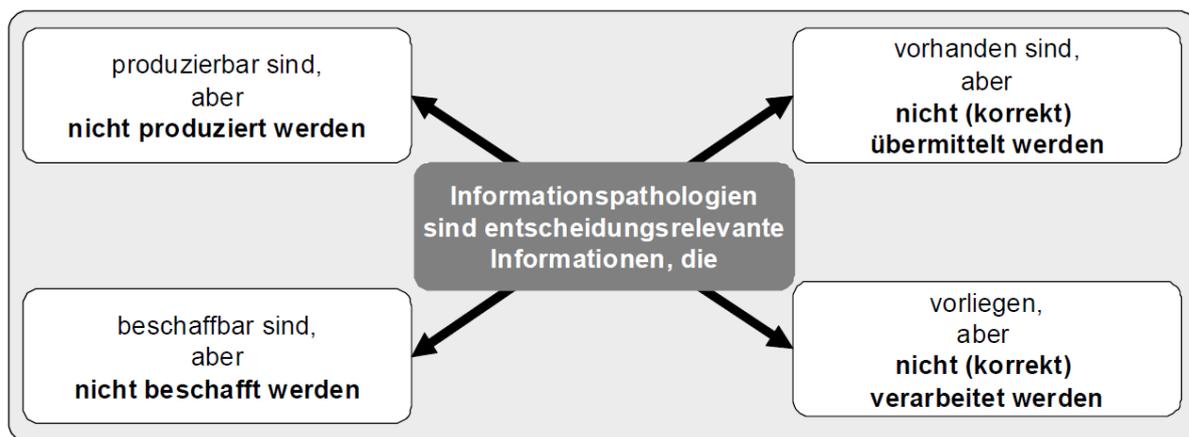


Abbildung 19: Definition von Informationspathologien nach SCHOLL<sup>146</sup>

<sup>143</sup> Meboldt (2008)

<sup>144</sup> Feldhusen et al. (2006)

<sup>145</sup> Meboldt (2008), S.27

<sup>146</sup> Scholl (2004), S.74

Verschiedene Forschungsansätze versuchen heute, diese Problematiken anzugehen. Ihre Effizienz ist bisher nur in begrenzter Masse bewiesen. Beispiele dieser Ansätze sind:

- Wikis zur Unterstützung der kollaborativen Zusammenarbeit<sup>147</sup>
- Entwurfsmusteransatz zur Produktmodellierung<sup>148</sup>, zur Aufbewahrung von Konstruktionswissen<sup>149</sup> und zur integrativen Erfassung und Bereitstellung von Konstruktions- und Fertigungswissen<sup>150</sup>
- Ontologiebasierte Entwicklungsumgebung zur Unterstützung des Auffindens problemspezifischer Informationen<sup>151</sup> und ontologiebasierte Tools für die kollaborative Produktentwicklung mechatronischer Produkte<sup>152</sup>
- Modelliersprache SysML zur Abbildung logischer Systemzustände und Funktionen in einem Modell<sup>153</sup>
- Topic-Maps-Technologien für die nutzerspezifische Vermittlung von Produktentwicklungsinhalten und für die individuelle Konfiguration von Dokumenten<sup>154</sup>.
- Anwendung von autonomen, proaktiven Softwareeinheiten (Softwareagenten), die Konstruktionswissen während des Konstruktionsprozesses proaktiv und interaktiv verfügbar machen<sup>155</sup>.

#### **2.2.4 Zwischenfazit und Wissensverständnis in dieser Arbeit**

Zusammenfassend lässt sich festlegen, dass Daten und Information kein Wissen sind, sondern vielmehr Voraussetzungen um dieses zu generieren und zu transferieren. Erst dadurch, dass Nutzer die in Medien enthaltenen Texte, Zahlen und Bilder in ihren Erfahrungskontext integrieren werden die Daten und Informationen für sie zu Wissen. Die in Büchern und anderen Medien niedergelegten Daten werden erst im Aneignungsprozess von Menschen wieder zu Wissen. Die Bedeutung von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung und seine verbesserte Ausnutzung sind Gegenstand dieser Arbeit. Deswegen ist der Aspekt der

---

<sup>147</sup> Albers, Ebel, and Sauter (2010); Sauter (2012)

<sup>148</sup> Suhm (1993)

<sup>149</sup> Salustri (2005)

<sup>150</sup> Albers et al. (2010); Albers, Börsting, and Turki (2011a)

<sup>151</sup> Welp et al. (2008); Albers, Lohmeyer, and Schmalenbach (2010)

<sup>152</sup> Marinov et al. (2011)

<sup>153</sup> Albers and Zingel (2011); Zingel et al. (2012)

<sup>154</sup> Weber, Lenhart, and Birkhofer (2008); Weber (2010) und Maurer and Kesper (2010)

<sup>155</sup> Kratzer et al. (2011)

Personengebundenheit von Wissen besonders bedeutend. Das Wissensverständnis dieser Arbeit entspricht der Definition nach PROBST (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: Definition von Wissen in dieser Arbeit

---

*„Wissen bezeichnet die Gesamtheit der Kenntnisse und Fähigkeiten, die Individuen 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. Es wird von Individuen konstruiert und repräsentiert deren Erwartungen über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge“<sup>156</sup>.*

---

Die in Kapitel 2.2.1 dargestellten Dimensionen von Wissen machen deutlich, wie komplex und vielfältig „Wissen“ ist und vor allem wie schwierig es ist, damit in einer Organisation umzugehen. Diese Dimensionen sind speziell für Ansätze des Wissensmanagements wertvoll. Zu den größten Herausforderungen von Wissensmanagement zählen:

- implizites in explizites Wissen zu transferieren,
- individuelles in kollektives Wissen zu überführen,
- Transfer sowohl kontextbezogenen als auch dekontextualisierten Wissens zu unterstützen und
- relevantes externes Wissen zeitnah verfügbar zu machen.

Die Produktentwicklung ist ein sehr wissensintensiver Prozess und erfordert in hohem Maße technischen Sachverstand und umfangreiche Marktkenntnis. Ansätze zur Unterstützung dieser Wissensarbeit durch geeignete Wissensrepräsentationen bilden die Grundlage erfolgreicher Entwicklungen. Heutige Informationssysteme unterstützen nur die reine Informationsbereitstellung und keinen Transfer kontextualisierten Wissens<sup>157</sup>. Die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften betont in diesem Zusammenhang: *„Wissensmanagementansätze haben sich verstärkt mit der Entwicklung von technologischen Lösungen beschäftigt. Es wurde allerdings bereits erkannt, dass Technologie allein nicht ausreichend ist, um die Erzeugung und das Teilen von Wissen in Unternehmen zu sichern“<sup>158</sup>.*

---

<sup>156</sup> Probst and Romhardt (2010) S.23

<sup>157</sup> Wallace, Ahmed, and Bracewell (2005)

<sup>158</sup> acatech (2008)S.19

## 2.3 Erfahrungswissen

Erfahrungswissen ist Gegenstand dieser Arbeit. In diesem Kapitel wird zunächst Erfahrungswissen als eine besondere Form von Wissen erläutert. Danach werden die Wirkung, die Entstehung, die Vermittlung, die Verfügbarkeit von und der Bedarf nach Erfahrungswissen unter Heranziehung anderer Autoren diskutiert. Ebenso werden die Bereiche Kompetenz und Expertise als erfahrungswissensnahe Begriffe dargestellt.

### 2.3.1 Differenzierung des Begriffs „Erfahrung“

In der Fachliteratur der Psychologie, der Pädagogik und der Philosophie existiert eine Vielfalt unterschiedlicher Definitionen von „Erfahrung“. Manche Autoren gehen davon aus, dass „echte“ Erfahrung extrem selten eintritt und nur den wenigsten Menschen überhaupt jemals begegnet. Andere Autoren setzen hingegen den Begriff Erfahrung mit der Wahrnehmung der Außenwelt gleich und machen damit Erfahrung zu einem Phänomen, dem jedermann dauernd ausgesetzt ist<sup>159</sup>. Erfahrung ist in der Literatur sowohl als Zustand, im Sinne von „Erfahrung haben“ als auch als Prozess, im Sinne von „Erfahrung machen“ zu finden (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). SVEIBY versteht beispielsweise Erfahrungen als eine „*Teilmenge menschlichen Wissens*“<sup>160</sup>. GRUBER dagegen versteht Erfahrung als Prozess der „*Informationsverarbeitung in Situationen*“<sup>161</sup>. Angelehnt an den Begriff Erfahrung als Zustand im Sinne von „Erfahrung haben“ wird in dieser Arbeit von Erfahrungswissen gesprochen. Erfahrung als Teilmenge des menschlichen Wissens ist Erfahrungswissen. Wird der Begriff Erfahrung bezeichnend für einen Prozess im Sinne von „Erfahrung machen“ verwendet, so wird von *Erfahrungslernen* gesprochen. Erfahrung als Prozess der Informationsverarbeitung in Situationen ist Erfahrungslernen.

### 2.3.2 Begriffsabgrenzung und Begriffsdefinition

„Erfahrung“ und „Wissen“ stellen im alltagssprachlichen Gebrauch einen Gegensatz dar. In manchen Situationen kompensiert „Erfahrung“ im Sinne einer wiederholten Bewältigung komplexer Anforderungen unter wechselnder Rahmenbedingungen einen Mangel an formellem Wissen. Tatsächlich sind Erfahrung und Wissen keine Synonyme. Alle in der Literatur zu findenden Auffassungen von Erfahrungswissen stammen ursprünglich entweder aus den Arbeitswissenschaften oder der Berufspädagogik. Am häufigsten wird auf die Arbeiten des Psychologen und

---

<sup>159</sup> Gruber (1999), S.214

<sup>160</sup> Sveiby (1998), S.63

<sup>161</sup> Gruber (1999), S.8

Arbeitswissenschaftlers WINFRIED HACKER verwiesen<sup>162</sup>. GRUBER beschreibt in diesem Zusammenhang: „Dass umfangreiches Wissen aber sehr wichtig für den Erwerb von Kompetenz ist, ist unbestritten. Dabei stellt reichhaltiges Wissen eine notwendige, aber keine hinreichende Voraussetzung für große Erfahrung dar“<sup>163</sup>. Große Erfahrung zu haben bedeutet nicht nur das Vorhandensein einer reichlichen Menge deklarativen Wissens, sondern auch die Verfügbarkeit einer besonderen Wissensform: Erfahrungswissen. Nach GRUBER ist eine Differenzierung des Wissensbegriffs in deklaratives und prozedurales Wissen notwendig. Letzteres weist einen großen Anteil handlungs- und anwendungsbezogener Merkmale auf<sup>164</sup>.

Erfahrungswissen wird auch als eine Dimension von Wissen erklärt. Als Gegendimension zu Rationalitätswissen wird Erfahrungswissen durch praktische Tätigkeiten, aber auch durch das Nachdenken über frühere Fehler und Erfolge gesammelt. Somit ist Erfahrungswissen vor allem bei Experten zu finden, die ihren Beruf lange ausüben. Rationalitätswissen dagegen stellt explizites, also in Worten und Zahlen darstellbares und direkt kommunizierbares Wissen dar. Es wird immer für einen speziellen Zweck gewonnen und hat einen theoretischen Bezug. Somit ist es leicht über Lernen erwerbbar und erweiterbar<sup>165</sup>. Die Kompetenz eines Experten setzt sich aus Erfahrungs- und Rationalitätswissen zusammen. SVEIBY beschreibt: *„Der Begriff Kompetenz ist die beste Beschreibung des geschäftlichen Wissens. Er umfasst Tatsachenwissen, Fähigkeiten, Erfahrung, Werturteile und soziale Kompetenz. [...] Kompetenz kann nicht kopiert werden. Wir entwickeln Kompetenz durch Training, Praxis, Fehler, Reflexion und Wiederholung. Kompetenz wird durch die praktische Anwendung übertragen“*<sup>166</sup>. Ähnlich definiert PLATH Erfahrungswissen als hoch entwickelte Form des Handlungswissens. Bei dieser Form von Wissen sind (1) das aussagbare, mitteilbare und explizite Wissen und (2) das schweigende, nicht verbalisierbare und implizite Wissen in der Weise organisiert und strukturiert, dass die Erreichung der Arbeitsziele weitgehend optimiert wird<sup>167</sup>. PORSCHEN definiert ebenfalls: *„Erfahrungswissen ist allgemein als ein Wissen zu betrachten, das im praktischen Handeln erworben und angewandt wird. Von daher ist es in hohem Maße personenbezogen und auf konkrete Situationen bzw. Kontexte ausgerichtet“*<sup>168</sup>. HACKER unterscheidet zwischen berufsspezifischem Faktenwissen,

<sup>162</sup> Vgl. das Buch „Expertenkönnen“ von Hacker (1992)

<sup>163</sup> Gruber (1999), S.47

<sup>164</sup> Ebd. S.47ff.

<sup>165</sup> Schüppel (1997)

<sup>166</sup> Sveiby (1998)

<sup>167</sup> Plath (2002), S.518

<sup>168</sup> Porschen (2008), S.72 in Anlehnung an Böhle et al. (2004)

das vorrangig durch Belehrung und weniger durch eigene Erfahrung erworben wird, und prozeduralem berufsspezifischem Wissen, das im Wesentlichen über wiederholte Handlungsausführung und nicht über Instruktion erworben wird. Im Verlauf der häufigeren Ausführung verliert das prozedurale berufsspezifische Wissen die Bewusstseinspflichtigkeit und kann durch spezifische Reize automatisiert abgerufen werden. Dieses nicht bewusste berufsspezifische Wissen wird als Erfahrungswissen bezeichnet<sup>169</sup>. In der Literatur sind eine Reihe von Bezeichnungen und Synonyme für Erfahrungswissen vorzufinden, die nicht unbedingt im Gegensatz zueinander stehen, sondern jeweils bestimmte Aspekte hervorheben<sup>170</sup>. Beispiele dafür sind nichtwissenschaftliches Wissen<sup>171</sup>, implizites Wissen<sup>172</sup>, Unterscheidung zwischen Wissen („knowing that“) und Können („knowing how“)<sup>173</sup>, Knowledge of Familiarity<sup>174</sup>, Arbeitsprozesswissen<sup>175</sup> oder Situated Cognition<sup>176</sup>.

### 2.3.3 Wirkung von Erfahrungswissen

Erfahrungswissen ist für die Bewältigung des Unplanbaren von hoher Bedeutung<sup>177</sup>. Mit zunehmender Erfahrung wird das Wissen in eine beim Handeln besser einsetzbare prozedurale Form überführt. Erfahrene Menschen besitzen hochgradig implizites Wissen, das ganzheitlich organisiert und handlungsbezogen einsetzbar ist<sup>178</sup>. Erfahrung drückt sich zum einen in einem größeren Wissensumfang aus, zum anderen liegt das Wissen implizit in prozeduraler Form vor, so dass es leichter zugreifbar und im Handlungskontext flexibel anwendbar ist. Empirische Befunde aus der Psychologie belegen, dass erfahrene Bearbeiter sich bei komplexen, schlecht definierten Problemen nicht nach systematischen Leitlinien verhalten, sondern oft ein „erfahrungsbasiertes, opportunistisches“ Vorgehen anwenden, dessen Regeln sie aber nicht explizit erklären können<sup>179</sup>. Nach PLATH ermöglicht Erfahrungswissen aufgrund seiner rational-logischen und intuitiv-gefühlsmäßigen Komponenten sowie der vielfältigen Rückbindungen zwischen realen Geschehen, informationshaltigen Signalen und deren kognitiv-emotionaler Verarbeitung eine enorme (1)

---

<sup>169</sup> Hacker (2005)

<sup>170</sup> Porschen (2008), S.73

<sup>171</sup> Böhle et al. (2004); Porschen (2008)

<sup>172</sup> Polanyi (1985); Nonaka and Takeuchi (2012)

<sup>173</sup> Ryle et al. (1992)

<sup>174</sup> Göranson (1988)

<sup>175</sup> Fischer (2000)

<sup>176</sup> Kirshner and Whitson (1997)

<sup>177</sup> Reinmann and Vohle (2005)

<sup>178</sup> Hacker (1992)

<sup>179</sup> Hacker (1992), S.35

Handlungsökonomie und (2) Handlungssicherheit<sup>180</sup>. „Sowohl die empirische Forschung als auch praktische Beobachtungen legen also heute mehr denn je den Schluss nahe, dass Erfahrungswissen ein wichtiges Pendant zum wissenschaftlichen Wissen darstellt, dass die damit verbundene Logik der Intuition die rationale Logik ergänzen muss, um den neuen (und alten) Anforderungen des Unplanbaren in modernen Organisationen gerecht und die immens wachsenden Koordinationsleistungen erbringen zu können. Weitgehend ungelöst ist in diesem Zusammenhang allerdings die praktisch bedeutsame Frage, wie dieses so wertvolle Erfahrungswissen in Organisationen ver- und geteilt werden kann“<sup>181</sup>.

### 2.3.4 Entstehung und Vermittlung von Erfahrungswissen

Erfahrungswissen entsteht besonders im Prozess des Ausführens von Tätigkeiten. Es wird im Wesentlichen über wiederholte Handlungsausführung und nicht nur über Instruktion erworben<sup>182</sup>. Nach PLATH sind zwei Aspekte wichtig: (1) ausreichende Dauer der Ausführung und (2) sachkundige Begleitung durch erfahrene Personen. Aufgrund schnell vollziehender technischer und organisatorischer Veränderungen wird Erfahrungswissen keineswegs im Selbstlauf erworben, angepasst oder weiterentwickelt. Vielmehr sollten Lerngelegenheiten zur Vermittlung des benötigten Erfahrungswissens geschaffen werden<sup>183</sup>. Ohne eine organisationsweite einheitliche Sprache können weder Wissen noch Erfahrungen kommuniziert werden. Diese gemeinsame Sprache kann aber nur im unternehmensinternen Kommunikationsprozess gemeinsam hervorgebracht werden<sup>184</sup>. Für NONAKA und TAKEUCHI ist Erfahrungswissen eine Form des impliziten Wissens<sup>185</sup>. Ihr SECI-Modell stellt die Umwandlung des impliziten in explizites Wissen, die *Externalisierung*, den Prozess der Artikulation von implizitem Wissen in explizite Konzepte dar. Das kann in Ausdrucksformen wie Metaphern<sup>186</sup>, Analogien<sup>187</sup>, Modellen oder Hypothesen der Fall sein. Unter den vier Formen der Wissensumwandlung im SECI-Modell stellen NONAKA und TAKEUCHI die Externalisierung als den bedeutsamen Schlüssel zur

---

<sup>180</sup> Plath (2002), S.520

<sup>181</sup> Reinmann and Vohle (2005)

<sup>182</sup> Hacker (2005)

<sup>183</sup> Plath (2002), S.521

<sup>184</sup> PAS-1062 (2006)

<sup>185</sup> Nonaka and Takeuchi (2012), S.77

<sup>186</sup> „Die Metapher ist eine Form des intuitiven Wahrnehmens oder Begreifens einer Sache durch die bildliche Vorstellung einer anderen. Sie stellt weder eine logische Analyse noch eine Synthese von gemeinsamen Attributen assoziierter Dinge dar.“ Nonaka and Takeuchi (2012), S.84

<sup>187</sup> „Eine Analogie ermöglicht das Verständnis des Unbekannten durch das Bekannte und überbrückt die Lücke zwischen einem Bild und einem logischen Modell.“ Nonaka and Takeuchi (2012), S.85

Wissensschaffung in Organisationen heraus<sup>188</sup>. Aus der Psychologie sind Methoden bekannt, die sich ausdrücklich der „Gewinnung von Daten über menschliches Wissen“ widmen, wie beispielsweise lautes Denken und Storytelling<sup>189</sup>. In dem hier behandelten Kontext ist die *Sozialisation* aus dem SECI-Modell für die Wissensschaffung in Organisationen ebenfalls sehr interessant. Die Sozialisation beinhaltet die direkte Konvertierung von stillschweigendem Wissen in neues stillschweigendes Wissen, wobei eine vorherige Externalisierung keine Voraussetzung ist. Diese kann bei einer informellen Konversation beispielsweise während einer Kaffeepause oder in einer mehrjährigen Meister-Lehrling-Beziehung stattfinden. Der Experte lebt Verhaltensmuster vor und der Lehrling erfährt sie. Das Konzept der Sozialisation ist Forschungsgegenstand der Psychologie und Sozialwissenschaften. Methoden wie das Beobachtungslernen bzw. Lernen am Modell haben sich als effektive Methoden der Wissens- und Erfahrungsvermittlung erwiesen<sup>190</sup>. Tabelle 9 zeigt einige Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung der Entstehung oder der Vermittlung von Erfahrungswissen in kleinen und mittleren Unternehmen.

Tabelle 9: Beispiele für Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung der Entstehung oder der Vermittlung von Erfahrungswissen<sup>191</sup>

Name	Kurzbeschreibung	Ergebnis, Nutzen, Vorteil
Communities	Communities bieten die Möglichkeit, Wissen über hierarchisch-themenorientierte Datenbanken an verschiedene interessierte Nutzer weiterzugeben. Dabei kann jeder Nutzer auch gleichzeitig sein Wissen anbieten.	Einfacher Zugriff, Beteiligung vieler.
Communities of Practice	Eine Community of Practice ist ein Personenkreis, der sich losgelöst von der primären Unternehmensstruktur trifft, um Erfahrungen zu einem Themenbereich auszutauschen.	Produktverbesserungen können abgeleitet werden; Anfänger lernen von Experten; Wissen wird abteilungsübergreifend ausgetauscht.
Debriefing	Erstellung und Bereitstellung geeigneter Formularstrukturen zur Ableitung von Erfahrungen aus Projekten bzw. Projektphasen, Begleitung des Abteilungsprozesses, Kodifizierung der gewonnenen Erkenntnisse in Projektwissensmedien.	Nachbearbeitung und Aufbereitung von Wissen.
Lessons	Durch die Methode des Lessons Learned werden systematisch	Anhalten zur Reflexion,

<sup>188</sup> Nonaka and Takeuchi (2012), S.81ff.

<sup>189</sup> Kluwe (1988); Hoffman, Crandall, and Shadbolt (1998)

<sup>190</sup> Greif and Kluge (2004); Grundmann (2006); Tillmann (2010)

<sup>191</sup> Eigene Darstellung nach PAS-1062 (2006)

Learned	Erfahrungen am Ende von Projekten erfasst und damit der Organisation als Ganzes zur Verfügung gestellt.	Wissen wird auf die Allgemeinheit übertragen.
Gelbe Seiten	Gelbe Seiten im Unternehmen sind Wegweiser zu relevanten Wissensträgern. Die Gelben Seiten enthalten folgende Mitarbeiter-Informationen: Name, Bereich/Abteilung/Gruppe, Telefonnummer, E-Mail-Adresse, Homepage im Intranet, Qualifikationen, berufliche Erfahrungen, Projekterfahrungen, Spezialgebiete, Weiterbildungsaktivitäten, besonderes Know-how/Fähigkeiten, Hobbys, aktuelles Arbeitsgebiet.	Leichter Zugang zu den Wissensträgern im Unternehmen.
Job-Rotation	Job-Rotation bezeichnet den Wechsel des Arbeitsplatzes durch einen Mitarbeiter. Im neuen Arbeitsumfeld erhält der Mitarbeiter neue Aufgaben, Kompetenzen, Zuständigkeiten und Verantwortungsbereiche. Die Rotation erfolgt in zeitlich festgelegten Zyklen. Nach Ablauf des Zeitraums kann der Mitarbeiter entweder an seinen ursprünglichen Arbeitsplatz zurückkehren oder eine weitere ‚Station‘ durchlaufen.	Breiteres Wissen der Mitarbeiter.
Mikroartikel	Mikroartikel stellen eine Methode der Wissenserhaltung und Erfahrungssicherung aus Projekten dar. Sie umfassen maximal eine Textseite und beinhalten eine kurze Problembeschreibung in Form einer Geschichte. Die Erzählform einer Geschichte sorgt dafür, dass dem Leser der Kontext des Problems nahe gebracht wird. Die Erfahrungen aus einem Projekt werden so auf andere Situationen übertragbar gemacht. Der Aufbau eines Artikels umfasst das Thema, eine Kurzbeschreibung des Inhalts, sowie einen Schlussfolgerungs- bzw. Validierungsteil, der die gemachten Erfahrungen beurteilt.	Effiziente Informationsvermittlung; zugängliches Wissen für jeden.
Project Debriefings	Project Reviews stellen eine Überprüfung der einzelnen Teilarbeitsschritte bzw. der Ergebnisse der einzelnen Projektphasen dar. Dabei wird eine Sitzung einberufen, an der – über das Projektteam sowie den Projektleiter hinaus – Kollegen aus anderen Fachbereichen sowie aus dem Management teilnehmen. Die vorgestellten Arbeitsergebnisse werden kritisch hinterfragt und hinsichtlich der Zielerreichung beurteilt.	Frühzeitige Erkennung etwaiger Probleme; Verbesserung der Team-Disziplin; Überprüfung von Strategien; Verhinderung der Bildung von Schwachstellen; Erfahrungsteilung zwischen den Beteiligten.
Story-Telling	In Zusammenarbeit von zwei und mehr Personen werden im Prozess des Story-Telling bisherige Erfahrungen im Erzählstil vorgetragen und dann gemeinsam analysiert, um so neue Lösungen für ein Problem zu erarbeiten.	Erfahrungsaustausch; Aufdeckung latenten Wissens.

### 2.3.5 Verfügbarkeit von Erfahrungswissen

Aus der Tatsache heraus, dass Erfahrungswissen mit der Tätigkeitsdauer bzw. dem „*Tätigkeitsalter*“ korreliert und dass wiederum das Tätigkeitsalter meistens vom Lebensalter abhängig ist, verfügen ältere Mitarbeiter im Regelfall über mehr Erfahrungswissen als jüngere<sup>192</sup>. Deshalb ist es günstig Mischbelegschaften bestehend aus älteren als auch jüngeren Mitarbeiter aufzubauen, um Lernpotential zu schaffen, das wiederum die Basis für immanentes Lernen (siehe Kapitel 2.4) darstellt. „*Gegenstand dieses immanenten Lernens ist für Ältere das aktuelle theoretische Wissen der Jüngeren und für die Jüngeren das implizite, nicht ohne weiteres verbalisierbare Erfahrungswissen der Älteren*“<sup>193</sup>.

### 2.3.6 Bedarf an Erfahrungswissen

Erfahrungswissen ist bei allen Arbeitsprozessen wichtig. Eine vom Fraunhofer Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik sowie vom Fraunhofer Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung durchgeführte Studie im Jahr 2008 hat gezeigt, dass mehr als ein Viertel aller 270 befragten Personen aus 15 unterschiedlichen Unternehmen den Anteil des benötigten Erfahrungswissens der Mitarbeiter auf über 80 Prozent schätzen. Ungefähr die Hälfte der Befragten schätzt diesen Anteil auf 60-80 Prozent<sup>194</sup>. Nach HACKER wird Erfahrungswissen besonders in Situationen benötigt:

- bei denen ein unvollständiges Informationsangebot vorliegt,
- die nicht vollständig durchschaubar und berechenbar sind,
- die durch gestörte Prozessabläufe gekennzeichnet sind,
- die schnelle Entscheidungen ohne langes Nachdenken erfordern,
- die ein unmittelbares Eingreifen bei selten und stochastisch auftretenden Ereignissen verlangen und
- die zur vorbeugenden Vermeidung sich anbahnender Havarien deren Früherkennung notwendig machen, was nur durch die Interpretation entsprechender Vorzeichen gelingt<sup>195</sup>.

Situationen dieser Art können in allen Arbeitsfeldern auftreten, insbesondere auch in einer Produktentwicklung, vor allem im Hinblick auf die 1. Hypothese der

---

<sup>192</sup> Jasper and Fitzne (2000), S.149; Plath (2002)

<sup>193</sup> Plath (2002), S.522

<sup>194</sup> Orth, Finke, and Voigt (2008)

<sup>195</sup> Vgl. Hacker (1992) und Plath (2002) S.523

Produktentstehung (jeder Produktentstehungsprozess ist einzigartig und individuell, siehe Kapitel 2.1.6.1). Folglich besteht ein genereller Bedarf an Erfahrungswissen in der Produktentwicklung.

### 2.3.7 Kompetenz

In der Produktentwicklung sind Wissen und Erfahrung nicht die einzigen Faktoren, die für den späteren Erfolg eines Produktes notwendig sind. Sich ständig ändernde Rahmenbedingungen durch Globalisierung, neue Technologien und neue Märkte oder Marktbedingungen zwingen einzelne Produktentwickler, aber auch komplette Entwicklungsabteilungen, sich umfassend weiterzubilden und weiterzuentwickeln, um weiterhin wettbewerbsfähig zu bleiben. Neben fachlichen Kompetenzen sind zunehmend weitere überfachliche Kompetenzen, sogenannte Schlüsselkompetenzen<sup>196</sup>, wie Teamfähigkeit, Kommunikationsfähigkeit, analytische Kompetenz oder Durchsetzungsstärke notwendig. Die Diskussion um „Kompetenz“ stammt ursprünglich aus den Bereichen Pädagogik, Erwachsenen- und Berufsbildung und Arbeits- und Organisationspsychologie. BUNK definiert: *„Berufliche Kompetenz besitzt derjenige, der über die erforderlichen Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten eines Berufs verfügt, Arbeitsaufgaben selbstständig und flexibel lösen kann sowie fähig und bereit ist, dispositiv in seinem Berufsumfeld und innerhalb der Arbeitsorganisation mitzuwirken“*<sup>197</sup>. Die Europäische Kommission definiert Kompetenz als *„die nachgewiesene Fähigkeit, Kenntnisse, Fertigkeiten sowie persönliche, soziale und methodische Fähigkeiten in Arbeits- oder Lernsituationen und für die berufliche und/oder persönliche Entwicklung zu nutzen“*<sup>198</sup>. WEINERT gibt eine Übersicht über die verschiedenen Definitionen von Kompetenz<sup>199</sup>. Er unterscheidet dabei zwischen:

1. Kompetenzen als generelle kognitive Leistungsdisposition, die Personen befähigen, sehr unterschiedliche Aufgaben zu bewältigen,
2. Kompetenzen als kontextspezifische kognitive Leistungsdisposition, die sich funktional auf bestimmte Klassen von Situationen und Anforderungen beziehen,
3. Kompetenzen im Sinne der für die Bewältigung von anspruchsvollen Aufgaben nötigen motivationalen Orientierung,

---

<sup>196</sup> Die „nicht“ fachlichen Kompetenzen werden in der Literatur öfter als „soft skills“ bezeichnet. Der Autor meidet bewusst diese Bezeichnung, da sie einen „weichen“ Eindruck hinterlässt und die Notwendigkeit dieser Kompetenzen nicht besonders betont.

<sup>197</sup> Bunk (1994)

<sup>198</sup> *Der Europäische Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen (EQR) 2008)*

<sup>199</sup> Weinert (1999)

4. Handlungskompetenzen als eine Integration der ersten drei erstgenannten Konzepte, bezogen auf die Anforderungen eines spezifischen Handlungsfeldes wie z. B. eines Berufs,
5. Metakompetenzen als Wissen, die Strategien oder Motivationen beinhaltet, welche sowohl den Erwerb auch die Anwendung spezifischer Kompetenzen erleichtern,
6. Schlüsselkompetenzen als Kompetenzen im unter 2. genannten funktionalen Sinn, die aber für einen relativ breiten Bereich von Situationen und Anforderungen relevant sind (z. B. muttersprachliche oder mathematische Kenntnisse)<sup>200</sup>.

BUNK unterscheidet zwischen den vier Teilkompetenzen: Fach-, Methoden-, Sozial- und Mitwirkungskompetenz (siehe Tabelle 10). Die Integration aller vier Teilkompetenzen machen Handlungskompetenz aus. Die Bezeichnungen der Kompetenzdimensionen variieren im Allgemeinen in den verschiedenen Disziplinen<sup>201</sup>. So gibt es z. B. auch Unterscheidungen in Fach-, Sozial-, Methoden- und Selbstkompetenz<sup>202</sup>.

Tabelle 10: Teilkompetenzen der Handlungskompetenz nach BUNK<sup>203</sup>

<b>Handlungskompetenz</b>			
<b>Fachkompetenz</b>	<b>Methodenkompetenz</b>	<b>Sozialkompetenz</b>	<b>Mitwirkungskompetenz</b>
-Kontinuität- Kenntnisse, Fertigkeiten, Fähigkeiten	-Flexibilität- Verfahrenswissen	-Sozialität- Verhaltenswissen	-Partizipation- Gestaltungswissen
berufsübergreifend	variable Arbeitsverfahren	einzelmenschlich: Leistungsbereitschaft, Wendigkeit,	Koordinationsfähigkeit Organisationsfähigkeit Kombinationsfähigkeit
berufsbezogen	situative Lösungsverfahren	Anpassungsfähigkeit, Einsatzbereitschaft	Überzeugungsfähigkeit Entscheidungsfähigkeit Verantwortungsfähigkeit
berufsvertiefend	Problemlösungsverfahren	zwischenmenschlich: Kooperationsbereitschaft, Fairness, Aufrichtigkeit, Hilfsbereitschaft, Teamgeist	Führungsfähigkeit
berufsausweitend	Selbstständiges Denken und Arbeiten, Planen, Durchführen und Kontrollieren		
betriebsbezogen	Umstellungsfähigkeit		
erfahrungsbezogen			

<sup>200</sup> Weinert (1999) zitiert in Hartig and Klieme (2006)

<sup>201</sup> Reetz (2006)

<sup>202</sup> Lang (2000); Sonntag and Schaper (2006)

<sup>203</sup> Bunk (1994), S.128

In der Produktentwicklung wird öfter zwischen den vier folgenden Kernkompetenzbereichen unterschieden<sup>204</sup>: Fachkompetenz, Methodenkompetenz, Sozialkompetenz und Selbstkompetenz (siehe Abbildung 20).

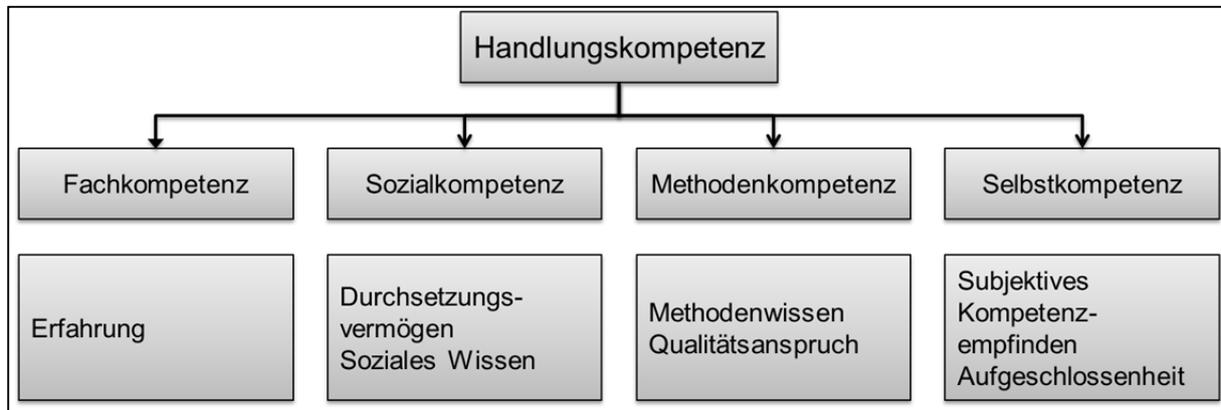


Abbildung 20: Kompetenzmodell und die zentralen erfolgsgestimmten Einflussfaktoren nach BADKE-SCHAUB und FRANKENBERGER<sup>205</sup>

*Fachkompetenz:* Es handelt sich hierbei um Faktenwissen aus dem Bereich der Produktentwicklung wie z. B. Kenntnis von Maschinenelementen, von Berechnungsverfahren, einzelnen Produkte und Systemen und deren Zusammenhänge. Fachkompetenz ist die Fähigkeit, strukturiert Fachwissen mit strategischem Wissen zu kombinieren und in fachspezifischen Bereichen anforderungsgerecht Probleme zu lösen. Sie beinhaltet außerdem die Erfahrung des Produktentwicklers<sup>206</sup>.

*Methodenkompetenz:* Unter Methodenkompetenz wird die Fähigkeit verstanden, Methoden situationsadäquat einzusetzen und ggf. anzupassen. Dies ist eine Erweiterung der Fachkompetenz um den flexiblen und situationsangepassten Einsatz von Methoden. KLIPPERT unterscheidet zwischen Mikro- und Makromethoden. Mikromethoden beinhalten elementare Lern- und Arbeitstechniken wie z. B. Gesprächstechniken. Makromethoden beinhalten dagegen allgemeinere Methoden bzw. Methodenkombinationen wie z. B. Problemlösungsvorgehen<sup>207</sup>.

*Sozialkompetenz:* Die Sozialkompetenz beinhaltet die Kommunikations- und die Teamkompetenz. Diese Kompetenzen sind wegen der immer stärkeren Projektarbeit in der Produktentwicklung sehr wichtig. Sozialkompetent zu sein bedeutet, gleichzeitig bereit und fähig mit anderen zusammenzuarbeiten<sup>208</sup>. ALBERS geht davon

<sup>204</sup> Badke-Schaub and Frankenberg (2004), S.254ff.

<sup>205</sup> Badke-Schaub and Frankenberg (2004), S.256

<sup>206</sup> Badke-Schaub and Frankenberg (2004), S.257

<sup>207</sup> Klippert (2007), S.245

<sup>208</sup> Badke-Schaub and Frankenberg (2004), S.259

aus, dass in der modernen Ingenieurstätigkeit die Teamfähigkeit eine wesentliche Voraussetzung für erfolgreiche Arbeit ist<sup>209</sup>.

*Selbstkompetenz*<sup>210</sup>: Damit ist die Bereitschaft zur aktiven Gestaltung des eigenen Arbeitsbereichs gemeint. Diese beinhaltet z. B. die Selbstreflexion als eine wichtige Voraussetzung. Erst durch die Reflexion des eigenen Vorgehens kann das eigene Handeln analysiert werden. Stärken und Schwächen des eigenen Denkens und Handelns können dann erkannt werden<sup>211</sup>.

Neben diesen vier Kompetenzen wird im Rahmen des Karlsruher Lehrmodells für Produktentwicklung zudem das Kreativitätspotential als fünfte Kompetenz aufgeführt. Dieses beinhaltet nicht nur die Beherrschung von Kreativitätstechniken, sondern insbesondere den Mut zu neuen Lösungen und die Überwindung des Sicherheitsdenkens<sup>212</sup>.

In der Literatur sind weitere Kompetenzbezeichnungen zu finden, wie z. B. heuristische Kompetenz. Diese bezeichnet EHRELENSPIEL als „*Sammelbegriff menschlicher Problemlösefähigkeit*“<sup>213</sup>. GEIS bezeichnet heuristische Kompetenz als problemorientierte Handlungskompetenz. Diese ist für ihn genau die Schnittmenge zwischen der Fach- und der Methodenkompetenz (siehe Abbildung 21). Bereits 1994 wurde beim Ladenburger Diskurs festgestellt, dass als „*wesentliches Handlungskonzept zum Erwerb von heuristischer Kompetenz das Trainieren in unterschiedlichen Problemsituationen anzusehen ist*“<sup>214</sup>. Zur Messung von Kompetenzen können laut ERPENBECK prinzipiell fünf Verfahren angewendet werden: quantitative Messungen, qualitative Messungen, komparative Beschreibungen, simulative Abbildungen (z. B. Simulatoren) und observative Erfassungen (z. B. Arbeitsproben)<sup>215</sup>.

---

<sup>209</sup> Albers, Burkardt, and Becke (2012)

<sup>210</sup> Die Selbstkompetenz wird im Rahmen des Karlsruher Lehrmodells für die Produktentwicklung (KaLeP) als Elaborationspotential (siehe Kapitel 2.1.8) bezeichnet.

<sup>211</sup> Badke-Schaub and Frankenberger (2004), S.261

<sup>212</sup> Albers, Burkardt, and Becke (2012)

<sup>213</sup> Ehrlenspiel (2009)

<sup>214</sup> Pahl (1994)

<sup>215</sup> Erpenbeck and von Rosenstiel (2007)

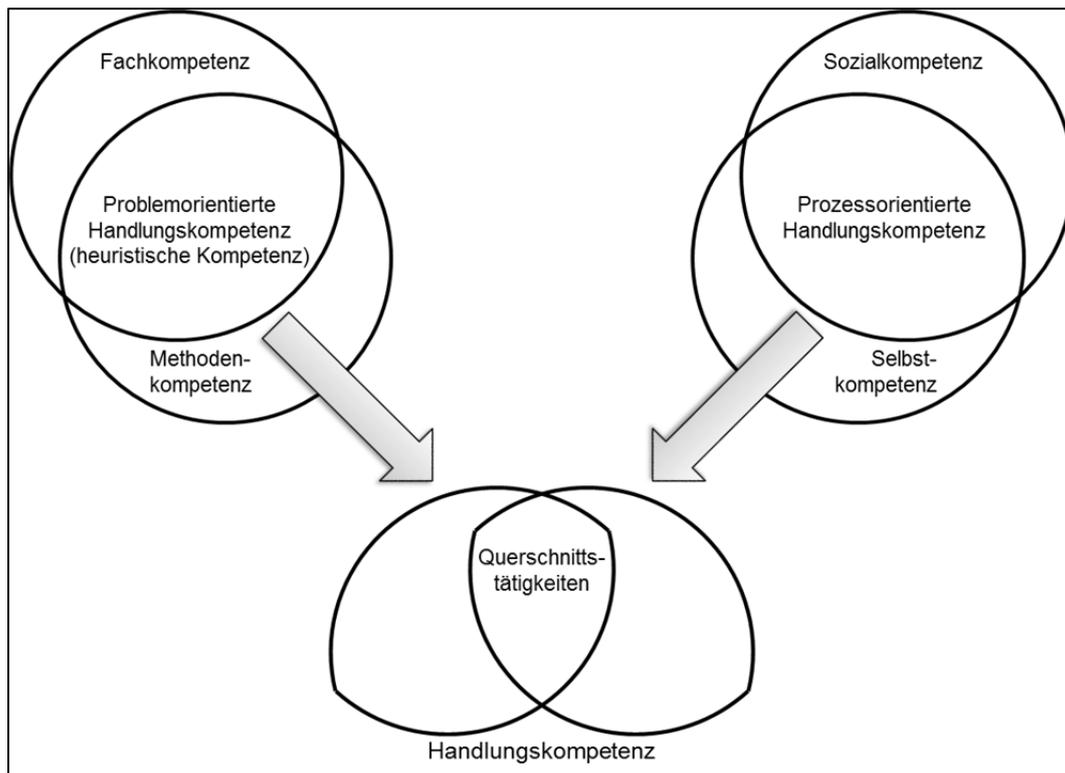


Abbildung 21: Handlungscompetenz in der Produktentwicklung nach GEIS<sup>216</sup>

### 2.3.8 Expertise

Wenn von Erfahrungswissen gesprochen wird, das im hohen Maße personengebunden ist, muss man zwangsläufig von erfahrenen und weniger erfahrenen Individuen sprechen können. Für die Charakterisierung dieser Unterschiede ist die Expertiseforschung im Bereich der kognitiven Psychologie entstanden.

Herausragende Leistung von Personen, Expertise genannt, wird durch mehrere Theorien in der Literatur erklärt, die sich nach GRUBER in vier Hauptansätzen zusammenfassen lassen. Der erste Ansatz „*Expertise und Begabung*“ führt herausragende Leistungen von Personen auf personeninterne und kognitive Kompetenzen wie z. B. allgemeine Intelligenz oder Gedächtniskapazität zurück. Der zweite Ansatz „*Expertise und Strategien*“ fasst Expertise als erlernbares Phänomen auf. In dieser Auffassung verfügt eine Person mit hoher Expertise über leistungsstarke generelle Strategien. Im dritten Ansatz „*Expertise und Wissen*“ wird Expertise als domänenspezifisches, von der Domäne abhängiges und erlernbares Phänomen angesehen. In den Theorien, die diesen Ansatz verfolgen, werden oft quantitative Unterschiede zwischen Personen mit höherer und niedriger Expertise

<sup>216</sup> Geis (2011), S.41

auf Erfahrung und Wissenskumulation in der betroffenen Domäne zurückgeführt. Der vierte Ansatz „*Expertise und qualitative Unterschiede*“ umfasst alle Theorien, die Personen mit hoher Expertise von Personen mit niedriger Expertise in spezifischen Domänen auf qualitativer Ebene unterscheiden<sup>217</sup>.

Expertise wird als domänenspezifisch angesehen. Die Anfänge liegen in den 1950er Jahren mit Untersuchungen von Schachspielern. Später kamen weitere Untersuchungen aus anderen Domänen, wie z. B. Physik, Chemie oder Medizin, hinzu. Eine Zusammenfassung der Expertiseforschung ist beispielsweise bei GRUBER<sup>218</sup> zu finden.

Was unter Expertise verstanden wird bzw. wann eine Person als Experte bezeichnet wird, unterscheidet sich stark zwischen den Domänen<sup>219</sup>. Weitgehende Übereinstimmung besteht dennoch darüber, dass ein Experte viel über seine Domäne weiß, dass er Probleme in seiner Domäne korrekt und kompetent löst und dass ihm vertraut werden kann<sup>220</sup>. Die in der Literatur meistzitierte Definition von „Experte“ stammt von GRUBER und lautet: „*Ein Experte ist eine Person, die auf einem bestimmten Gebiet dauerhaft (also nicht zufällig oder singulär) herausragende Leistungen erbringt*“<sup>221</sup>. Diese Definition impliziert, dass der Begriff ein relatives Konzept ist. „Herausragende Leistungen“ sind nur möglich im Vergleich zu einem Bezugspunkt bzw. zu einer Person, die relativ gesehen weniger herausragende Leistungen erbringt. Diese Person wird in der Literatur öfter als „Novize“ bezeichnet. Doch was genau ein Novize ist bzw. welche Leistungen oder Fähigkeiten diese Person bereits erbringen muss, um als Novize bezeichnet zu werden, ist nicht eindeutig beschrieben<sup>222</sup>.

Neben Experte und Novize werden in der Literatur weitere Bezeichnungen verwendet, wenn mehrere Personen unterschiedlicher Expertisegrade miteinander verglichen werden. Die Bestimmung des Expertisegrades variiert stark in Abhängigkeit der Domäne, in der die Expertise identifiziert wird und hängt letztendlich davon ab, wie „herausragende Leistungen“ in dieser Domäne definiert sind. Expertenhaftes Autofahren z. B. wird über andere Kriterien definiert als expertenhaftes Schach spielen. Beim Schach wird die Expertise mit dem Erfolg im

---

<sup>217</sup> Gruber (1994)

<sup>218</sup> Gruber (2010)

<sup>219</sup> Friege (2001)

<sup>220</sup> Gruber (1994)

<sup>221</sup> Gruber (2010)

<sup>222</sup> Gruber (1994)

Spiel verknüpft<sup>223</sup>. Was Expertise im Bereich des Maschinenbaus auszeichnet, wird im Allgemeinen mit dem Erfolg beim Lösen technischer Probleme aus dem Maschinenbau verknüpft. Zu den Vorteilen des Experten-Novizen-Vergleichs zählen nach GRUBER folgende Punkte:

- Eine Zuteilung zu Versuchsgruppen kann eindeutig und ausgesprochen valide sein. Probleme, wie sie z. B. bei der Gruppenzuteilung aufgrund von Ratings durch dritte Personen entstehen können, existieren nicht.
- Der Experten-Novizen-Vergleich kann Aufschluss über Wissensverarbeitungsprozesse geben, die z. B. durch Erfahrung entstehen. Die mögliche Untersuchung qualitativer Unterschiede erlaubt es, Entwicklungsmodelle zu formulieren und zu überprüfen.
- Der Experten-Novizen-Vergleich ist wichtig bei der Beurteilung eventueller dispositionaler Merkmale.
- Der Experten-Novizen-Vergleich erlaubt Studien, die über das Untersuchungslabor hinaus Validität besitzen.
- Der Experten-Novizen-Vergleich hilft, entwicklungspsychologische Fragestellungen über das Altern von Menschen angemessen zu verfolgen<sup>224</sup>.

Ein Modell der stufenweisen Entwicklung vom Anfänger zum Experten ist das Stufenmodell nach DREYFUS und DREYFUS<sup>225</sup>. Das Modell ist in der Literatur weit verbreitet und wird im Verlauf dieser Arbeit verwendet. Dieses Modell beinhaltet die fünf Stufen: Neuling, fortgeschrittener Anfänger, kompetenter Akteur, Professioneller und Experte (siehe Tabelle 11).

Stufe 1 - Neuling (engl. Novice<sup>226</sup>):

Nach DREYFUS und DREYFUS ist ein Anfänger jemand, der „Regeln“ auswendig erlernt hat, mit denen er aufgrund der Fakten und Muster seine Handlungen bestimmen kann. Elemente einer Situation, die er für relevant hält, sind für ihn so klar und objektiv definiert, dass er sie ohne Bezug auf die Gesamtsituation, in der sie auftauchen, erkennen kann. Solche Elemente nennen DREYFUS und DREYFUS „kontextfrei“. Die Regeln, die auf diese Fakten ohne Rücksicht auf die übrige Situation angewendet werden, heißen „kontextfreie Regeln“. Die Verarbeitung eindeutig

---

<sup>223</sup> Friege (2001)

<sup>224</sup> Gruber (1994), S.17

<sup>225</sup> Dieses Modell wurde zum erstem Mal in Dreyfus and Dreyfus (1980) veröffentlicht.

<sup>226</sup> Dreyfus and Dreyfus (1986), S.43f.

definierter, kontextfreier Elemente durch präzise Regeln wird „*Informationsverarbeitung*“ bezeichnet<sup>227</sup>.

Stufe 2 - Fortgeschrittener Anfänger (engl. Advanced Beginner<sup>228</sup>):

Der fortgeschrittene Anfänger hat im Vergleich zum Neuling erste Erfahrungen in realen Situationen gesammelt. Er kann mehr kontextfreie Fakten in sein Handeln einbeziehen und kompliziertere Regeln anwenden. Entscheidend sind aber die gemachten Erfahrungen mit „*bedeutungsvollen Elementen*“, die in den kontextfreien Regeln nicht erfasst werden können. Solche Elemente werden als „*situational*“ bezeichnet. Verhaltensregeln können sich sowohl auf die situationsbezogenen als auch die kontextfreien Komponenten beziehen. Es werden reichhaltigere Erfahrungen bei der Arbeitsausführung gemacht, umso mehr Regeln im eigenen Arbeitshandeln verwendet werden. Durch Erfahrungslernen wird der Umfang der Merkmale einer Situation für den fortgeschrittenen Anfänger bedeutungsvoll erweitert. Sowohl der Neuling als auch der fortgeschrittene Anfänger übernehmen fremde Regeln, die sie nicht selbst aufgestellt haben. Sie fühlen sich in dem Sinne für deren Resultate nicht verantwortlich, da sie diese nicht als Resultat ihres eigenen Denkens begreifen<sup>229</sup>.

Stufe 3 - Kompetenter Akteur (engl. Competence<sup>230</sup>):

„*Mit zunehmender Erfahrung wird die Zahl der kontextfreien und situationalen Elemente, die ein Anfänger in einer realweltlichen Situation erkennen kann, überwältigend groß*“ aber „*noch fehlt ihm der Sinn für das Wesentliche einer Situation*“. In dieser dritten Stufe erwirbt der kompetente Akteur hierarchisch geordnete Entscheidungsprozeduren. „*Indem man zunächst einen Plan wählt, um eine Situation zu organisieren, und dann nur noch die kleine Menge von Faktoren untersucht, die im betreffenden Plan am wichtigsten sind, kann man sich seine Aufgaben vereinfachen und die eigenen Leistungen verbessern.*“ Der kompetente Akteur fühlt sich im Unterschied zum Neuling und fortgeschrittenen Anfänger für seinen Plan verantwortlich<sup>231</sup>.

Stufe 4 - Professioneller oder gewandter (engl. Proficiency<sup>232</sup>):

---

<sup>227</sup> Dreyfus and Dreyfus (1987), S.43

<sup>228</sup> Dreyfus and Dreyfus (1986), S.45f.

<sup>229</sup> Dreyfus and Dreyfus (1987), S.45

<sup>230</sup> Dreyfus and Dreyfus (1986), S.46f.

<sup>231</sup> Dreyfus and Dreyfus (1987), S.49

<sup>232</sup> Dreyfus and Dreyfus (1986), S.50f.

„Ein gewandtes Vorgehen passiert einfach, offensichtlich weil [der Gewandte] in der Vergangenheit ähnliche Situationen erlebt hat, an die er sich nun wieder erinnert. Diese Erinnerungen lösen ähnliche Pläne aus wie die, die schon damals funktionierten, und Erwartungen von Ereignissen, wie sie ebenfalls vorher in vergleichbarer Form eintraten“. Die Auswertung der Faktoren einer Situation, die Anwendung von Plänen sowie die Ausführung von Prozeduren erfolgt intuitiv. Solche Entscheidungen laufen quasi instinktiv ab. Intuition darf hier nicht als „wildes Raten“ oder „übernatürliche Inspiration“ verstanden werden, sondern als eine alltägliche Handlung<sup>233</sup>.

Stufe 5 - Experte (engl. Expertise<sup>234</sup>):

„Das Können des Experten ist so sehr Teil seiner Person geworden, dass er sich dessen nicht bewusster sein muss als seines Körpers“. „Wenn keine außergewöhnlichen Schwierigkeiten auftauchen, lösen Experten weder Probleme noch treffen sie Entscheidungen; sie machen einfach das, was normalerweise funktioniert“<sup>235</sup>.

Tabelle 11: Stufenmodell für die Expertiseentwicklung nach DREYFUS und DREYFUS<sup>236</sup>

Stufe	Komponenten	Verständnis der Situation	Entscheidungsfindung	Innere Einstellung
<b>Neuling</b>	kontextfrei	keines	analytisch	distanziert
<b>Fortgeschrittener Anfänger</b>	kontextfrei und situationsbezogen	keines	analytisch	distanziert
<b>Kompetenter Akteur</b>	kontextfrei und situationsbezogen	analytisch, bewusst gewählt	analytisch	distanziertes Verstehen und Entscheiden, involviert im Ergebnis
<b>Professioneller</b>	kontextfrei und situationsbezogen	aus Erfahrung	analytisch	distanziert im Entscheiden, involviert im Verstehen
<b>Experte</b>	kontextfrei und situationsbezogen	aus Erfahrung	intuitiv	involviert

Generell lassen sich drei Hauptverfahren der Expertisebestimmung identifizieren. Die erste Möglichkeit besteht darin, die Expertise einer Person anhand nomineller Kriterien beispielsweise des akademischen Titels oder der Erfahrung in einer

<sup>233</sup> Dreyfus and Dreyfus (1987), S.52f.

<sup>234</sup> Dreyfus and Dreyfus (1986), S.53f.

<sup>235</sup> Dreyfus and Dreyfus (1987). S.54f.

<sup>236</sup> Dreyfus and Dreyfus (1987), S.80

Domäne in Jahren zu bestimmen. Dieses Verfahren ist z. B. bei CHI, FELTOVICH und GLASER zu finden<sup>237</sup>. Die zweite Möglichkeit ist, die Expertise einer Person mittels Leistungstests zu bestimmen. Hierfür werden Tests, die mit dem Expertisegrad korrelieren entwickelt<sup>238</sup> oder es werden Prüfungsergebnisse aus dem regulären Studienverlauf herangezogen<sup>239</sup>. Die dritte Möglichkeit ist die Verwendung eines vorhandenen validen Messinstruments. Ein Beispiel dafür ist die von dem US-amerikanischen Physiker und Statistiker ARPAD ELO entwickelte ELO-Zahl, die als Wertungszahl für Expertise in der Domäne Schach gilt<sup>240</sup>. Jedem Schachspieler wird eine ELO-Zahl zugeordnet. Nach einem Spiel wird für diesen Spieler eine neue ELO-Zahl berechnet, die sich aus seiner alten ELO-Zahl, aus der alten ELO-Zahl des Gegners und aus dem Ergebnis des Spieles ergibt.

Expertise in einer Domäne zu entwickeln braucht Zeit. Diese Dauer hängt von verschiedenen Faktoren wie der Intensität der Beschäftigung aber vor allem von der Domäne selbst ab. Um die Stufe eines Großmeisters im Schach zu erreichen, benötigt ein Schachspieler um die zehn Jahre<sup>241</sup>. Seitdem ERICSSON diesen Wert auf andere Domänen wie z. B. Medizin, Computerprogrammierung, Physik, Sport, Jonglage, Tanz und Musik erweitert hat, wird dieser Richtwert auch gerne einfach übernommen<sup>242</sup>. Ein Extrembeispiel stellt das Japanische Puppenspiel Bunraku dar. Dafür braucht ein Lehrling um die dreißig Jahre, um ein Experte zu werden<sup>243</sup>.

Zusammenfassend lässt sich hervorheben, dass der Begriff Experte ein relatives Konzept ist. Eine Person kann als Experte nur im Vergleich zu einem Novizen oder zu einer Person mit einem niedrigeren Expertisegrades bei mehreren Aufstufungen des Expertisegrades bezeichnet werden. Dies gilt auch für diese Arbeit. In Anlehnung an GRUBER wird ein Experte in dieser Arbeit wie folgt definiert: „*Ein Experte im Bereich der Produktentwicklung besticht durch seine dauerhaft (also nicht zufällig oder singulär) erbrachten herausragenden Leistungen im Lösen technischer Probleme*“. In dieser Arbeit werden Studierende im ersten Studienjahr als Novizen angenommen. Experten stellen Doktoranden und Professoren des Maschinenbaus dar.

---

<sup>237</sup> Chi, Feltovich, and Glaser (1981)

<sup>238</sup> Gruber (1994)

<sup>239</sup> Friege and Lind (2000)

<sup>240</sup> *Glossary E - Elo Rating* (2013): Zu dieser Zeit hat der Schachweltmeister Garri Kimowitsch Kasparow 2812 Punkte. Seine Beste Elo-Zahl von 2851 Punkten erreichte er in Juli 1999. Durchschnittliche Vereinsspieler haben zwischen 1000 und 1800 Elo-Punkte. Freizeitspieler haben zwischen 800 und 1000 Punkte. Schachcomputer kommen auf etwa 2200 Elo-Punkte.

<sup>241</sup> Simon and Chase (1973)

<sup>242</sup> Ericsson and Lehmann (1996)

<sup>243</sup> Lutterjohann (2004)

### 2.3.9 Erfahrungswissen in der Produktentwicklung

Jeder Konstrukteur kann von Situationen berichten, in denen er sich statt in einer Routinetätigkeit in einer Problemsituation befunden hat. Was für einen Menschen eine einfache Aufgabe ist, da er genügend Erfahrungen mit ähnlichen früheren Vorgängen hat, kann für einen anderen ein großes Problem sein, da er ein Neuling in dem betreffenden Gebiet ist<sup>244</sup>. Es hängt von der bisher gemachten Erfahrung und dem gesammelten Wissen ab, ob eine Situation als schwierige Problemsituation oder als Routine empfunden wird<sup>245</sup>. Erfahrungswissen zeichnet sich durch ein hohes Ausmaß an impliziten, also an nicht oder nur schwer verbalisierbarem Wissen aus<sup>246</sup>. Erfahrene Konstrukteure erkennen Probleme eher als Anfänger, können ihr Vorgehen entsprechend darauf abstimmen und sind deshalb besser geeignet, schwierigere Gestaltungsprobleme zu bearbeiten<sup>247</sup>. Ehrlenspiel bezeichnet das Konstruieren daher als *„intuitives und rationales, aber flexibles Vorgehen mit der jeweils gespeicherten Erfahrung und den für die Situation zweckmäßigen Methoden“*<sup>248</sup>. Auch für WALLACE, AHMED und BRACEWELL ist eine ausreichende Dauer der Ausführung eine wichtige, aber keine hinreichende Bedingung für die Aneignung von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung: *„Experts have a high level of expertise in a particular field and are recognised by their peers. Although exposure to a variety of design projects always increases experience, it does not necessarily make an individual an expert. Novices, by definition, cannot be experienced, but they may have sufficient knowledge and ability to be experts, particularly in fast-moving new fields“*<sup>249</sup>.

#### 2.3.9.1 Erfahrungswissen während der Problemanalyse

Individuelle Wahrnehmungen von Zielen zu Beginn einer Problembearbeitung können je nach Erfahrung sehr unterschiedlich sein. BADKE-SCHAUB und FRANKENBERGER gehen davon aus, dass Erfahrung sehr wichtig und hilfreich für die Bewertung von Zielinformationen sein kann<sup>250</sup>. Aus in der Vergangenheit gemachten Erfahrungen können wichtige Anforderungen resultieren<sup>251</sup>. Erfahrung ist auch einer der wichtigsten Einflussfaktoren für eine erfolgreiche Bewältigung kritischer

---

<sup>244</sup> Ehrlenspiel (2009), S.53

<sup>245</sup> Badke-Schaub and Frankenger (2004), S.23

<sup>246</sup> Badke-Schaub and Frankenger (2004), S.47

<sup>247</sup> VDI-2223 (2004)

<sup>248</sup> Ehrlenspiel (2009)

<sup>249</sup> Wallace, Ahmed, and Bracewell (2005), S.329

<sup>250</sup> Badke-Schaub and Frankenger (2004), S.84

<sup>251</sup> Pahl et al. (2007), S.223

Situationen<sup>252</sup>. Um überhaupt einen Sachverhalt als Problem zu erkennen und später Lösungen dafür zu generieren, muss ein gewisses Ausmaß an Erfahrung und Wissen vorhanden sein. Da sich viele Eigenschaften nicht unmittelbar aus der Darstellung oder aus der Skizze ableiten lassen, sondern nur angenommen werden können, kommt der Erfahrung des Konstrukteurs bei der Analyse eine entscheidende Rolle zu. Wichtig ist dafür auch das räumliche Vorstellungsvermögen<sup>253</sup>. Trotz ihrer grundlegenden Bedeutung für die gesamte Problemlösung werden Zielanalysen und Zielfestlegungen oftmals am wenigsten kritisch wahrgenommen. Das liegt neben Zeitdruck unter anderem auch an Erfahrung: Der „*Konstrukteur glaubt, die Anforderungen bereits zu kennen*“<sup>254</sup>. Umfangreiche Erfahrung können zu einem Bewusstsein der Sicherheit führen und somit dazu, dass Zielanalysen nicht konsequent mit ausreichender Informationssuche gekoppelt werden<sup>255</sup>. Die Tatsache, dass Erfahrung nicht nur positive Auswirkungen haben kann, bezeichnet SCHAPER, WESTPHAL und PÄHLER als „*ambivalente Wirkung von Erfahrung*“<sup>256</sup>.

#### 2.3.9.2 Erfahrungswissen während der Lösungssuche

Während der Lösungssuche ist zwar eine freie Kreativität verlangt, aber Zeit- und Kostenziele sind mindesten genauso wichtig für eine erfolgreiche Produktentwicklung. Bei der Lösungssuche wird ein erfahrener Konstrukteur nicht „blind“ alle denkbaren Varianten schematisch durchspielen, sondern sich auf maßgebliche Gestaltungselemente, deren Stärken und deren Schwachstellen im Sinne des operationalen Vorgehens konzentrieren<sup>257</sup>. Diese Vorgehensweise folgt dem menschlichen Ökonomieprinzip der Informationsverarbeitung und wird die korrigierende Lösungssuche genannt<sup>258</sup>. Dabei wird von einer für den erfahrenen Konstrukteur bekannten Lösungsidee ausgegangen und diese bei auftretenden Fehlern und Einschränkungen so lange modifiziert, bis die Lösungsidee im Hinblick auf die Anforderungen befriedigend erscheint<sup>259</sup>. ALBERS versteht darunter die

---

<sup>252</sup> Badke-Schaub and Frankenberger (2004), S.74; Ehrlenspiel (2009), S.126f.

<sup>253</sup> Ehrlenspiel and Dylla (1991)

<sup>254</sup> Badke-Schaub and Frankenberger (2004), S.72

<sup>255</sup> Badke-Schaub and Frankenberger (2004), S.75

<sup>256</sup> Schaper, Westphal, and Pähler (2009), S.187

<sup>257</sup> VDI-2223 (2004)

<sup>258</sup> Im Gegensatz dazu ist die generierende Lösungssuche zu finden. Sie „*ist eine eher selten zu beobachtende Lösungssuchstrategie und im Wesentlichen bei Personen mit konstruktionsmethodischer Ausbildung anzutreffen. Das generierende Vorgehen bietet eine größere Wahrscheinlichkeit zu neuen und kreativen Lösungsideen zu kommen, da mehrere Prinzipien gleichzeitig berücksichtigt werden im Gegensatz zur korrigierenden Lösungssuche.*“  
Badke-Schaub and Frankenberger (2004), S.115

<sup>259</sup> Badke-Schaub and Frankenberger (2004), S.115

Produktgenerationsentwicklung, bei der natürlich neue inventive und innovative Lösungen entstehen und die bestehende Wissensbasis berücksichtigt<sup>260</sup>.

Ein erfahrener Konstrukteur hat schon allein aufgrund seines Wissens und der Vielfalt vorhandener ähnlicher Lösungen in seinem Gedächtnis die Fähigkeit, möglichst schnell aufkommende Lösungsideen zu konkretisieren<sup>261</sup>. Außerdem sind Experten sehr gut in der Lage, Situationen aus ihrem Erfahrungsbereich adäquat einzuschätzen und dementsprechend Maßnahmen zu ergreifen<sup>262</sup>.

Obwohl Experten sehr gut darin sind, Situationen einzuschätzen und Maßnahmen zu ergreifen, können sie oft nur unzureichend angeben, welche Kriterien bei diesen Prozessen ausschlaggebend waren<sup>263</sup>. Zudem kann Erfahrung zu kreativitätshindernden typischen Mind-sets führen. Diese lassen sich an Aussagen wie "Das haben wir schon immer so gemacht!" oder „Nur keine Experimente!“ erkennen<sup>264</sup>.

### 2.3.9.3 Erfahrungswissen während der Lösungsumsetzung

Die Gestaltung einer neuen Lösung basiert – durch den Zugriff auf beispielsweise Checklisten, Standardbauteilen, Gestaltungsrichtlinien etc. – immer auf bisher gemachten Erfahrungen bei der Gestaltung vorheriger Lösungen. Beispielsweise sind in Konstruktionsregeln oder Gestaltungsrichtlinien Erfahrungen über eben solchen Lösungen und Vorgehensweisen abstrahiert, konzentriert und dokumentiert, die sich bei früheren Konstruktionsaufgaben bewährt haben und die für einen größeren Benutzerkreis von Interesse sind<sup>265</sup>. Die Nichtnutzung bereits vorhandener Erfahrung ist sogar eine Ursache für die unnötige Teilevielfalt<sup>266</sup>. Beim Umsetzen einer Lösung ist sogar eine hinreichende Erfahrung erforderlich<sup>267</sup>.

Die Güte einer Lösungsanalyse – als Teilschritt der Lösungsumsetzung – hängt maßgeblich davon ab, dass möglichst viele relevante Kriterien einer Lösung analysiert werden, die sich vorzugsweise aus der Aufgabenstellung selbst und den bei der Zielelaboration erkannten Zielkriterien ableiten. Auch wenn das Beurteilen von Vorentwürfen oft unbewusst und parallel zum Gestalten stattfindet, ist es sinnvoll, erfahrene Mitarbeiter hinzuzuziehen, um die Beurteilungssicherheit zu

---

<sup>260</sup> Albers and Sadowski (2013)

<sup>261</sup> Badke-Schaub and Frankenberger (2004), S.115

<sup>262</sup> Badke-Schaub and Frankenberger (2004), S.52

<sup>263</sup> Badke-Schaub and Frankenberger (2004), S.52

<sup>264</sup> Badke-Schaub and Frankenberger (2004), S.145

<sup>265</sup> VDI-2223 (2004)

<sup>266</sup> Ehrlenspiel (2009)

<sup>267</sup> Pahl et al. (2007), S.515

erhöhen<sup>268</sup>. „Erfahrene Konstrukteure sehen auf einen Blick, ob die Proportionen stimmen, ob die Stärke von Wänden oder die Anzahl von Streben passen usw. Da die Konstrukteure in ihrem Aufgabenbereich meist an ähnlichen Produkten arbeiten, gewinnen sie in diesem fachlichen Kontext mit der Zeit ein ‚Gefühl‘ für solche Analysen und konstruieren“<sup>269</sup>.

„Einerseits sind Wissen und Erfahrung für kreative neue Lösungen unerlässlich, auf der anderen Seite kann genau diese Erfahrung das kreative Denken und Handeln blockieren“<sup>270</sup>. Kritisch ist, wenn es um neuartige Entwicklungsaufgaben geht. Routinen können zum Problem werden, wenn Aufgabenstellungen und Lösungen nicht mehr ausreichend hinterfragt werden (Erfahrungsfälle)<sup>271</sup>.

#### 2.3.9.4 Bedeutung von Erfahrungs-(wissen) für die Entwicklungsmethodik

Geschichtlich gesehen entstand die heutige Konstruktionswissenschaft basierend auf den bisher gemachten Erfahrungen seit der Anerkennung des „Konstruierens“ als eigenständige Tätigkeit vor etwa 200 Jahren<sup>272</sup>. Einschlägige Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gesammelt, geordnet und zu allgemeinem Wissen in Form von Regeln, Modellen und Gesetzen abstrahiert<sup>273</sup>. Erfahrung ist bis heute eine wichtige Quelle für wissenschaftliche Erkenntnisse im Bereich der technischen Entwicklungsmethodik<sup>274</sup>. So schreibt EHRENSPIEL im Vorwort seines Buches „Integrierte Produktentwicklung“: „Das Buch ist [...] als Summe meiner Erfahrungen aus Praxis, Forschung und Lehre entstanden“<sup>275</sup>. PAHL, BEITZ, FELDHUSEN und GROTE schreiben in ihrem Buch „Konstruktionslehre“: „Die in diesem Buch beschriebenen Vorgehensweisen und angeführten Methoden sind in den letzten Jahren vielfach bei der Lösung von Problemen der Industrie anlässlich von Studien- und Diplomarbeiten, bei methodischer Begleitung von Projekten sowie in Konstruktionsbereichen der Industrie eingesetzt worden. Die dabei gewonnenen Erfahrungen wurden ausgewertet und veröffentlicht“<sup>276</sup>. Auch das iPeM nach ALBERS basiert auf reichliche Praxiserfahrungen<sup>277</sup>. Manchen Handlungen in der Produktentwicklung können gewisse Prinzipien zugrunde liegen, die unabhängig von der konkreten

---

<sup>268</sup> VDI-2223 (2004); Ehrlenspiel (2009), S.580

<sup>269</sup> Badke-Schaub and Frankenberger (2004), 158; vgl. auch "Gefühl des Konstrukteurs" Ehrlenspiel (2009), S.120ff.

<sup>270</sup> Lindemann (2009), S.142

<sup>271</sup> Badke-Schaub and Frankenberger (2004), S.159

<sup>272</sup> Wögerbauer (1943); Kesselring (1954); Pahl and Beitz (1977)

<sup>273</sup> Hubka and Eder (1992)

<sup>274</sup> Pahl et al. (2007), S.1

<sup>275</sup> Ehrlenspiel (2009)

<sup>276</sup> Pahl et al. (2007), S.780

<sup>277</sup> Albers (2010)

Aufgabenstellung in vielen Situationen anwendbar sind. Diese aus der Erfahrung abgeleiteten Grundprinzipien des Handelns unterstützen den Entwickler bei der Problemlösung. Diese finden sich auch als Elemente in vielen Methoden wieder<sup>278</sup>. „Wenn Beteiligte in konkreten Entwicklungsprozessen (oder externe Beobachter des Prozesses) erkennen, welches Vorgehen je nach Situation zum Erfolg führt und diese Erfahrungen kumuliert und reflektiert werden, ist es möglich, bestimmte wiederkehrende ‚Muster‘ abzuleiten und allgemeine Handlungsempfehlungen zu formulieren. Derartige Muster werden in der Regel in allgemeiner, abstrahierter Form als Vorgehensmodelle beschrieben mit dem Zweck, dass sie für eine Vielzahl von Entwicklungssituationen Gültigkeit besitzen“<sup>279</sup>.

#### 2.3.9.5 Erfahrungswissen als Forschungsfeld in der Produktentwicklung

Forschungsarbeiten aus dem Bereich der Entwicklungsmethodik, die sich mit explizitem, formalisierbarem Wissen beschäftigen gibt es viele. Einige davon wurde in Kapitel 2.2.3 aufgegriffen. Forschungsarbeiten, die sich eher mit Erfahrungswissen, also dem personengebundenen, nicht immer formalisierbaren Wissen beschäftigen, sind seltener. Unlängst konzentrierte sich z. B. die Erforschung der Unterschiede zwischen Novizen und Experten zumeist auf Probleme, in denen entweder Ziele und Zusammenhänge klar definiert sind oder aber in denen eine begrenzte Anzahl von Regeln herrscht, wie beispielsweise in den Bereichen Schach, Musik oder Sport. Probleme in der Produktentwicklung sind meistens schlecht bzw. nicht ausreichend definiert und es gibt keinen einfachen Satz von Regeln, um schnell und einfach zu einer Problemlösung zu gelangen. Im Folgenden werden die relevanten Arbeiten aus dem Bereich der Produktentwicklung chronologisch dargestellt.

Zu den ersten Arbeiten aus dem Bereich der Produktentwicklung – ursprünglich angetrieben durch die Fragen nach den kognitiven Fähigkeiten von Konstrukteuren – zählen die Arbeiten von DYLLA und FRICKE. Ihre Untersuchungen haben gezeigt, dass Anfänger mit methodischer Ausbildung dazu neigen, methodisch stufenweise ablauforientiert vorzugehen. Dagegen arbeiten Erfahrene eher teilproblemorientiert. Sie greifen unmittelbar auf den eigenen Erfahrungsschatz zu, kennen eine Vielzahl an möglichen Teillösungen und können diese schnell darstellen. Sie kommen auf diese Art schneller als Anfänger zu einzelnen Teillösungen, die dann unter Nutzung eines korrigierenden Vorgehens zu einer Gesamtlösung zusammengefasst werden. Ein Nachteil dieses Vorgehens ist das notwendige Zurückspringen im Falle einer später erkannten, mangelnden Funktionsfähigkeit im Zusammenwirken der

---

<sup>278</sup> Albers, Deigendesch, and Turki (2009b); Deigendesch (2009); Lindemann (2009), S.33

<sup>279</sup> Lindemann (2009), S.36

Teillösungen<sup>280</sup>. Mit Hilfe detaillierter Einzelfallanalysen untersuchten AUER und VON DER WETH das anfängliche Klären einer Aufgabenstellung bei zehn Versuchspersonen. Die Untersuchung sollte den Zusammenhang zwischen Erfahrung und individuellen Zielen deutlich machen, indem Konstrukteuren mit ganz unterschiedlichem Erfahrungshintergrund jeweils dasselbe Konstruktionsproblem vorgegeben und der Prozess der anfänglichen Aufgabenklärung untersucht wurden. AUER und VON DER WETH fanden heraus, dass es zwischen der Art und dem Umfang der individuellen Ziele einerseits und der Konstruktionserfahrung andererseits einen Zusammenhang gibt: Neben einer didaktisch guten Ausbildung ist insbesondere die bessere Nutzung von Konstruktionserfahrung für das Klären einer konstruktiven Aufgabenstellung wichtig<sup>281</sup>. FRANKENBERGER beobachtete in seinen Untersuchungen, dass neben dem überwiegend positiven Einfluss von Erfahrung auch negative Einflüsse auftreten können, etwa wenn erfahrene Personen zur „Zielscheibe“ für den Informationsbedarf der Unerfahrenen werden, wenn Erfahrung als Machtfaktor in der Gruppe eingesetzt wird oder wenn Erfahrung als Routinefalle für Fehler sorgt<sup>282</sup>. In seinen Beobachtungsstudien zum Thema Nutzung von Erfahrungen in der Konstruktion in der Luftfahrtindustrie fand MARSH heraus, dass in nicht weniger als 90 Prozent der Informationsanfragen direkt bei einer anderen Person und nicht in Dokumenten stattfinden<sup>283</sup>. GÜNTHER untersuchte im Rahmen seiner Forschung den Zusammenhang zwischen Konstruktionserfahrung und anderen Personenmerkmalen. Er fand heraus, dass Konstrukteure mit hoher Konstruktionserfahrung eine hohe heuristische Kompetenz besitzen, ein adäquates Problemlöseverhalten zeigen, weniger emotional belastet sind und eine hohe Motivation bei neuartigen Problemen zeigen<sup>284</sup>. SCHNEIDER zeigte, dass fachspezifische Erfahrungen im Methodenumgang die Planung und Verfolgung des Produktentwicklungsprozesses fördern und helfen, schneller und zielgerichteter Lösungen zu finden<sup>285</sup>. Probleme in der Produktentwicklung sind anfangs meistens ungenau. Produktentwickler versuchen dann, aus einem schlecht definierten Problem mehrere gut definierte Subprobleme zu machen. Dabei verfolgen Anfänger und erfahrene Produktentwickler unterschiedliche Problemzerlegungsstrategien. HO fand in einer Studie mittels Protokollanalyse heraus, dass Experten von Anfang an und basierend auf ihren Erfahrungen eine Struktur schaffen, um schlecht definierte

---

<sup>280</sup> Dylla (1991); Ehrlenspiel and Dylla (1991); Fricke and Pahl (1991)

<sup>281</sup> Auer and von der Weth (1994); von der Weth (1994)

<sup>282</sup> Frankenberger (1997), S.170ff.

<sup>283</sup> Marsh (1997)

<sup>284</sup> Günther (1998)

<sup>285</sup> Schneider (2001)

Probleme auf ihre eigene Weise neu zu definieren. Experten erkennen meistens sofort die eigentliche Zielsetzung des Problems; im Anschluss versuchen sie rückwärts das Problem zu rekonstruieren. Danach arbeiten sie wieder vorwärts, um das Problem zu lösen. Anfänger meiden das ursprüngliche Problem, wenn sie es nicht verarbeiten können. Sie definieren für sich – basierend auf dieser neuen Situation – das Problem neu<sup>286</sup>. GERO und KAVAKLI fanden heraus, dass die Produktivität eines Experten im Produktentwicklungsprozess um das Dreifache höher ist als die eines Novizen. Bei der ersten Begegnung mit komplexen Problemen neigen Experten dazu, vorwärts zu denken (von den gegebenen Informationen zum Unbekannten). Dagegen neigen Novizen dazu, rückwärts zu denken (von einer Hypothese über das Unbekannte zurück zu den gegebenen Informationen). Bei der Lösung komplexer Probleme wechseln Experten ständig zwischen vorwärts und rückwärts Denken ab. GERO und KAVAKLI führen dies darauf zurück, dass Experten zwar eigenes strategisches Wissen (Erfahrungswissen) anwenden, dieses aber nicht beschreiben können. Würde dieses strategische Wissen identifiziert und in einem unterstützenden Entwicklungstool implementiert, würde das das effiziente Vorwärtsdenken unterstützen<sup>287</sup>. WALLACE und AHMED betonen, dass erfahrene Konstrukteure 90 Prozent der benötigten Information von anderen Personen und nicht von Datenbanken erhalten. Unerfahrene Konstrukteure tun sich allgemein schwerer. Erstens wissen sie nicht, wen sie fragen sollen. Zweitens wissen sie auch nicht, welche Fragen sie stellen sollen<sup>288</sup>. Mittels Beobachtung von Novizen und erfahrenen Produktentwicklern aus der Luftfahrtindustrie versuchten AHMED, WALLACE und BLESSING die auf Erfahrung basierenden strategischen Vorgehensweisen von erfahrenen Konstrukteuren bei der Problemlösung zu charakterisieren. Sie konnte acht Strategien identifizieren, die sich Erfahrene mit der Zeit angeeignet haben:

- Erfahrene Produktentwickler können mehrere Ziele einer Problemstellung gleichzeitig berücksichtigen und sich entscheiden, welche Ziele wichtiger sind als andere (engl.: Consider issues).
- Erfahrene Produktentwickler sind sich meistens darüber bewusst, warum sie sich z. B. für eine bestimmte Teillösung oder Fertigungstechnologie entscheiden (engl.: Aware of reason).

---

<sup>286</sup> Ho (2001)

<sup>287</sup> Kavakli and Gero (2002); Gero and Kavakli (2003)

<sup>288</sup> Wallace and Ahmed-Kristensen (2003)

- Erfahrene Produktentwickler beziehen sich auf frühere Projekte, um ähnliche Probleme und Randbedingungen auf ähnliche Art und Weise zu lösen (engl.: Refer to past designs).
- Erfahrene Produktentwickler fragen sich, wie viel Aufwand sie in einen bestimmten Lösungsansatz noch investieren müssen und ob es sich lohnt, diesen Ansatz weiter zu verfolgen (engl.: Worth pursuing).
- Erfahrene Produktentwickler hinterfragen alle Informationen, die sie bekommen. Sie hinterfragen z. B. die Richtigkeit von Informationen, wie Komponenten modelliert oder getestet wurden, Kundenvorgaben und die Verwendung bestimmter Richtlinien (engl.: Question data).
- Erfahrene Produktentwickler verzögern bewusst manche Entscheidungen, wenn diese bestimmte Einschränkungen für die spätere Gestaltung mit sich bringen (engl.: Keep options open).
- Erfahrene Produktentwickler können die Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Zielen einer Problemstellung abschätzen. Sie wissen, dass viele Entscheidungen auf Kompromissen beruhen. Wenn sie eine Entscheidung treffen, sind sie in der Länge vorher abzuwägen, ob sie lieber mit einer offenen Problemstellung weiterarbeiten wollen oder ob sie doch diese Entscheidung treffen (engl.: Aware of trade-offs).
- Erfahrene Produktentwickler sind sich den Grenzen einer Problemstellung bewusst und können die Zeit abschätzen, die sie für diese Problemstellung verwenden dürfen (engl.: Aware of limitations)<sup>289</sup>.

AHMED und WALLACE fanden im Rahmen einer Studie mit der Luftfahrtindustrie heraus, dass Produktentwicklern nicht immer bewusst ist, welches Wissen sie genau benötigen. Insgesamt wurden 633 Anfragen von Novizen analysiert, um deren Wissensbedarf zu identifizieren. Nur in einem Drittel der Fälle waren sich die Produktentwickler bewusst, welches Wissen sie genau benötigen. AHMED und WALLACE schlossen aus dieser Studie, dass unerfahrene Produktentwickler Unterstützung bei der Bildung und Formulierung der Wissensanfragen benötigen<sup>290</sup>. WALLACE, AHMED und BRACEWELL schreiben weiter: „*However, the message is clear: members of a design team rely very heavily on being able to consult colleagues and experts*“<sup>291</sup>. Die Gründe sehen sie darin, dass erfahrene Personen:

- schneller genaue und vertrauenswürdige Informationen weitergeben,

---

<sup>289</sup> Ahmed, Wallace, and Blessing (2003)

<sup>290</sup> Ahmed and Wallace (2004)

<sup>291</sup> Wallace, Ahmed, and Bracewell (2005), S.329

- basierend auf dem Kontext der Situation und nicht basierend auf die gestellten Fragen antworten,
- Hintergrundwissen zum Produkt und Prozess weitergeben, das anderweitig nicht zu finden ist,
- strategisches Wissen weitergeben wie bestimmte Problemlösesituationen im Produktentstehungsprozess zu bewältigen sind,
- auf weitere erfahrene Personen verweisen, wenn sie selbst nicht weiterhelfen können,
- Unterstützung und Vertrauen bieten, damit eine richtige Umsetzung stattfindet.

FÜRSTENAU et al. verwendeten Lessons Learned<sup>292</sup>, um Erfahrungsbestände von Mitarbeitern und Führungskräften des Aufbauteams eines BMW Werks in Leipzig für die spätere Wiederverwendung zu sichern. Die Untersuchungen zeigten, dass die Mitarbeiter ihre Projekterfahrungen nur bedingt aussagekräftig dokumentieren konnten. Die erstellten Dokumente entsprachen nicht den Bedürfnissen künftiger Nachfragender bzw. Verwender. Textverständlichkeit und Transparenz waren vielfach defizitär<sup>293</sup>. In einer In-Situ-Studie beobachteten AHMED und CHRISTENSEN sechs Novizen und sechs erfahrenen Produktentwickler aus der Luftfahrtindustrie um herauszufinden, wie unterschiedlich Novizen und Experten mit Analogien umgehen. Sie fanden heraus, dass Novizen Analogien vorwiegend in unkritischen Situationen verwenden, hauptsächlich für die Lösungssuche. Erfahrene Produktentwickler dagegen verwenden Analogien im gesamten Problemlösungsprozess von der Problemanalyse über die Lösungssuche bis hin zur Auswertung und Lösungsumsetzung, indem sie Wissen und Zusammenhänge aus früheren Situationen in den aktuellen Kontext einbringen<sup>294</sup>. DEKEN et al. beobachteten sieben Beratungsgespräche zwischen Novizen und Experten im Laufe von drei Projekten in der Luftfahrtindustrie in Bezug auf die Gestaltung, die Aktivitäten, den Inhalt und die Form der Interaktion. Obwohl die Sitzungen zum Zweck der Informationssuche eingeleitet wurden, belief sich dieser Prozess nur 8 Prozent der Zeit. Im Vergleich haben die Beteiligten 47 Prozent der Zeit auf die Schaffung von Wissen und 45 Prozent der Zeit auf den Austausch kontextueller Informationen verwendet. Sowohl Experten als auch Novizen haben gleichermaßen einen Beitrag zur Diskussion und zur Analyse von Lösungen geleistet. Es konnten vorläufige Muster identifiziert

---

<sup>292</sup> „Lessons Learned haben das Ziel, vergangene Tätigkeiten unter der Perspektive erfolgreicher und weniger erfolgreicher Resultate bzw. Fehler zu dokumentieren und aufzubereiten, um daraus systematisch zu lernen. Als Ergebnis bündeln Lessons Learned in klarer und knapper Form den Kern der kritischen Erfahrungen, die in einem geschäftsrelevanten Feld oder Projekt gemacht wurden“ Fürstenau et al. (2005).

<sup>293</sup> Fürstenau et al. (2005)

<sup>294</sup> Ahmed and Christensen (2008); Ahmed and Christensen (2009)

werden, wie sich diese Konversationsprozesse im Laufe eines Produktentstehungsprozesses ändern<sup>295</sup>.

### **2.3.10 Zwischenfazit und Verständnis des Erfahrungswissens in dieser Arbeit**

Erfahrungswissen wird in dieser Arbeit nicht als Routine verstanden, die möglicherweise auch Hemmnis für die Bewältigung neuer komplexer Situationen sein kann, sondern als Ergänzung wissenschaftlich fundierten Fachwissens in erster Linie durch praktische Anwendung und Umsetzung dieses Fachwissens. Mit Erfahrungswissen geht ein Gefühl bzw. Gespür für Produkte und Prozesse einher (z. B. Problemlösungsprozesse); das dem Entwickler dazu befähigt blitzschnell Entscheidungen zu treffen und Störungen zu erahnen. Erfahrungswissen ist damit in erster Linie Wissen, d. h. auch hierfür gilt auch die Definition von Wissen aus Kapitel 2.2.4. Erfahrungswissen wird über folgenden Merkmalen charakterisiert:

- Erfahrungswissen ist kein Wissen, das allen zugänglich ist, sondern hauptsächlich *personales Wissen*.
- Erfahrungswissen wird im praktischen Handeln erworben und angewandt. Deshalb stellt es ein *situatives Wissen* dar, das eng mit dem Kontext des Handelns gekoppelt ist.
- Erfahrungswissen beinhaltet anwendungsbezogene Skripts. Diese ermöglichen es (auch in unüberschaubaren Situationen und ohne auf bestehendes explizites Wissen zurückgreifen zu müssen) Muster zu erkennen, so dass von *episodischem Wissen* gesprochen werden kann.
- Erfahrungswissen bedeutet nicht nur rationale und planmäßige Anwendung von Wissen. Es beinhaltet sinnliche Wahrnehmungen und emotionale Erlebnisse, was das Erfahrungswissen zu einer Art *körperlichem Wissen* macht.
- Erfahrungswissen ist ein Wissen, das zum Teil nur mühsam verbalisiert und artikuliert werden kann. Es ist dem Bewusstsein nicht immer zugänglich. Es handelt sich um *implizites Wissen*.
- Eine Verfeinerung von Erfahrungswissen erfolgt vor allem dann, wenn die erfahrene Person über ihre Handlungen bewusst nachdenkt und somit neues Wissen erwirbt. Erfahrungswissen enthält damit nicht nur implizite, sondern auch bewusste Anteile. Es ist also auch ein *reflexives Wissen*<sup>296</sup>.

---

<sup>295</sup> Deken et al. (2012)

<sup>296</sup> Reinmann and Vohle (2005)

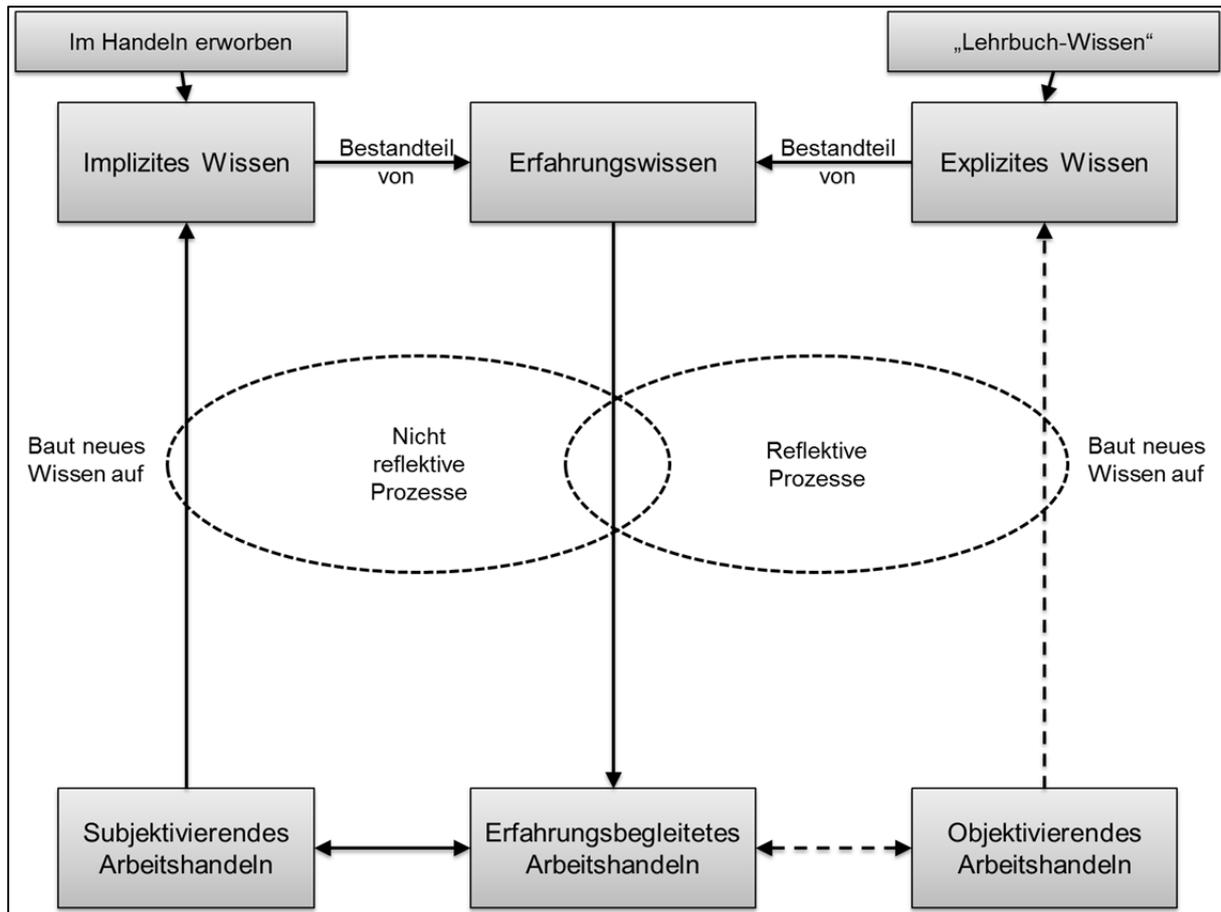


Abbildung 22: Entstehung von Erfahrungswissen durch objektivierendes und subjektivierendes Arbeitshandeln<sup>297</sup>

HERBIG und BÜSSING fassen die bisherigen Befunde aus der Arbeitspsychologie und Expertiseforschung in Abbildung 22 zusammen. Jede neue Erfahrung in einer Domäne vergrößert das Wissen, und beeinflusst schließlich die Handlungen als implizites Erfahrungswissen, ohne dass der Handelnde sich seiner handlungsleitenden Funktion bewusst ist. Unter der Voraussetzung, dass das auf diese Art erworbene Wissen angemessen ist, kann es die Leistungsfähigkeit des Handelnden steigern. Das heißt, mit Jahren der Tätigkeit in einer Domäne wird Erfahrungswissen angesammelt.

Die Expertiseforschung im Allgemeinen stammt aus den Fachbereichen der Psychologie und der Philosophie und basiert auf gut definierten Probleme, in denen entweder die Ziele, die Spielregeln oder beides klar definiert sind wie z. B. Schach spielen, Musik oder Sport. Probleme in der Produktentwicklung sind meistens schlecht oder nicht ausreichend definiert. Erst seit etwa zwanzig Jahren wird Erfahrungswissen in der Produktentwicklung als Forschungsgegenstand thematisiert.

<sup>297</sup> Herbig and Büssing (2003), S.44

Diese Forschungen versuchen Vergleiche zwischen Anfängern und Experten zu erstellen und Verhaltensmuster und Handlungsstrategien von erfahrenen Produktentwicklern zu identifizieren. Dabei wird oftmals davon ausgegangen, dass es entweder Anfänger oder Experten gibt. Zwischenstufen wurden bisher im Bereich der Produktentwicklung nicht diskutiert.

## **2.4 Lernen und Wissenserwerb**

Der Begriff Lernen ist eng mit dem Begriff Wissen verbunden, denn Lernen wird in erster Linie als Erwerb von Wissen sowie von motorischen und sprachlichen Fertigkeiten verstanden<sup>298</sup>. Wissen und Lernen stehen in einem engen Verhältnis zueinander und stellen in gewisser Weise unterschiedliche Sichtweisen auf dasselbe Phänomen dar<sup>299</sup>. Im Folgenden wird der Begriff Lernen definiert. Danach werden die wichtigsten Lerntheorien vorgestellt.

### **2.4.1 Begriffsdefinition**

Lernen ist ein häufig verwendeter Begriff. Das Wort Lernen wird im Alltag primär als „Inhalte lernen“, unter anderem Wissen, Fähigkeiten, Fertigkeiten usw. Zur Herkunft des Wortes Lernen schreibt MIELKE: *„Das Wort ‚Lernen‘ geht auf die gotische Bezeichnung für ‚ich weiß‘ (lais) und das indogermanische Wort für ‚gehen‘ (lis) zurück. Die Herkunft des Wortes deutet bereits darauf hin, dass Lernen ein Prozess ist, bei dem man einen Weg zurücklegt und dabei zu Wissen gelangt“*<sup>300</sup>. Bereits in der Antike beschäftigten sich Gelehrte mit dem Thema „Lernen“. Für Platon ist Lernen die Wiedererinnerung der Ideen, die die Seele schon immer in sich trage und die anlässlich konkreter Sinneseindrücke reaktiviert werde. Für Aristoteles ist die Seele eine *Tabula Rasa* (eine leere Tafel), auf die Sinneseindrücke eingetragen werden. Damit ist Lernen die Aufnahme und die Speicherung von Sinnesdaten<sup>301</sup>. Heutzutage beschäftigen sich nahezu alle wissenschaftlichen Teildisziplinen mit dem Lernen. Aber das Lernen als Forschungsgegenstand ist vor allem zu finden in: (1) der Biologie zur Erklärung neurobiologischer, physiologischer und medizinischer Zusammenhänge des Lernens, (2) der Psychologie zur Erklärung des Lernprozesses als Fähigkeit zur Erinnerung (Gedächtnis) und zum Abrufen des Gelernten und (3) der Pädagogik zur Erklärung des planmäßigen Lernens unter Verwendung von Lehrmethoden, -modellen, und -ansätzen. SCHMITT definiert:

---

<sup>298</sup> Brockhaus (2013)

<sup>299</sup> Reinmann (2005), S.5

<sup>300</sup> Mielke (2001), S.11

<sup>301</sup> Böhm (2005), S.342

*„Lernen beschreibt den Prozess zum Erwerb von Erlebens- und Verhaltensweisen, welche durch eine Interaktion mit der Umwelt zustande kommen.*

*Lernen kann auch zur Unterdrückung oder zu Veränderungen von Erlebens- und Verhaltensweisen führen, wenn diese keine Befriedigung (egal welcher Art) bringen.*

*Kurzum: Lernen bedeutet eine Veränderung des Erlebens und Verhaltens aufgrund von individuellen Erfahrungen in bzw. mit der Umwelt“<sup>302</sup>.*

Kern dieser Definition ist die „Veränderung“, wobei eine Veränderung nicht nur im Erlernen von Inhalten besteht, sondern auch durch Lernprozesse zustande kommen kann, in denen Verlernen oder aber auch Problemlösungen im Mittelpunkt stehen.

## **2.4.2 Lerntheorien**

Bei der Erklärung von Lernprozessen stehen im Allgemeinen drei Lerntheorien im Vordergrund, die einen wesentlichen Einfluss auf die Gestaltung von Lernprozessen haben: die behavioristische, die kognitivistische und die konstruktivistische Lerntheorie. Im Folgenden werden diese drei Theorien einzeln vorgestellt.

### **2.4.2.1 Behavioristische Lerntheorien - Lernen durch Verstärkung**

Der Ursprung aller Auseinandersetzungen mit Lernprozessen liegt im Behaviorismus. Kernpunkt der behavioristischen Lerntheorie ist das Verhalten des Individuums (engl. behavior). Der Lernende wird zentral als Produkt seiner Umwelt gesehen. Das sichtbare und erfassbare Verhalten des Lernenden bzw. seine nach außen gerichteten Aktivitäten und deren Bedingungen stehen im Mittelpunkt dieser Betrachtung. Dagegen werden die internen Prozesse des Lernenden, die das Lernen beeinflussen, nicht betrachtet. Das Verhalten wird durch äußere Vorgänge gelenkt. Psychische Momente des Lernens bleiben unbeachtet. Der Lernende wird zu einer „Black Box“ bzw. auf ein von außen gesteuertes Wesen reduziert (siehe Abbildung 23). Das Lernen selbst wird in dieser Theorie durch Reiz-Reaktions-Ketten (engl. Stimulus-Response Theory) ausgelöst. Der Lernende hat etwas Neues gelernt, sobald sich eine solche Reiz-Reaktions-Kette aufgebaut hat. Sowohl positive als auch negative Reaktionen (Response) können als Folge bestimmter Reize (Stimulus) auftreten. Positiven Reaktionen werden durch Belohnungen gestärkt. Im Gegensatz dazu werden negative Reaktionen durch Bestrafung gemindert. Nicht-Belohnung gilt hier auch als Bestrafung. Somit werden Belohnung und Bestrafung zu zentralen Faktoren des Lernerfolgs. Das Verhalten hängt stark von den Konsequenzen ab, die ihm folgen. Diese wiederum gelten als Ausgangspunkt für das kommende Verhalten. Der Lehrende hat eine zentrale Rolle. Er setzt geeignete Anreize, gibt Rückmeldung

---

<sup>302</sup> Schmitt and Plassmann (2007)

auf Reaktionen des Lernenden und greift damit zentral in den Lernprozess ein. Was zwischen „Anreize schaffen“ und „Reaktionen des Lernenden“ passiert, gehört zur „Black Box“ und wird in dieser Theorie nicht weiter betrachtet. Wichtigste Paradigmen der behavioristischen Lerntheorie sind die klassische Konditionierung<sup>303</sup> und die operante Konditionierung<sup>304</sup>.

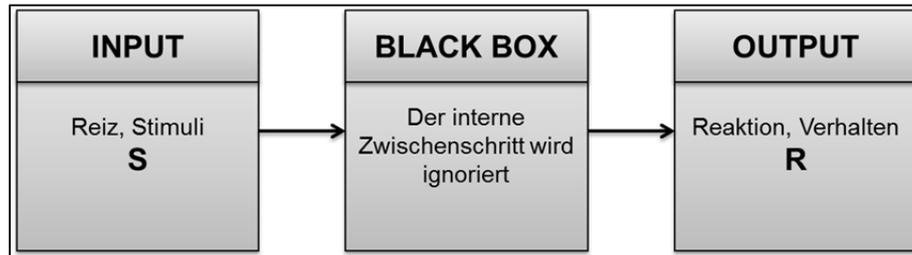


Abbildung 23: Der Lernprozess in der behavioristischen Lerntheorie<sup>305</sup>

#### 2.4.2.2 Kognitivistische Lerntheorien - Lernen durch Einsicht und Erkenntnis

Im Vordergrund der kognitivistischen Lerntheorie steht die Informationsverarbeitung durch den Lernenden und die daraus gewonnene Erkenntnis. Im Gegensatz zur behavioristischen Lerntheorie werden innere Erkenntnisprozesse in der „Black Box“ thematisiert. Die Wahrnehmung ist eine aktive Leistung der Informationsverarbeitung durch den Lernenden in seinem Inneren und kein passiver Prozess mehr. Sämtliche Informationen aus allen Bereichen des menschlichen Lebens werden als Kognitionen bzw. Erkenntnisse abgespeichert. Diese „*unterliegen bestimmten Verarbeitungsprozessen*“:

- *Sie können im Gedächtnis abgespeichert und, wenn nötig, wieder daraus hervorgeholt werden.*
- *Sie können miteinander verknüpft werden, so dass neue Kognitionen entstehen.*
- *Sie können miteinander verglichen werden, und es können Übereinstimmungen oder Diskrepanzen festgestellt werden*<sup>306</sup>.

Lernen bedeutet Informationsaufnahme, -verarbeitung und -speicherung, obwohl der Verarbeitungsprozess mit den dazugehörigen Methoden und Problemstellungen im Vordergrund steht (siehe Abbildung 24). Somit beeinflussen das Lernangebot, die Informationsaufbereitung und die Lehrmethodik den Lernprozess in sehr großem

<sup>303</sup> Ausgangspunkt sind unwillkürliche biologische Reaktionen, die durch Darbietung eines Reizes ausgelöst werden. Vgl. Pawlow and Drischel (1972)

<sup>304</sup> Der Augenmerk liegt hier nicht auf dem Input (Stimulus), sondern auf dem Output (Response). Skinner (1978)

<sup>305</sup> Schmitt and Plassmann (2007)

<sup>306</sup> Schmitt and Plassmann (2007)

Maße. Im Mittelpunkt stehen deshalb Problemstellungen, bei deren Lösung der Lernende Erkenntnisse gewinnt und damit sein Wissen erweitert. Der Lernende bekommt hier eine aktive Rolle, die über eine reine Reaktion auf Reize wie in der behavioristischen Lerntheorie hinausgeht. Er lernt, indem er eigenständig Informationen aufnimmt, verarbeitet und vorgegebene Problemstellungen löst. Aufgrund dieser Problemlösungsfähigkeit nimmt der Lernende eine große Rolle im Lernprozess ein. Der Lehrenden spielt in diesem Prozess ebenfalls eine zentrale Rolle, vor allem bei der didaktischen Aufbereitung der Problemstellungen. Dem Kognitivismus werden folgende Lernmodelle zugeordnet: Lernen am Modell<sup>307</sup>, Lernen durch Einsicht<sup>308</sup> und das Entwicklungsstufenmodell<sup>309</sup>.

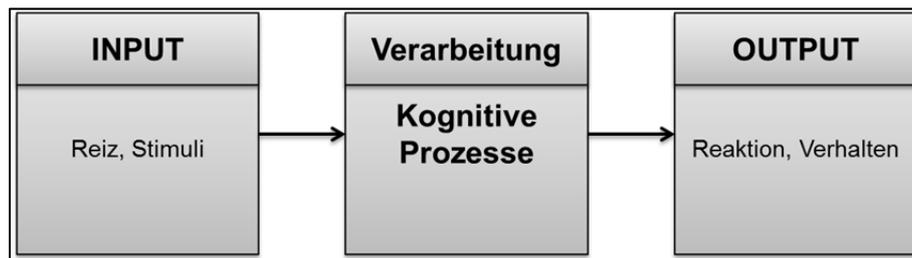


Abbildung 24: Der Lernprozess in der kognitivistischen Lerntheorie<sup>310</sup>

#### 2.4.2.3 Konstruktivistische Lerntheorien - Lernen durch persönliches Erfahren, Erleben und Interpretieren

Im Gegensatz zur behavioristischen und zur kognitivistischen Lerntheorie stellt die konstruktivistische Lerntheorie nicht die Informationsverarbeitung in den Vordergrund, sondern gibt der individuellen Wahrnehmung und Interpretation eine starke Bedeutung. Im Mittelpunkt stehen nicht die Informationen, die von außen an den Lernenden herangetragen und vom ihm verarbeitet werden, sondern der Lernende selbst, der sich aus der Wahrnehmung seiner Umwelt ein Wissen konstruiert. Im Konstruktivismus konstruiert jeder aus sich selbst heraus seine eigene Wirklichkeit, die sich an seinen Erfahrungen, seinen Lebensumständen und seinen sozialen Bezügen ausrichtet. Deshalb gibt es keine allgemeingültige richtige Wirklichkeit, die ein allgemeingültiges Wissen beinhaltet, sondern unendlich viele verschiedene Sichtweisen für ein und dasselbe Phänomen. Wissen ist somit nur eine Konstruktion, die jeder auf seine eigene individuelle Art und Weise erstellt. Damit

<sup>307</sup> Erwerb einer neuen Verhaltensweise, indem ein Modell beobachtet wird. Das Modell zeigt ein Verhalten, welches vom Lernenden nachgeahmt wird. Vgl. Bandura (1976)

<sup>308</sup> Beim Lernen durch Einsicht wird einem Lernenden plötzlich klar, wie die Lösung auf ein gestelltes Problem aussieht. Die Aussage „Mir ist ein Licht aufgegangen“ beschreibt das Lernen durch Einsicht: Hat jemand eine „Erleuchtung“, so lernt er durch Einsicht. Vgl. Wertheimer (1964)

<sup>309</sup> Die Entwicklung der logischen Strukturen menschlichen Denkens durchläuft fünf Stufen oder Stadien, die aufeinander aufbauen und in Wechselwirkung stehen. Vgl. Piaget and Inhelder (1987)

<sup>310</sup> Schmitt and Plassmann (2007)

kann Wissen nicht mehr als allgemeingültige Abbildung äußerer Erscheinungen oder Gegenstände präsentiert werden. „In Lehr-Lernsituationen bedeutet das, dass konstruktivistische Ansätze nicht das Lösen didaktisch aufbereiteter Probleme, sondern das eigenständige Auffinden und Konstruieren von Problemen sowie den Umgang mit authentischen Situationen in den Vordergrund rücken“<sup>311</sup>. Der konstruktivistische Lernprozess ist ein sehr offener Prozess der individuellen Konstruktion von Wissen (siehe Abbildung 25). Da es nach dem Konstruktivismus im Grunde kein richtiges oder falsches Wissen gibt, sondern nur unterschiedliche Sichtweisen, liegt der Schwerpunkt nicht bei der Vermittlung von Inhalten, sondern beim individuell ausgerichteten selbstorganisierten Bearbeiten von Themen. Das Ziel besteht eher darin, die Fähigkeit zu entwickeln mit einer Situation umzugehen und aus ihr heraus Lösungen zu entwickeln und nicht die richtigen Antworten auf Basis richtiger Methoden zu finden. Dabei steht der Lernende ganz zentral im Mittelpunkt. Informationen werden ihm zur Verfügung gestellt mit dem Ziel, dass er daraus Probleme definiert und löst. Er muss selbstorganisiert, mit seinen Kompetenzen und dem Wissen, das er mitbringt, zu einer Lösung finden. Im Vordergrund stehen daher die Anerkennung des Lernenden, sowie die Konzentration auf das individuelle Wissen, das er mit sich bringt. Der Lehrende übernimmt in der konstruktivistischen Lerntheorie die Rolle des Coaches, der nicht nur Informationen vermittelt, sondern die eigenverantwortlichen Lernprozesse der Lernenden unterstützt, z. B. durch die Schaffung einer Atmosphäre, in der Lernen möglich ist<sup>312</sup>.

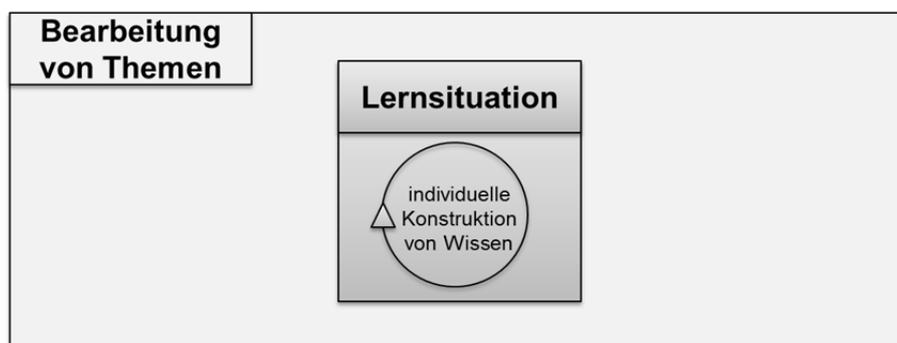


Abbildung 25: Der Lernprozess in der konstruktivistischen Lerntheorie

### 2.4.3 Lernen in der Produktentwicklung

Lernen in der universitären Ausbildung findet heutzutage hauptsächlich in Form von Vorlesungen statt. Manchmal werden diese von Gruppenübungen begleitet, in denen

<sup>311</sup> Reinmann-Rothmeier (2003), S.36

<sup>312</sup> Reinmann-Rothmeier (2003); Schmitt and Plassmann (2007)

das neu erworbene Wissen vertieft werden soll<sup>313</sup>. Diese Vorgehensweise hat sich in vielen Fächer als erfolgreich herausgestellt, greift aber für die Produktentwicklung zu kurz<sup>314</sup>. Im Gegensatz zu Disziplinen wie der Mathematik, in denen Methoden, Prozesse und Vorgehensweisen (fast) immer identisch sind, gibt es in der Produktentwicklung immer wieder neue, komplexe und zum Teil unberechenbare Situationen, die systematisch durch Methodenausbildung beherrscht werden sollen. Ziel dieser Methodenausbildung in der Produktentwicklung ist nicht nur, Methoden zu lernen, sondern diese auch sinnvoll, flexibel und situationsangepasst anzuwenden. Eine Reaktion auf diesen Bedarf ist die Entstehung des Karlsruher Lehrmodells der Produktentwicklung (KaLeP, siehe Kapitel 2.1.8). Darin basiert der Transfer von Konstruktionswissen auf allen drei Lerntheorien durch einen Mix aus Vorlesungen, Übungen und Projektarbeit sowie durch didaktisch aufeinander aufgebaute Kurse im Laufe der Hochschulausbildung zukünftiger Produktentwickler.

#### 2.4.4 Zwischenfazit

Lernen ist eine Veränderung des Erlebens und Verhaltens aufgrund von individuellen Erfahrungen in bzw. mit der Umwelt. Tabelle 12 fasst die wichtigsten Unterschiede zwischen den in Kapitel 2.4.2 dargestellten Lerntheorien zusammen. Jede dieser Theorien hat ihre Berechtigung, wie das nachfolgende Beispiel zeigt. Nachdem sich SCHMITT gefragt hat, nach welcher Lerntheorie er sich die Funktionalität der neuen, seitlichen Knöpfe einer neuen Computermaus angeeignet hat, stellte er fest: *„Die Antwort ist Interpretationssache, da es zum Teil recht schwierig erscheint, einen Vorgang (wie beispielsweise das Erkunden neuer Funktionen einer Computermaus) exakt und ausschließlich einer Theorie zuzuordnen. Auch wenn in dieser Arbeit jede Theorie für sich beschrieben wurde, bestehen zwischen diesen Parallelen“*<sup>315</sup>. KERRES führt den Begriff Pragmatismus ein und schreibt: *„Der Pragmatismus ist dabei keineswegs eine neue Modeströmung, die die bisherigen Paradigmen um eine neue Variante bereichert oder gar in Konkurrenz zu den bisherigen Ansätzen, etwa dem Behaviorismus oder Konstruktivismus, tritt. Es handelt sich eher um einen Ansatz, der „quer“ zu den bisherigen Konzepten liegt. Er bewertet die anderen Ansätze nicht als solches positiv oder negativ, sondern fragt jeweils in einer und für eine Situation, welches Konzept welchen Beitrag für eine Problemlösung liefert, die Perspektiven menschlichen Handelns und die Handlungsfähigkeit von Menschen erweitert“*<sup>316</sup>. Auch ALBERS stellt fest, dass es beim Lernen bzw. beim Lehren

---

<sup>313</sup> Geis (2011), S.44

<sup>314</sup> Albers, Birkhofer, and Matthiesen (1999); Geis (2011), S.45

<sup>315</sup> Schmitt and Plassmann (2007)

<sup>316</sup> Kerres and de Witt (2002)

technischer Inhalte aus dem Maschinenbau immer auf die richtige Mischung der Ansätze ankommt<sup>317</sup>.

Tabelle 12: Lerntheorien im Vergleich<sup>318</sup>

Kategorie	Behavioristische Lerntheorie	Kognitivistische Lerntheorie	Konstruktivistische Lerntheorie
<b>Das Gehirn ist ein</b>	passiver Behälter	Computer	informationell geschlossenes System
<b>Wissen wird</b>	abgelagert	verarbeitet	konstruiert
<b>Wissen ist</b>	eine korrekte Input-Output-Relation	ein adäquater interner Verarbeitungsprozess	mit einer Situation operieren zu können
<b>Lernziele</b>	richtige Antworten	richtige Methoden zur Antwortfindung	komplexe Situationen bewältigen
<b>Paradigma</b>	Stimulus-Response	Problemlösung	Konstruktion
<b>Strategie</b>	Lehren	beobachten und helfen	kooperieren
<b>Die Lehrperson ist</b>	Autorität	Tutor	Coach, Spieler, Trainer
<b>Feedback wird</b>	extern vorgegeben	extern modelliert	intern modelliert
<b>Interaktion</b>	starr vorgegeben	dynamisch in Abhängigkeit des externen Lernmodells	selbstreferentiell, zirkulär, strukturdeterminiert (autonom)
<b>Programmerkmale</b>	starrer Ablauf, quantitative Zeit- und Antwortstatistik	dynamisch gesteuerter Ablauf, vorgegebene Problemstellung, Antwortanalyse	dynamisch, komplex vernetzte Systeme, keine vorgegebene Problemstellung

## 2.5 Mentale Modelle

Der Begriff „mental model“ geht auf den Philosophen und Psychologen KENNETH CRAIK zurück, der mentale Modelle als „small-scale models of external reality“ bezeichnete<sup>319</sup>. Mittlerweile werden mentale Modelle in vielen unterschiedlichen Forschungsbereichen zur Erklärung und Vorhersage menschlichen Verhaltens und Denkens verwendet. Mit der Zeit ist eine vielfältige Forschungslandschaft entstanden, in der mentale Modelle in unterschiedlichen Definitionen verwendet und verstanden werden. Die verschiedenen Auffassungen sind entstanden, da das Konstrukt „mentales Modell“ in unterschiedlichen Aufgabenkontexten untersucht wurde, welche wiederum von dem Ausmaß an Interaktion zwischen Mensch, System und der zugehörigen Umgebung abhängig sind. Weitgehende Einigkeit besteht dennoch, dass mentale Modelle mehr oder weniger zutreffende interne Abbilder sind,

<sup>317</sup> Albers and Burkardt (1998); Albers, Birkhofer, and Matthiesen (1999); Albers, Burkardt, and Matthiesen (2001)

<sup>318</sup> Baumgartner and Payr (1994), S.110 und S.74

<sup>319</sup> Craik (1943)

welche eine Person von ihrer Umgebung hat<sup>320</sup>. Nach HACKER sind mentale Modelle das Ergebnis zielgerichteten Ausführens von Handlungen einschließlich des Verarbeitens der im Handeln entstehenden Rückmeldungen über das Zutreffen oder Nichtzutreffen der Vollzüge und der ihnen zugrunde liegenden gedanklichen oder gedächtnismäßigen Ableitungen<sup>321</sup>.

### 2.5.1 Mentale Modelle aus kognitionspsychologischer Sicht

In der Kognitionspsychologie existieren verschiedene Modelle, mit denen die Prozesse von Verstehen und Missverstehen erklärt werden. Zwei der meist verbreitetsten theoretischen Positionen sind das Verstehen über Propositionen<sup>322</sup> und das Verstehen über mentale Modelle. Das propositionale Modell des (Miss-)Verstehens ist nicht Gegenstand dieser Arbeit und wird im weiteren Verlauf nicht weiter diskutiert. Bei den mentalen Modellen sprechen SANFORD und GARROD von „Szenarien“ (=ganzheitliche mentale Repräsentationen von komplexen Sachverhalten), die beim Verstehen aktiviert werden. Neu aufgenommene Informationen müssen sich immer auf ein passendes vorhandenes Szenario beziehen. Dadurch wird das Verständnis erweitert und spezifiziert. Bei der Aktivierung eines solchen Szenarios geht die mentale Repräsentation einer Situation von Anfang an über das hinaus, was explizit formuliert wird<sup>323</sup>. Neben „Szenarien“ werden in der Kognitionspsychologie weitere Begriffe wie z. B. „Situationsmodell“ oder „internes Textmodell“ verwendet, wobei die konzeptionellen Unterschiede zwischen diesen Begriffen sehr gering sind. JOHNSON-LAIRD prägte den Begriff „mentale Modelle“ als Charakterisierung für all diese Arten von mentalen Repräsentationen<sup>324</sup>. In Anlehnung an JOHNSON-LAIRD definiert MOSER ein mentales Modell als *„ein[en] innere[ren] Gegenstand, mit Hilfe dessen aufgrund der Analogiebeziehung zum Original (einer Verhaltens-, Funktions- oder Struktur analogie) Aufgaben und Probleme stellvertretend und mental an diesem inneren Objekt gelöst werden können“*<sup>325</sup>. Dabei ist eine exakte Struktur des mentalen Modells nicht von Bedeutung, solange eine Analogiebeziehung zwischen Modell und Original gegeben ist. Ein mentales Modell weist immer einen gewissen Imaginationsgehalt auf, da es über Analogiebildung eine Information immer

<sup>320</sup> Schilling (2008), S.14

<sup>321</sup> Hacker (1996), S.785

<sup>322</sup> Das propositionale Modell des (Miss-)Verstehens kann *„als Verstehen einzelner semantischer Einheiten begriffen werden. Bei dieser sogenannten propositionalen Darstellung von Wissensstrukturen werden Aussagen in Anlehnung an die Prädikatenlogik als Relationen zwischen Argumenten und Objekten dargestellt“*. Moser (2003), S.181

<sup>323</sup> Sanford and Garrod (1981)

<sup>324</sup> Johnson-Laird (1983) zitiert nach Moser (2003), S.184

<sup>325</sup> Moser (2003), S.185

konkretisiert und kontextualisiert. Mentale Modelle erlauben nicht nur die Abbildung von Strukturen, sondern auch von Prozessen. Metaphern sind die sprachliche Repräsentation mentaler Modelle. Damit lassen sich die Prozesse des Verstehens bzw. Missverstehens aufgrund unterschiedlicher mentaler Modelle erfassen und analysieren. Auf diese Art können unterschiedliche Verständnisse desselben Gegenstandes aufgezeigt und damit verbundene Missverständnisse aufgeklärt werden<sup>326</sup>. Ein Beispiel für zwei unterschiedliche Metaphern für ein und dasselbe Phänomen (elektrische Schaltkreise) ist in Tabelle 13 zu finden.

Tabelle 13: Beispiel für Metaphern als sprachliche Repräsentation mentaler Modelle<sup>327</sup>

Metaphorik des Wasserlaufs	Metaphorik des kleinen Männchens
<p><i>„Bei dieser Analogie [...] werden die Kabel mit Röhren gleichgesetzt, in denen das Wasser in eine bestimmte Richtung fließt. Ein elektrischer Verbraucher entspricht dann einer Art Wassermühle, die deshalb in Betrieb gesetzt wird, weil das Wasser (der Strom) in Bewegung ist. In diesem Modell entspricht die Stromspannung dem Wasserdruck, der einer (Strom)Quelle, z. B. einer Batterie, entspringt, die selbst als eine Art Wassertank gedacht werden kann. Der Schalter schließlich ist in diesem metaphorischen Modell eine Art Ventil, das den Wasserfluss unterbricht, sobald das Ventil geschlossen wird.“</i></p>	<p><i>„Eine Alternative zur Metaphorik des Wasserlauf-Modells ist die Vorstellung, elektrischer Strom bestehe aus einer Vielzahl kleiner ‘Männchen’, die sich durch Gänge (Kabel) drängen. Die Stromspannung würde hier dem Druck entsprechen, dem sich die Masse von Männchen ausgesetzt sieht. Geschlossene oder offene Türen würden als Schalter fungieren und Verengungen in den Gängen hätten die Funktion von elektrischen Widerständen.“</i></p>

## 2.5.2 Mentale Modelle und Wissen

Für NONAKA und TAKEUCHI sind mentale Modelle die kognitiven Anteile des impliziten Wissens, mit denen sich Menschen durch Erzeugung und Handhabung von Analogien in der Welt zurechtfinden. Mentale Modelle beziehen sich auf die Bilder und Visionen, die sich der Mensch von der Realität („was ist“) und der Zukunft („was sein sollte“) macht und ihn dabei helfen, seine Welt wahrzunehmen und zu definieren. Die Artikulation von mentalen Modellen stellt für NONAKA und TAKEUCHI einen zentralen Faktor in der Schaffung von neuem Wissen im Mobilisierungsprozess dar<sup>328</sup>. Die Sozialisation (Umwandlung von impliziten in

<sup>326</sup> Moser (2003), S.185ff.

<sup>327</sup> Eigene Darstellung nach Gentner and Gentner (1983) zitiert in Moser (2003)

<sup>328</sup> Nonaka and Takeuchi (2012), S.77

implizites Wissen, siehe Kapitel 2.2.2.1) ist ein Erfahrungsaustausch, aus dem unter anderem gemeinsame mentale Modelle entstehen. Menschen können auch ohne Sprache unmittelbar implizites Wissen austauschen. Den Schlüssel zum Erwerb von implizitem Wissen bildet die Erfahrung. Ohne eine Form gemeinsamer Erfahrung (gemeinsame mentale Modelle) ist es besonders schwer, sich in die Denkweise eines Anderen hineinzusetzen. Ein Informationstransfer ohne den zugehörigen Erfahrungskontext ergibt oft nur wenig Sinn<sup>329</sup>. Bei der Internalisierung wird explizites Wissen in das implizite Wissen eingegliedert. Dabei werden Erfahrungen zu einem wertvollen Wissenskapital, in dem sie in Form von gemeinsamen mentalen Modellen internalisiert werden<sup>330</sup>.

### **2.5.3 Mentale Modelle in der Produktentwicklung**

Konstrukteure entwickeln gedankliche Vorstellungen - wie Probleme gelöst werden könnten - in Form von mentalen Modellen. Dabei pendeln die gedanklichen Vorstellungen zwischen abstrakten Zusammenhängen (z. B. Wirkstruktur und Funktion) und schon konkrete Umsetzungen (z. B. Gestalt und Form) hin und her. Mentale Modelle werden dabei weiterentwickelt, abgeändert oder verworfen. Eine dreidimensionale Betrachtung ist hierfür nötig, woraus die bekannte Forderung nach einem guten „räumlichen Vorstellungsvermögen“ resultiert. Räumliche Darstellung, Skizzen oder Zeichnungen unterstützen und klären die gedankliche Vorstellung, wozu bestimmte formale Informationsmittel, nämlich Punkte und Linien zur Darstellung eingesetzt werden<sup>331</sup>.

Nach JONES et al. sind mentale Modelle vor allem aus den folgenden Gründen für die Zusammenarbeit in interdisziplinären Teams wichtig:

- Für das Erkennen von Gemeinsamkeiten und Unterschieden in den Ansichten mehrerer Interessensvertreter.
- Für die Integration unterschiedlicher Perspektiven und die Entwicklung eines übergeordneten Systemverständnisses.
- Für die Entstehung einer gemeinsamen Repräsentation eines Systems und somit für die Verbesserung von Entscheidungsprozessen.
- Für die Identifikation und die Überwindung von Wissensgrenzen und -hürden.

---

<sup>329</sup> Nonaka and Takeuchi (2012), S.80

<sup>330</sup> Nonaka and Takeuchi (2012),

<sup>331</sup> Pahl et al. (2007), S.81

- Für die Entwicklung belastbaren Wissens und somit für die Unterstützung von Einigungsprozessen bei unstrukturierten Problemen und komplexen Systemen<sup>332</sup>.

BADKE-SCHAUB et al. sehen die Vorteile der mentalen Modelle vor allem darin, dass Konstrukteure interne Modelle ihrer Welt konstruieren, die es ihnen erlauben, neue Informationen schnell zu erfassen und Vorhersagen zu treffen. Somit können Konstrukteure neuartige Situationen besser begründen, erklären und einschätzen. BADKE-SCHAUB et al. nutzen die Theorie der geteilten mentalen Modelle (engl.: shared mental models)<sup>333</sup> zur Erklärung der Kommunikations- und Kooperationsstrukturen in Produktentwicklungsteams<sup>334</sup>. Ein mentales Modell ist für ein Team dann besonders effektiv, wenn es zwischen den Mitgliedern geteilt wird und das Ableiten gemeinsamer Erwartungen über die Aufgabe und das Team erlaubt<sup>335</sup>. Hinter dem Konzept der geteilten mentalen Modelle verbergen sich unterschiedliche Typen mentaler Modelle, die für unterschiedliche Aufgaben benötigt werden<sup>336</sup>. In Anlehnung an CANNON-BOWERS, SALAS, und CONVERSE unterscheiden NEUMANN, BADKE-SCHAUB, und LAUCHE zwischen vier Kategorien von geteilten mentalen Modellen, die Wissen über die Aufgabe, den Prozess und das Team enthalten (siehe Abbildung 26). Um effektiv und effizient arbeiten zu können, müssen die Mitglieder eines Problemlösungsteams nicht nur ein gemeinsames Verständnis der Entwicklungsaufgabe und zum Vorgehen im Problemlösungsprozess haben, sondern auch über geteilten mentalen Modelle zu Rollen, Verantwortlichkeiten und deren Interdependenzen, Kommunikationsmustern und -kanälen sowie zu Fähigkeiten und Präferenzen der anderen Teammitglieder verfügen.

---

<sup>332</sup> Jones et al. (2011)

<sup>333</sup> Die Übertragung der Theorie der Mentalen Modelle auf Gruppen fand viel früher statt wie z. B. bei Cannon-Bowers, Salas, and Converse (1993) und Klimoski and Mohammed (1994). Eine umfassende Zusammenstellung der bisherigen Arbeiten zum Thema Team Mental Model ist bei Mohammed, Ferzandi, and Hamilton (2010) zu finden.

<sup>334</sup> Neumann, Badke-Schaub, and Lauche (2006) und Badke-Schaub et al. (2007)

<sup>335</sup> Albers, Turki, and Lohmeyer (2012b)

<sup>336</sup> Neumann, Badke-Schaub, and Lauche (2006)

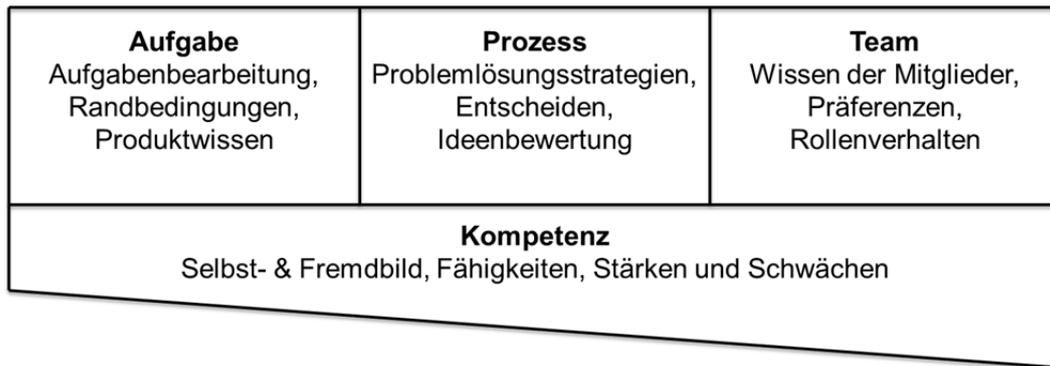


Abbildung 26: Kategorien geteilter mentaler Modelle nach NEUMANN, BADKE-SCHAUB, und LAUCHE<sup>337</sup>

## 2.6 Untersuchungsmethodik

In dieser Arbeit verwendete Untersuchungsmethoden haben ihren Ursprung im Bereich der empirischen Sozialforschung. Zunächst wird ein kurzer Überblick über die empirische Sozialforschung mit ihrer beiden Ausrichtungen der quantitativen und qualitativen Vorgehensweisen gegeben. Danach wird der Forschungsablauf vorgestellt. Nachdem ein Überblick über bisherige empirische Forschungsarbeiten aus dem Bereich der Produktentwicklung gegeben wurde, werden am Ende dieses Kapitels die in dieser Arbeit verwendeten Methoden<sup>338</sup> vorgestellt.

### 2.6.1 Die empirische Sozialforschung

Die empirische Sozialforschung ist ein großer Bereich der Soziologie, der sich mit der systematischen Erhebung von Daten der Sozialwissenschaften über soziale Tatsachen und deren Auswertung beschäftigt. Da die empirische Sozialforschung anderen Wissenschaften Erhebungsverfahren und Methoden zur Verfügung stellt, gilt sie als eine disziplinübergreifende Erfahrungswissenschaft. FLICK definiert die Sozialforschung wie folgt:

*„Sozialforschung ist die systematische Analyse von Fragestellung unter Einsatz von empirischen Methoden (z. B. der Befragung, Beobachtung, Datenanalyse etc.) mit dem Ziel, verallgemeinerbare Aussagen empirisch begründet treffen oder überprüfen zu können“<sup>339</sup>.*

So unterscheidet sich die Sozialforschung von Alltagserkenntnis in der Systematik ihrer Vorgehensweise. Alltagswissen kann zum Ausgangspunkt für eine Theoriebildung und empirische Forschung werden. Mit der Sozialforschung können:

<sup>337</sup> Neumann, Badke-Schaub, and Lauche (2006)

<sup>338</sup> Das Layout, die Auswertung und die Ergebnisse dieser Studien sind in den Kapiteln 4 bis 6 einzeln ausführlich beschrieben.

<sup>339</sup> Flick (2009) S.15

- Themen, Felder und Phänomene exploriert und davon erste Beschreibungen vorgelegt werden,
- durch die Erhebung und Analyse von Daten neue Zusammenhänge entdeckt werden,
- empirische Daten und Analysen (z. B. als Grundlage für die Entwicklung von neuen Theorien) geliefert werden,
- vorhandene Theorien einer empirischen Überprüfung unterzogen werden,
- die Wirkung von Interventionen, Behandlungen etc. (empirisch gesichert) dokumentiert werden,
- oder Daten als gesicherte Grundlagen für politische, administrative Entscheidungen zur Verfügung gestellt werden.

Grundsätzlich werden quantitative und qualitative Ansätze zur Erfassung und zur Auswertung empirischer Daten unterschieden<sup>340</sup>. Diese beiden Ansätze werden im Folgenden erläutert und anhand des Beispiels „Belastung von Studierenden“ von FLICK vorgestellt<sup>341</sup>. Zur Erklärung und zum besseren Verständnis werden Beispiele jeweils in Klammern eingefügt.

#### 2.6.1.1 Quantitative Sozialforschung

Bei quantitativen Untersuchungen (z. B. einer Untersuchung der Belastung von Studierenden) wird im Allgemeinen von einem Konzept (z. B. Stress) ausgegangen, das in einem theoretischen Konstrukt übersetzt wird (z. B. ein Stressmodell aus der Literatur). Hierfür werden Hypothesen<sup>342</sup> formuliert, die dann in dieser Untersuchung geprüft werden (z. B. ob für Studierende der Geisteswissenschaften das Studium eine stärkere Belastung darstellt als für Studierende der Naturwissenschaften). In quantitativen Untersuchungen bekommt der Vorgang des Messens<sup>343</sup> eine große Bedeutung. Über das Messergebnis können Unterschiede zwischen den Untersuchungsteilnehmern hinsichtlich der zu untersuchenden Eigenschaften festgestellt werden (z. B. Studierende mit stärkeren Belastungen, Studierende mit geringeren Belastungen usw.). Sollte das theoretische Konzept nicht unmittelbar

---

<sup>340</sup> Atteslander (2010) S.350

<sup>341</sup> Flick (2009) S.22-25

<sup>342</sup> Ein Hypothese ist eine „Annahme, die zu Untersuchungszwecken formuliert wird (Meist aus der Literatur oder bestehenden Theorien abgeleitet), um sie im Laufe der Untersuchung empirisch zu überprüfen, in der Regel in der Form von Wenn-Dann-Aussage formuliert“ Flick (2009) S.309

<sup>343</sup> Messen bedeutet „...die Zuordnung einer Zahl zu einem bestimmten Objekt oder Ereignis in Abhängigkeit von deren Merkmalsausprägung nach Festgelegten Regeln“ Flick (2009) S.311

messbar sein, müssen Indikatoren<sup>344</sup> gefunden werden (Operationalisierung), die stellvertretend gemessen werden (z. B. erhöhter Blutdruck stellvertretend für die Belastung). Die Erhebung wird standardisiert<sup>345</sup> durchgeführt. Dadurch werden die Kriterien Reliabilität<sup>346</sup>, Validität<sup>347</sup> und Objektivität<sup>348</sup> eingehalten. Weiterhin ist die quantitative Forschung an Kausalität (z. B. zu zeigen, dass der Stress vor einer Prüfung weitgehend durch diese ausgelöst wird und nicht durch andere Umstände), Konstanz der Messungen (z. B. Wiederholungsmessungen), Repräsentativität der Stichprobe<sup>349</sup> und Generalisierbarkeit der Ergebnisse interessiert<sup>350</sup>. Die quantitative Forschung arbeitet mit Zahlen. Antwortmöglichkeiten wie beispielsweise bei der Likert-Skala (trifft zu, trifft eher zu, weder noch, trifft eher nicht zu, trifft nicht zu) können in Zahlenwerte von 1 bis 5 überführt werden. Dies ermöglicht eine statische Analyse der Daten<sup>351</sup>.

### 2.6.1.2 Qualitative Sozialforschung

Ausgangspunkt der qualitativen Sozialforschung ist in der Regel nicht ein theoretisches Modell wie bei der quantitativen Forschung. Sie orientiert sich auch weniger an Messungen. FLICK schreibt: *„schließlich ist sie weder an der weitgehenden Standardisierung der Untersuchungssituation interessiert noch an der Sicherstellung der Repräsentativität durch eine Zufallsauswahl der Untersuchungsteilnehmer“*<sup>352</sup>. In der qualitativen Sozialforschung werden wenige Untersuchungsteilnehmer gezielt ausgewählt. Die Datenerhebung ist offener gestaltet als bei der quantitativen Variante und zielt auf ein umfassendes Bild und eine Rekonstruktion des untersuchten Falles ab. Deshalb werden meistens keine geschlossenen Fragen mit vordefinierten Antwortmöglichkeiten verwendet, sondern offene Fragen, die der Untersuchungsteilnehmer spontan in seinen eigenen Worten

<sup>344</sup> Ein Indikator ist „ein Hinweis auf ein bestimmtes, nicht direkt zugängliches Phänomen“ Flick (2009) S.309

<sup>345</sup> Die Standardisierung bedeutet die „Vereinheitlichung der Eigenschaften und Anwendung von Datenerhebungstechniken und Untersuchungssituationen“ Flick (2009) S.313

<sup>346</sup> Die Reliabilität ist ein Gütekriterium, das angibt, „wie stark die Messwerte durch Störeinflüsse oder Fehler belastet sind“. Flick (2009) S.312

<sup>347</sup> Die Validität ist „ein Gütekriterium zur Bestimmung der Gültigkeit: Misst das Messinstrument, was es zu messen vorgibt?“ Flick (2009) S.313

<sup>348</sup> Die Objektivität ist ein Gütekriterium, das angibt, „inwieweit ein Messwert unabhängig ist von der Person, die die Messung durchführt“. Flick (2009) S.311

<sup>349</sup> Eine repräsentative Stichprobe ist gegeben, wenn „eine Auswahl in den wesentlichen Eigenschaften der Grundgesamtheit entspricht. Eine repräsentative Stichprobe aller Deutschen entspricht in ihrer Eigenschaften (z. B. Altersverteilung) den Eigenschaften der deutschen Bevölkerung“ Flick (2009) S.312

<sup>350</sup> Die Generalisierung ist „die verallgemeinernde Schluss von den Ergebnissen, die mit einer Stichprobe erzielt wurde, auf die Verhältnisse der Grundgesamtheit“. Flick (2009) S.309

<sup>351</sup> Flick (2009) S.22

<sup>352</sup> Flick (2009) S.24

beantwortet. Ziel der qualitativen Forschung ist die „Erfassung des subjektiv gemeinten Sinnes des untersuchten Gegenstandes aus der Perspektive der Beteiligten“<sup>353</sup> (z. B. was es für die Studierenden heißt, das Studium als Belastung zu erleben). Es geht weniger darum, Bekanntes zu überprüfen, sondern Neues in der untersuchten Situation zu entdecken. Daraus werden dann Hypothesen bzw. neue Theorien entwickelt. Die folgende Tabelle 14 gibt eine kurze Übersicht über die Unterschiede zwischen qualitativer und quantitativer Forschung.

Tabelle 14: Unterschiede zwischen qualitativer und quantitativer Forschung<sup>354</sup>

	<b>Quantitative Forschung</b>	<b>Qualitative Forschung</b>
<b>Theorie</b>	als Ausgangspunkt, soll überprüft werden	als Endpunkt, soll entwickelt werden
<b>Fallauswahl</b>	an (statistischer) Repräsentativität orientiert, im Idealfall eine Zufallsauswahl	gezielt nach theoretischer Ergiebigkeit des Falls
<b>Datenerhebung</b>	standardisiert	offen
<b>Datenauswahl</b>	statistisch	interpretierend
<b>Verallgemeinerung</b>	im statistischen Sinne auf die Grundgesamtheit <sup>355</sup>	im theoretischen Sinn

## 2.6.2 Forschungsablauf

Der Forschungsablauf in der empirischen Sozialforschung ist zumindest für die quantitative Forschung weitgehend standardisiert. In der Literatur sind mehrere Forschungsabläufe zu finden, die sich im Grunde ähneln und nur jeweils andere Aspekte hervorheben. Für alle Vorhaben der empirischen Sozialforschung gelten z. B. nach ATTESLANDER die gleichen fünf Phasen des Forschungsablaufes: (1) Problembenennung, (2) Gegenstandsbenennung, (3) Durchführung und Anwendung von Forschungsmethoden, (4) Analyse und Auswertungsverfahren und 5. Verwendung von Ergebnissen<sup>356</sup>. Im Folgenden wird der Forschungsprozess nach FLICK vorgestellt.

### 2.6.2.1 Der Forschungsprozess bei quantitativer Forschung

Bei quantitativer Forschung wird der Prozess weitgehend linear geplant und wie folgt beschrieben durchgeführt:

<sup>353</sup> Flick (2009) S.25

<sup>354</sup> Flick (2009) S.26

<sup>355</sup> Die Grundgesamtheit oder die Population ist die „Menge aller potenziellen Untersuchungsobjekte, über die etwas ausgesagt werden soll. Untersucht werden in der Regel nur Auswahlen (Stichproben) aus dieser Population und die Ergebnisse dann auf diese verallgemeinert“ Flick (2009) S.309

<sup>356</sup> Atteslander (2010) S.21

- (1) Auswahl eines Forschungsproblems: Jede Forschung beginnt mit der Identifikation und Festlegung des Forschungsproblems. Ausgangspunkte für Forschungsprobleme können in den Hauptkategorien zusammengefasst werden: Alltag, mangelnde Daten und empirische Erkenntnisse zu einem bestimmten Problem, Abhandlung von Fachliteratur oder vorausgegangener Untersuchungen.
- (2) Systematische Literatursuche: Eine systematische Suche und Auswertung vorhandener Literatur ist notwendig. Dies betrifft die drei Bereiche: Theorie zum Thema, andere Untersuchungen und Literatur zu Forschungsmethoden.
- (3) Formulierung der Fragestellung: Im Allgemeinen können zu jedem Forschungsproblem mehrere Fragestellungen untersucht werden. Dies kann jedoch nicht gleichzeitig geschehen. Dieser Schritt konzentriert sich auf (a) die Entscheidung für eine Fragestellung, (b) ihre Formulierung und (c) ihre Eingrenzung.
- (4) Formulierung von Hypothesen: Bei standardisierter Forschung folgt die Formulierung einer überprüfbareren Hypothese. Der Zusammenhang in der Hypothese muss in einer überprüfbareren Form formuliert werden.
- (5) Operationalisierung: Hier werden Maßnahmen zur empirischen Erfassung der Merkmalsausprägungen getroffen, d. h. die Hypothese in messbare oder beobachtbare Einheiten bzw. beantwortbare Fragen übersetzt.
- (6) Entwicklung eines Projektplans bzw. -designs: Ein Forschungsdesign<sup>357</sup> wird ausgewählt. Ein Forschungsplan legt fest, wie die Untersuchung standardisiert und kontrolliert wird, so dass sich die gewonnene Daten eindeutig interpretieren lassen.
- (7) Stichprobenziehung: Hier werden die relevanten Gruppen, Fälle oder Felder für die Untersuchung festgelegt. Mittels Sampling-Verfahren<sup>358</sup> kann eine Stichprobe aus einer Grundgesamtheit gezogen werden.
- (8) Auswahl geeigneter Methoden: Für die Erhebung und Auswertung der Daten werden geeignete Methoden ausgewählt, vorhandene Methoden modifiziert oder neue Methoden entwickelt.
- (9) Einstieg in das Untersuchungsfeld: Ist die Untersuchungsplanung aus methodischer Sicht abgeschlossen, muss das geeignete Untersuchungsfeld gefunden werden. Es müssen folgende vier Probleme gelöst werden: (a) Zugang zur

---

<sup>357</sup> Der Forschungsdesign ist „*der Plan, nach dem eine Studie durchgeführt werden soll, umfasst die Auswahl der Untersuchungsteilnehmer, die Art und Zielsetzung der durchgeführten Vergleiche und die Gütekriterien, nach denen die Ergebnisse überprüft werden sollen.*“ Flick (2009) S.308

<sup>358</sup> Für die Stichprobenziehung in der standardisierten quantitativen Forschung sind in der Literatur verschiedene Verfahren zu finden wie z. B. einfache Zufallsstichprobe oder mehrstufige Zufallsauswahl. Für weiterführend Literatur sei an dieser Stelle auf Atteslander (2010) S.273ff., Diekmann (2011) S.373ff. und Flick (2009) S.89ff. verwiesen.

Institution, (b) Zugang zu Einzelpersonen (c) Abklärungen von Genehmigungen und (d) Fragen des Datenschutzes.

(10) Datenerhebung: Hier findet die eigentliche Datenerhebung statt. Im Allgemeinen können drei methodischen Alternativen verwendet werden: Befragungen, Beobachtungen und Analyse von Dokumenten.

(11) Dokumentation der Daten: Der nächste wichtige Schritt ist die Dokumentation und die Aufbereitung der erhobenen Daten (Fragebögen, Zeichnungen, Protokolle etc.). Ausgefüllte Fragebögen müssen digitalisiert werden. Die Antworten der offenen Fragen müssen codiert<sup>359</sup> werden.

(12) Auswertung der Daten: Die Codierung steht im Vordergrund. Die Kategorien für die Zuordnung der Antworten können vorab oder basierend auf den Aussagen der Untersuchungsteilnehmer festgelegt werden. Danach werden bei standardisierten quantitativen Studien statistische Analysen durchgeführt. Auf diese Art werden Antworten in ihrer Häufigkeit und Verteilung analysiert.

(13) Interpretation der Ergebnisse: Hier ist speziell die Interpretation der gefundenen Zusammenhänge aus der statistischen Analyse gemeint. Statistische Analysen können theoretische Zusammenhänge zwischen Ereignissen zeigen. Sie können aber keine Aussage darüber machen, warum genau diese Zusammenhänge dabei rauskommen. Meistens müssen die Erklärungen für die gefundenen Zusammenhänge noch gesucht werden.

(14) Diskussion der Ergebnisse und Interpretation: Die gewonnenen Ergebnisse werden zum einen mit der vorliegenden Literatur und zum anderen mit anderen einschlägigen Untersuchungen verglichen. Hat sich mit der neuen Untersuchung etwas Neues ergeben? Hat sich eher etwas Altes bestätigt? Dieser Schritt kann auch die Erklärung der gefundenen Zusammenhänge unterstützen.

(15) Überprüfung und Verallgemeinerung: Sowohl die Ergebnisse als auch der Prozess der Untersuchung werden auf ihre Reliabilität und Validität geprüft. Der Forscher muss zeigen, welche Verallgemeinerung der Ergebnisse zulässig ist bzw. ihre Grenzen aufzeigen.

(16) Darstellung der Ergebnisse und der Untersuchung: Die Darstellung umfasst die Zusammenfassung der Untersuchung und deren Hauptkenntnisse in Form eines Berichts (z. B. Buch, Artikel, Abschlussarbeit). Dabei ist eine Vorauswahl der

---

<sup>359</sup> Bei der Kodierung werden „*unterschiedliche Antworten (z. B. in Fragebögen) systematisiert und Zahlenwerten zugeordnet. Bei Interviews werden unterschiedliche Inhalte systematisiert und Kategorien zugeordnet werden*“ Flick (2009) S.310

wichtigsten Informationen notwendig. Ziel soll hier die Transparenz und die Beurteilbarkeit sein.

(17) Umsetzung der Ergebnisse: Gerade im Bereich der anwendungsorientierten Forschung ist die Ableitung von Empfehlungen wichtig. Die Ergebnisse müssen in der Praxis anwendbar sein. Auf diese Art können die Ergebnisse in der Praxis auch einer kritischen Überprüfung unterzogen werden.

(18) Ableitung von neuen Fragestellungen: Die Formulierung neuer Fragestellungen und Hypothesen für Folgeuntersuchungen ist ein wesentliches Ergebnis.

(19) Neue Untersuchungen: Die neuen Fragestellungen führen zu neuen Untersuchungen.

Zusammenfassend werden Forschungsprozesse in der standardisierten quantitativen Forschung mit linearen Prozessen bezeichnet, da die dargestellten Schritte nacheinander durchgeführt werden. Bei Fehlentscheidungen muss im Prozess zurückgesprungen und vorherige Schritte wiederholt werden<sup>360</sup>.

#### 2.6.2.2 Der Forschungsprozess bei nicht-standardisierter qualitativer Forschung

Im Gegensatz zur quantitativen Forschung sind bei qualitativer Forschung einige wesentliche Schritte miteinander verzahnt. Manche Schritte fallen weg oder sind an anderer Stelle im Prozess angesiedelt. Im Folgenden werden die wesentlichen Schritte des Forschungsprozesses bei nicht-standardisierter qualitativer Forschung vorgestellt:

(1-6) Auswahl des Forschungsproblems, Literaturrecherche, Fragestellung und Zugang: Zunächst werden wie bei der quantitativen Forschung ein Forschungsproblem und eine dazugehörige Fragestellung formuliert. Nach der Literaturrecherche wird ebenso das Untersuchungsfeld geklärt. Es wird allerdings keine Hypothese formuliert.

(7) Sampling, Datenerhebung, -dokumentation und -analyse, Vergleich: Im Gegensatz zur quantitativen Forschung orientiert sich die Auswahl der untersuchten Fälle (Personen, Situationen, Institutionen etc.) bei der qualitativen Forschung nicht an ihrer Repräsentativität im statistischen Sinne, sondern an ihrer Relevanz für das Thema. Es geht auch weniger um die Operationalisierung als um die Berücksichtigung möglichst vieler Kontextbedingungen. So basiert die Auswahl weiterer Untersuchungsteilnehmer auf den bisherigen Erkenntnissen der laufenden Untersuchung. Die erhobenen Daten können je nach Erhebungsmethode auf Tonband, Video als auch Protokolle gespeichert werden. Meistens folgt abschließend

---

<sup>360</sup> Flick (2009) S.70

eine Transkription. Die Analyse bedeutet die Interpretation von Äußerungen, Ereignissen oder Handlungen mit dem Ziel, eine Erklärung dafür zu finden.

(8-13) Diskussion, Verallgemeinerung, Darstellung, Umsetzung und neue Fragestellungen: Nach der Erhebung und Analyse folgt die Diskussion der Ergebnisse, sowie ihrer Gültigkeit und Verallgemeinerbarkeit im theoretischen und weniger im statistischen Sinn.

Zusammenfassend durchlaufen quantitative und qualitative Forschung teils ähnliche, teils unterschiedliche Schritte. Bei quantitativer Sozialforschung ist der Prozess linear; es geht vor allem um die Kontrolle und Standardisierung von Bedingungen. Dazu soll die Verallgemeinerbarkeit auf die Grundgesamtheit bei der Stichprobenziehung gewährleistet sein. Bei qualitativer Sozialforschung werden die Schritte des Forschungsprozesses häufiger miteinander verzahnt. Die Planung des Vorgehens ist wichtiger als die Verallgemeinerbarkeit, da sich die Stichprobenziehung mehr an der gezielten Auswahl der Fälle orientiert.

### **2.6.3 Empirische Forschung in der Produktentwicklung**

Ziel der empirischen Forschung in der Produktentwicklung ist in erster Linie, das Vorgehen von Produktentwicklern beim Entwickeln zu verstehen und zu unterstützen. Die zentralen Fragestellungen dabei sind: Welche Rahmenbedingungen beeinflussen den Entwickler bei seiner Tätigkeit? Und wie kann er in seinem Handeln unterstützt werden? Aus verschiedenen empirischen Untersuchungen mit Produktentwicklern konnten bisher vielfach Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Einen umfangreichen Überblick über empirische Untersuchungen in der Produktentwicklung ist z. B. bei LÜDCKE<sup>361</sup>, JÄNSCH<sup>362</sup> und BIRKHOFFER<sup>363</sup> zu finden. Im Folgenden werden nur beispielhaft eine Auswahl von Studien aufgeführt, die Erkenntnisse auf einem empirischen Weg gewonnen haben.

RÜCKERT, SCHRODA und GAEDEKE verglichen konstruktionsmethodisch ausgebildete Studierende aus dem Hauptstudium mit Studierenden ohne konstruktionsmethodische Ausbildung, um die Hypothese zu überprüfen, dass eine konstruktionsmethodische Ausbildung bei den Studierenden zu besseren Konstruktionsergebnissen führt. Sie fanden heraus, dass beide Gruppen ihr Handeln anhand des konstruktionsmethodischen Vorgehensmodells strukturierten. Sie

---

<sup>361</sup> Lüdcke (2003)

<sup>362</sup> Jänsch (2007)

<sup>363</sup> Birkhofer (2011)

schlossen daraus aus, dass eine Orientierung am konstruktionsmethodischen Modell für Neukonstruktionen das „natürliche Vorgehen“ zu sein scheint<sup>364</sup>.

GÜNTHER untersuchte individuelle Einflüsse auf den Konstruktionsprozess und die dabei erzielte Güte der Ergebnisse. Nach der Analyse ausgewählter Personenmerkmale fand er heraus, dass (1) heuristische Kompetenz, (2) Erfahrung sowie (3) eine geringe Neigung zu negativen Emotionen mit einem positiven Ergebnis zusammenhängen. Daher empfiehlt er für die Lehre eine höhere Praxisorientierung und einen stärkeren Fokus auf die Entwicklung von Erfahrungen<sup>365</sup>.

VON DER WETH analysierte das Vorgehen von Personen, die von der klassischen Konstruktionsmethodik abwichen, beispielsweise von Personen, die weitreichende Entscheidungen treffen, ohne dass zuvor eine genaue Analyse der Aufgabe stattfand. Daraus entwickelte er ein Modell für die Entwicklung individueller „action strategies“. Dabei analysieren Individuen die Komplexität der jeweiligen Situation anhand bestimmter Indikatoren und setzen sinnvolle Handlungsweisen in Abhängigkeit der Situationsparameter (z. B. Transparenz, Dynamik, Neuigkeitsgrad etc.) ein<sup>366</sup>.

BADKE-SCHAUB und FRANKENBERGER haben auf Basis von empirischen Untersuchungen in der Industrie diejenigen Faktoren ermittelt, die für den Erfolg bzw. Misserfolg in der Produktentwicklung verantwortlich sind. Damit sollten die Fragen beantwortet werden: Wie kann eine effektive Zusammenarbeit in Teams organisiert werden? Welche Kommunikation ist für welche Situationen geeignet? Und welche individuellen Voraussetzungen sind für ein Teammitglied für die Gewährleistung effektiver Teamarbeit erforderlich? Nach der Analyse mehrerer Entwicklungsprozesse entwickelten BADKE-SCHAUB und FRANKENBERGER Modelle von Wechselbeziehungen verschiedener Einflussfaktoren auf den Entwicklungsprozess für unterschiedliche Typen von kritischen Situationen<sup>367</sup>.

#### **2.6.4 Verwendete Forschungsmethoden in der Arbeit**

Alle Wissenschaften sind bestrebt, begründete Aussagen über ihren Objektbereich treffen zu können. Die Güte der Forschungsergebnisse wird maßgeblich durch das Forschungsvorhaben bestimmt. Die Anzahl der betrachteten Fälle hat am häufigsten Einfluss auf die Generalisierbarkeit der Erkenntnisse empirischer Forschung.

---

<sup>364</sup> Rückert, Schroda, and Gaedeke (1997)

<sup>365</sup> Günther (1998)

<sup>366</sup> von der Weth (1998)

<sup>367</sup> Badke-Schaub and Frankenberger (1999)

Allgemeingültige Aussagen werden nur dann erreicht, wenn ein repräsentativer Teil der Grundgesamtheit der interessierenden Realität in der Untersuchung berücksichtigt wird. Im Idealfall ist der repräsentative Teil genau so groß wie die Grundgesamtheit. Dies lässt sich aber aus finanziellen und zeitlichen Gründen nicht realisieren. Quantitative Ansätze erzielen aufgrund der hohen Stichprobengrößen eine höhere Generalisierbarkeit, allerdings weisen sie aufgrund vordefinierter quantifizierbaren Kategorien zur Beschreibung der Realität geringere Detaillierungs- und Neuigkeitsgrade vor. Bei den qualitativen Ansätzen wird die Verallgemeinerbarkeit von Ergebnissen kritisiert. Qualitative Ansätze gehen davon aus, dass humanwissenschaftliche Phänomene stark situationsabhängig sind, und dass das Handeln im großen Maße historisch geprägt und mit subjektiven Deutungen behaftet ist<sup>368</sup>. Bei den qualitativen Ansätzen wird die Realität durch eine differenzierte und situationsbezogene Erhebung erfasst. Diese differenzierte Vorgehensweise führt zwangsläufig zu großen und unstrukturierten Datenmengen, die mit einem sehr hohen Aufwand bei der Erhebung, der Aufbereitung und der Auswertung verbunden sind. Deshalb können bei qualitativen Ansätzen nur wenige Fälle untersucht werden<sup>369</sup>. Daher sind die Ergebnisse qualitativer Forschungsansätze differenzierte, explorative, deskriptive Beschreibungen der Realität, die nicht ohne weiteres verallgemeinerbar sind. LÜDCKE veranschaulicht diese Zusammenhänge, in dem er den „Erkenntniswert“ in Abhängigkeit von der „Differenziertheit des Vorgehens“ und der „Anzahl der untersuchten Fälle“ aufzeichnete (siehe Abbildung 27).

---

<sup>368</sup> Mayring (2010), S.12

<sup>369</sup> Lamnek (2010), S.3ff.

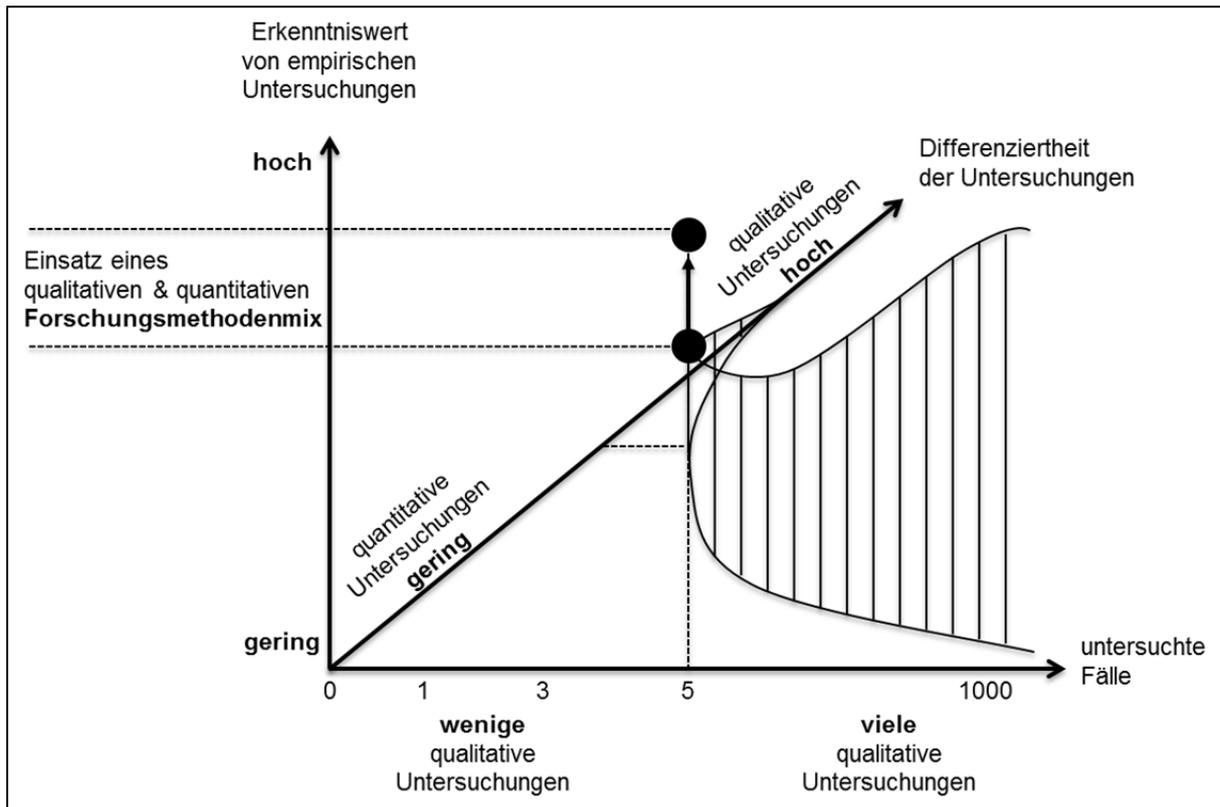


Abbildung 27: Der Erkenntniswert empirischer Untersuchungen nach LÜDCKE<sup>370</sup>

In dieser Arbeit wurden die empirischen Methoden: Online-Befragung, problemzentriertes Interview und qualitatives Experiment gewählt und angewendet. Das Layout, die Auswertung und die Ergebnisse dieser Studien sind in den Kapiteln 4 bis 6 einzeln ausführlich beschrieben.

## 2.7 Fazit zu den Grundlagen und dem Stand der Forschung

Der Produktentwicklungsprozess besteht aus einzelnen Problemlösungsprozessen. Problemlösungsprozesse sind im Vergleich zu Routineaufgaben wissensintensive Prozesse. Die hohe Komplexität einer Produktentwicklung ergibt sich als Eigenkomplexität des Projektes als Antwort auf die Komplexität einer Produktentwicklungsaufgabe. Der Neuheitsgrad einer Produktentwicklungsaufgabe führt häufig zu einem Defizit an notwendigem Kontextwissen, das es im Hinblick auf die Lösung des Problems noch aufzubauen gilt. Erfahrungswissen spielt hierbei eine große Rolle. Die Produktentwicklung ist trotz bekannter und teilweise rechnerunterstützter Lösungs- und Gestaltungsmethoden durch die Erfahrung und das Wissen der einzelnen Konstrukteure geprägt.

<sup>370</sup> Lüdcke (2003), S.51

Ansätze zur Unterstützung dieser Wissensarbeit durch geeignete Wissensrepräsentationen sollen die Grundlage erfolgreicher Entwicklungen bilden. Allerdings unterstützen heutige Informationssysteme hauptsächlich die reine Informationsbereitstellung und viel weniger den Transfer kontextualisierten Wissens. Zentrale Aspekte des Erfahrungswissens sind bisher nicht systematisch erfasst. Deshalb spielen sie auch in der Wissensmanagementdiskussion kaum eine Rolle. Beim Austausch von Wissen werden vor allem solche Wissensformen in den Blick genommen, die sich Apriori explizieren lassen. Die nicht explizierbaren Bestandteile des praktischen Wissens werden vernachlässigt. Im Wissensmanagement fehlt ein geeignetes Begriffsinstrumentarium für das nur in Teilen objektivierbare und deshalb weitestgehend implizit wirkende Erfahrungswissen. Diese Arbeit beruht auf der Annahme, dass es kein einheitliches Verständnis darüber gibt, was Erfahrungswissen in der Produktentwicklung ist und dass die Erschließung und die Anwendung von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung gegenwärtig noch nicht ausreichend und systematisch berücksichtigt werden. Bisher stellt Erfahrungswissen eine „Black Box“ in der Produktentwicklung dar, die zu erheblichen Unsicherheiten bei der Bestimmung der Ergebnisqualität führt. Zudem fehlen Modelle und Methoden, die den Expertisegrad von Produktentwicklern bestimmen und den Transfer von Erfahrungswissen erklären.

### 3 Motivation und Zielsetzung

Wissen bezeichnet die Gesamtheit der Kenntnisse und Fähigkeiten, die Individuen zur Lösung von Problemen einsetzen. Dies umfasst sowohl theoretische Erkenntnisse als auch praktische Alltagsregeln (siehe Kapitel 2.2.4). Erfahrungswissen ist jenes Wissen, das auf subjektiven Wahrnehmungen und Lernerfahrungen basiert und als Wissen in erster Linie „in den Köpfen“ gespeichert wird (siehe Kapitel 2.3.10). Expertise dagegen charakterisiert die Person und nicht das Wissen selbst. Ein Experte im Bereich der Produktentwicklung besticht durch seine dauerhaft (also nicht zufällig oder singulär) erbrachten herausragenden Leistungen im Lösen technischer Probleme (siehe Kapitel 2.3.8).

Ziel dieser Arbeit ist es, den Stand der Wissenschaft im Bereich des personengebundenen Erfahrungswissens in der Produktentwicklung durch Handlungsempfehlungen zu erweitern. Gleichzeitig sollen damit neue Impulse für weitere Forschungsarbeiten gesetzt werden.

Die bisher durchgeführten Arbeiten zum Thema Erfahrungswissen in der Produktentwicklung haben im Sinne des Wissensmanagements das Ziel, personengebundene, implizite Anteile von Wissen zu explizieren, mit dem Ziel dieses zu managen. Ziel der Forschungsarbeiten aus der kognitiven Psychologie mit Konstrukteuren ist hauptsächlich die Identifizierung von Strategien und Denkheuristiken von erfahrenen Konstrukteuren, aus welchen später Handlungsanweisungen, Entwicklungsmethoden und Vorgehensweisen zur Unterstützung des Produktentstehungsprozesses entstanden (siehe Kapitel 2.3.9). Dabei wird lediglich zwischen erfahrenen und wenig erfahrenen Konstrukteuren unterschieden. Weiterhin ist festzustellen, dass ein gemeinsames Verständnis für Erfahrungswissen in der Produktentwicklung fehlt. Vor allem im Bereich der Expertise, die im höchsten Maße domänenspezifisch ist, wurden Ansätze, Bezeichnungen und Richtwerte aus anderen Domänen wie beispielsweise Schach („Drosophila“ der Expertiseforschung) einfach übernommen, ohne diese auf ihre Eignung für die Produktentwicklung kritisch zu hinterfragen. Es wird z. B. angenommen, dass ein Produktentwickler wie ein Schachspieler circa zehn Jahre braucht, bis er Experte wird, ohne dies empirisch zu untersuchen (siehe Kapitel 2.3.8). Aufgrund der besonderen Randbedingungen und Anforderungen in der Produktentwicklung besteht noch deutlicher Forschungsbedarf zu Erfahrungswissen und Expertise in der Produktentwicklung.

Durch diese Arbeit soll ein Beitrag zur Beantwortung der folgenden übergeordneten Forschungsfragen geleistet werden (siehe Tabelle 15).

Tabelle 15: Forschungsfragen der Arbeit

---

**Forschungsfrage 1:**

- Was ist Erfahrungswissen in der Produktentwicklung und welche Bedeutung hat es für die Arbeit des Produktentwicklers heute?
- 

**Forschungsfrage 2:**

- Wie kann der Expertisegrad von Systemkonstruktoren gemessen werden? Und wie kann dies methodisch unterstützt werden?
- 

**Forschungsfrage 3:**

- Wie wird Erfahrungswissen in der Produktentwicklung generiert, genutzt und transferiert?
- 

Um diese Forschungsfragen zu beantworten, werden zunächst für die Schärfung des Begriffs „Erfahrungswissen“ in der Produktentwicklung die Ergebnisse einer Online-Umfrage mit über siebzig Konstrukteuren aus der Industrie vorgestellt. Anschließend wird ein Stufenmodell für die Expertise aus dem Bereich der Psychologie an die Gegebenheiten der Produktentwicklung angepasst, weiterentwickelt und anhand Studierender des Maschinenbaus evaluiert. Für den Transfer von Erfahrungswissen wird die Theorie der mentalen Modelle herangezogen. Ziel dabei ist, diesen Transfer in erster Linie im Bereich der universitären Lehre zu unterstützen und zu fördern.

Die erwarteten Ergebnisse dieser Arbeit sind in Tabelle 16 dargestellt. Mit dieser Arbeit soll - nachdem ein vertieftes Verständnis des Begriffes „Erfahrungswissen“ in der Produktentwicklung aufgebaut ist - ein Stufenmodell für die Expertise in der Produktentwicklung zur Verfügung gestellt werden.

In einem industriellen Kontext hat dieses Modell beispielsweise den Vorteil, dass zukünftig die Zuordnung von bestimmten Personen zu passenden Problemlösungsteams eindeutig und begründbar ist.

Für die Forschung ist ein stufenweiser Experten-Novizen-Vergleich ebenfalls wichtig, da dieser Aufschluss über Verarbeitungsprozesse und Vorgehensstrategien geben kann, die für die spätere Entwicklung neuer Problemlösungsmethoden nützlich sein können.

Bezüglich der Lehre kann ein Stufenmodell für die Expertise bei der Beurteilung und Evaluation bestimmter Fähigkeiten und Kompetenzen wichtig sein. So kann der Kompetenzerwerb nachgewiesen werden und im Sinne von „wer lehrt wem was“ im Team genutzt werden.

Mittels mentaler Modelle wird der Transferprozess von Erfahrungswissen besser verstanden und somit beschreibbar. Dies bietet die Chance, aktiv in diesen Prozess

eingzugreifen und ihn positiv zu beeinflussen. Dadurch wird eine Sicht auf den Transferprozess von Erfahrungswissen geschaffen, die eine methodische Unterstützung erlaubt, eine Modellierung des Transferprozesses ermöglicht und damit eine Möglichkeit zur Steuerung gibt.

Tabelle 16: Erwartete Ergebnisse der Arbeit

---

**Ergebnis 1:**

- Vertieftes Verständnis des Begriffes „Erfahrungswissen“ in der Produktentwicklung sowie die Bedeutung dieses Wissen für die Produktentwicklung heute.
- 

**Ergebnis 2:**

- Ein Stufenmodell für die Beschreibung der Expertise in der Produktentwicklung sowie Handlungsempfehlungen für den Einsatz dieses Modells in der Produktentwicklung.
- 

**Ergebnis 3:**

- Mentalmodellbasierte Beschreibung des Transferprozesses von Erfahrungswissen sowie Handlungsempfehlungen zur Gestaltung dieses Prozesses.
-

## **4 Bedeutung von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung**

In diesem Kapitel wird der ersten Forschungsfrage dieser Arbeit nachgegangen, nämlich was Erfahrungswissen in der Produktentwicklung ist und welche Bedeutung dieses spezielle Wissen für die Arbeit des Produktentwicklers heute hat. Um diese Frage zu beantworten wurde eine empirische Datenerhebung in Form einer Umfrage durchgeführt<sup>371</sup>. Zunächst wird der theoretische Hintergrund zur Umfrage erläutert. Danach die Durchführung beschrieben und als Letztes werden die Ergebnisse aufgezeigt und diskutiert.

### **4.1 Theoretischer Hintergrund**

#### **4.1.1 Zielsetzung**

Ziel der Umfrage ist es herauszufinden, wie Erfahrungswissen in der Produktentwicklung im industriellen Umfeld heute verstanden wird und welche Ansätze und Methoden zur Förderung des Austausches von Erfahrungswissen tatsächlich verwendet werden. Der Fokus liegt darauf, welche Methoden am häufigsten verwendet werden und wie diese von praktizierenden Produktentwicklern hinsichtlich einer effektiven und effizienten Nutzung von Erfahrungen bewertet werden. Darüber hinaus soll die Umfrage einen Bedarf bzw. allgemeine Anforderungen an zukünftige Ansätze zur besseren Ausnutzung von Erfahrungswissen aufzeigen. Die Zielgruppe der Befragung sind in erster Linie Produktentwickler in der Industrie.

#### **4.1.2 Zielgruppe**

Es wurden Produktentwickler aus Deutschland befragt. Aus früheren Befragungen wie z. B. der Studie „Wissen und Information“<sup>372</sup> der Fraunhofer-Wissensmanagement Community ist bekannt, dass die Einschätzung der Wirksamkeit von Wissensmanagementinstrumenten und -maßnahmen unter anderem von der Position des Befragten abhängt. Deshalb war es bei der Gestaltung der Umfrage wichtig, sowohl das Führungspersonal als auch Sachbearbeiter zu befragen.

---

<sup>371</sup> Albers and Turki (2013)

<sup>372</sup> Decker et al. (2005)

### 4.1.3 Auswahl der Erhebungsmethode

Zur Durchführung standardisierter Befragungen stehen prinzipiell drei Erhebungsmethoden zur Auswahl: Die schriftliche, die telefonische oder die Online-Befragung. All diese Methoden haben ihre Vor- und Nachteile. Die Vorteile schriftlicher Befragungen sind vor allem finanzieller Art d. h. bei gleichem Mitteleinsatz wird eine größere Stichprobe erreicht als bei den meisten anderen Formen der Befragung. Da normalerweise bei dieser Befragungsart kein Zeitdruck durch z. B. einen Interviewer entsteht, sind die Antworten besser durchdacht. Zu den Nachteilen zählen vor allem höhere Ausfallquoten als beim persönlichen Interview und die kaum hinreichende Kontrollierbarkeit wie, wo, wann und von wem der Fragebogen wirklich ausgefüllt wurde<sup>373</sup>. Die Vorteile telefonischer Befragung sind: (1) die erhöhte Erreichbarkeit, (2) rasche Verarbeitung der Daten und (3) rascher Ersatz bei Ausfällen. Zu den Nachteilen zählen: (1) erschwerte Kontrolle der Situation, (2) Erinnerungs- und Denkestützen durch die Vorlage von Tabellen usw. entfallen und (3) Begrenzung auf relativ einfache Fragegegenstände<sup>374</sup>. Bei Online-Befragungen handelt es sich um eine Sonderform der schriftlichen Befragungen. Zu den Vorteilen Online-Befragungen zählen in der Regel die schnelle Verfügbarkeit von Daten durch direktes Einlesen der Daten bei der computergestützten Eingabe<sup>375</sup>. Die Nachteile einer Online-Befragung, die bei der Konstruktion des Fragebogens berücksichtigt werden müssen, lassen sich in den folgenden vier Merkmalen zusammenfassen:

- Fragen zum Inhalt oder Begrifflichkeiten der Umfrage können nur asynchron gestellt werden. Zur Lösung können für ausgewählte Begriffe Definitionen vorgegeben oder umschreibende Beispiele hinzugefügt werden. Diese Vorgehensweise erzeugt allerdings mehr Text, der von den Befragten gelesen werden muss.
- Zu lange Textpassagen in der Umfrage schrecken die Teilnehmer ab und können zu einem vorzeitigen Abbrechen des Beantwortungsvorgangs führen.
- Offene Fragen können prinzipiell gestellt werden. Die Ergebnisse sind aber in der Regel schlechter als in einem Interview, in dem während des Gespräches noch Denkipulse und Hinweise gegeben werden können.

---

<sup>373</sup> Atteslander (2010), S.157

<sup>374</sup> Atteslander (2010), S.158f.

<sup>375</sup> Atteslander (2010), S.166f.

- Die Umfrageführung der Teilnehmer ist schwieriger zu gestalten als in einem Interview, in dem der Interviewer erklären kann, welche Absicht hinter einer Frage steht und wie lange der Befragungsvorgang noch dauert.

Die Zugangshürden für eine Online-Befragung sind deutlich niedriger als bei den anderen Erhebungsmethoden. Ein Termin muss nicht vereinbart werden. Die Teilnahme kann zu jedem beliebigen Zeitpunkt stattfinden. Dadurch sind auch schwer erreichbare Personenkreise gut zu involvieren. Zudem genießt die Methode der Online-Befragung eine hohe Akzeptanz in Bezug auf Freiwilligkeit, Flexibilität und Anonymität. Vor allem die Gründe Erreichbarkeit der Zielgruppe, Akzeptanz und Ergebnisqualität in Bezug auf das Unternehmensklima sind mit einer Online-Umfrage besser umsetzbar. Deshalb wurde die Befragung in dieser Arbeit onlinebasiert durchgeführt.

## **4.2 Beschreibung und Durchführung der Studie**

### **4.2.1 Adressaten**

Es wurden 206 Produktentwickler aus 75 verschiedenen Unternehmen<sup>376</sup> hauptsächlich aus den Bereichen Maschinenbau und Automobilbau ausgewählt und zur Teilnahme an der Umfrage personalisiert per E-Mail<sup>377</sup> eingeladen. Sowohl Konstrukteure ohne Personalverantwortung als auch Leiter von Entwicklungsabteilungen wurden angeschrieben.

### **4.2.2 Konzeptionelle Vorbereitungen**

Der Fragenkatalog wurde mittels der freien Online-Umfrage-Applikation LimeSurvey<sup>378</sup> umgesetzt. Am 21. Februar 2012 wurden die personalisierten Einladungsmails verschickt und die Umfrage für die eigentliche Zielgruppe freigeschaltet. Am 04. April 2012 wurde die Umfrage beendet und deaktiviert.

### **4.2.3 Maßnahmen zur Reduzierung der Nachteile von Online-Umfragen**

Eine Grundproblematik bei der Erstellung der Umfrage stellen die vielen Begrifflichkeiten dar, die nur begrenzt definiert werden können, da ansonsten zu viel Text entstehen würde. Mit der begrifflichen Unschärfe wird jedoch die Aussagekraft der Ergebnisse geschwächt oder sogar verfälscht. Es ist ohnehin in der Literatur und in den Wissensmanagement Communities umstritten, was genau Wissen ist, was Wissen von Informationen trennt und ob in Datenbanken verknüpft gespeicherte

---

<sup>376</sup> Siehe Anhang 1: Angeschriebene Unternehmen für die Online-Umfrage

<sup>377</sup> Siehe Anhang 2: Anschreiben der Online-Umfrage

<sup>378</sup> <http://www.limesurvey.org/>

Informationen Wissen darstellen oder nicht. Dieses Problem gilt z. B. auch für Methoden. In der Praxis werden manchmal ein und dieselbe Methode mit unterschiedlichen Namen oder unterschiedliche Methoden unter demselben Namen verwendet. Beispielsweise sind Communities of Practice in dem ursprünglichen Charakterisierungsansatz informelle Gruppen von Menschen, die sich zwecks freiwilligen Erfahrungs- und Wissensaustauschs zu einer Interessengemeinschaft zusammenfinden<sup>379</sup>. Besondere Eigenschaften dieser Gemeinschaften sind die Freiwilligkeit und die Selbstorganisation, insbesondere was die Ziele des Austauschs betrifft. Nach dieser Definition können viele Gemeinschaften in Unternehmen nicht als Community of Practice gezählt werden, da viele Ziele in der Regel von der Unternehmensleitung vorgegeben werden, wenn für diese Communities Unternehmensressourcen bereitgestellt werden. Die Fragen wurden im Vorfeld hinsichtlich ihrer Verständlichkeit an einer Testgruppe erprobt und entsprechend überarbeitet:

- Es wurde Wert darauf gelegt, die Textmenge möglichst stark zu reduzieren. Hierfür wurden zur Erläuterung bestimmter Begrifflichkeiten und Methoden mouseover Hilfetextfenster verwendet.
- Es wurden Gruppen von Methoden gebildet, um die Probleme der Begriffsabgrenzungen abzumildern.
- Damit die Befragten eine Rückmeldung über den Fortschritt der Umfrage hatten wurde eine auf die Gesamtzahl bezogene Nummerierung der Fragen vorgenommen.
- Zwecks besserem Verständnis und der Orientierung der Teilnehmer wurden kurze Überleitungen zur jeweils nächsten Frage eingefügt.
- Es wurden halb offene Fragen gestellt.
- Es wurde bewusst auf eine passwortbasierte Zugangsbeschränkung zur Umfrageseite verzichtet. Eine Zuordnung der Teilnehmer zu einzelnen Unternehmen ist somit nicht möglich. So ist die Hürde zur Teilnahme an der Umfrage geringer.
- Der Link zur Umfrage wurde ausschließlich über die Einladungsmails veröffentlicht, um den Teilnehmerkreis auf die gewünschte Zielgruppe zu begrenzen.

---

<sup>379</sup> Lave and Wenger (1991)

#### 4.2.4 Aufbau der Umfrage

Die Umfrage besteht aus insgesamt vierzehn Fragen<sup>380</sup>. Die ersten drei Fragen beziehen sich auf den Unternehmenshintergrund der Teilnehmer und erfragen die Größe des Unternehmens, die Branche und die Produktart. In Frage vier wird die Position der Teilnehmer im Unternehmen erfasst. Die fünfte, halb offen gestellte Frage führt - als Einstieg in die eigentliche Thematik - die Teilnehmer zum Thema Erfahrungswissen hin. Zunächst konnten die Teilnehmer aus einer vorgegebenen Auswahl an Elementen diejenigen Begriffe aussuchen (mehrfache Auswahl möglich), die sie mit dem Begriff „Erfahrungswissen“ in Verbindung bringen. Im Anschluss daran hatten sie die Möglichkeit, in einem Textfeld weitere Begriffe oder kurze Sätze hinzuzufügen. In Frage sechs wurden die Teilnehmer nach der Bedeutung von Erfahrungswissen für die Bereiche tägliche Arbeit, Unternehmensbereich, Unternehmen und Branche befragt. Hierfür wurde eine sechsstufige Skala (von sehr wichtig bis sehr unwichtig) vorgegeben. In Frage sieben wurden die Teilnehmer gebeten, auf eine sechsstufige Skala (von sehr gut bis sehr schlecht) eine Einschätzung der Effektivität der Nutzung von vorhandenem Erfahrungswissen im Unternehmensbereich, im Unternehmen und in der Branche zu geben. Die zwei darauf folgenden Fragen dienten als weitere Hinführung auf die Thematik der Nutzung von Erfahrungswissen. In den Fragen acht und neun wurde nach dem Ist-Zustand bzw. nach dem geschätzten Handlungsbedarf im Unternehmen in Bezug auf wissensrelevante Aktivitäten gefragt. Frage zehn wurde als halb offene Frage gestaltet und diente der Aufklärung von Hindernissen beim Erfahrungsaustausch im eigenen Unternehmen. Die Teilnehmer konnten zunächst den Einfluss vorgegebener Hindernisse bewerten. Zusätzlich konnten sie im zweiten Teil der Frage weitere Barrieren selbst benennen. In Frage elf konnten die Teilnehmer Angaben zum Einsatz verschiedener Instrumente und Methoden für den Wissenstransfer im eigenen Unternehmen machen, um diese anschließend in Frage zwölf bezüglich ihrer Nutzung und Erschließung von Erfahrungswissen zu bewerten. In den Fragen dreizehn und vierzehn wurden die Dauer der Berufstätigkeit im Allgemeinen und die Anzahl der Berufsjahre als Produktentwickler im Speziellen abgefragt. Diese zwei Fragen zur Person wurden an das Ende des Fragebogens gestellt, damit sie die Beantwortung der vorherigen Fragen nicht beeinflussen. Somit beantwortet der Teilnehmer die Fragen aus seiner Position als Produktentwickler heraus und nicht beispielsweise als Entwicklungsabteilungsleiter. Eine vollständige Übersicht über den Fragenkatalog und das Layout der Umfrage ist in Anhang 3: Fragebogen der Online-Umfrage zu finden.

---

<sup>380</sup> Siehe Anhang 3: Fragebogen der Online-Umfrage

## **4.3 Ergebnisse und Implikationen**

### **4.3.1 Datenbereinigung**

Die Datenbereinigung ist eine der wichtigsten Maßnahmen zur Qualitätssicherung von empirischen Untersuchungen. Insgesamt riefen 72 Teilnehmer die Umfrage auf. Elf Teilnehmer haben die Umfrage vorzeitig abgebrochen bzw. nicht vollständig beantwortet. Weitere drei Teilnehmer haben die Umfrage zwar beendet, aber die Frage 14 nach der Anzahl an Berufsjahren im Bereich der Produktentwicklung nicht beantwortet. Da somit die Information fehlt, ob sie im Bereich der Produktentwicklung tätig waren, entsprechen sie nicht der Zielgruppe der Befragung. Insgesamt wurden 14 Teilnehmer aus der Auswertung komplett herausgenommen. Grundlage für die folgende Auswertung sind 58 Datensätze. Das entspricht einer guten Rücklaufquote<sup>381</sup> in Höhe von 28 Prozent.

### **4.3.2 Teilnehmer und Unternehmen**

Alle Teilnehmer der Umfrage bilden gemeinsam eine Summe von 885 Jahren Berufserfahrung, davon 709 Jahre im Bereich der Produktentwicklung. Im Durchschnitt sind sie gut 15 Jahre im Beruf und davon mehr als 12 Jahre als Produktentwickler aktiv. Mehr als die Hälfte der Teilnehmer ist bereits 16 Jahre oder länger im Berufsleben, mehr als 20 Prozent von ihnen sogar länger als 20 Jahre. Damit haben sie gute Voraussetzungen als Experten zu gelten, um ihre Meinung zum Thema Erfahrungswissen in der Produktentwicklung zu geben. Die Berufserfahrung der Teilnehmer ist in Abbildung 28 graphisch dargestellt.

---

<sup>381</sup> Bei Online-Umfragen werden Rücklaufquoten zwischen 20 und 30 Prozent in der Fachliteratur zur empirischen Forschung als gute Rücklaufquoten betrachtet. Vgl. Flick (2009),S111f.; Kirchhoff et al. (2010),S33f.

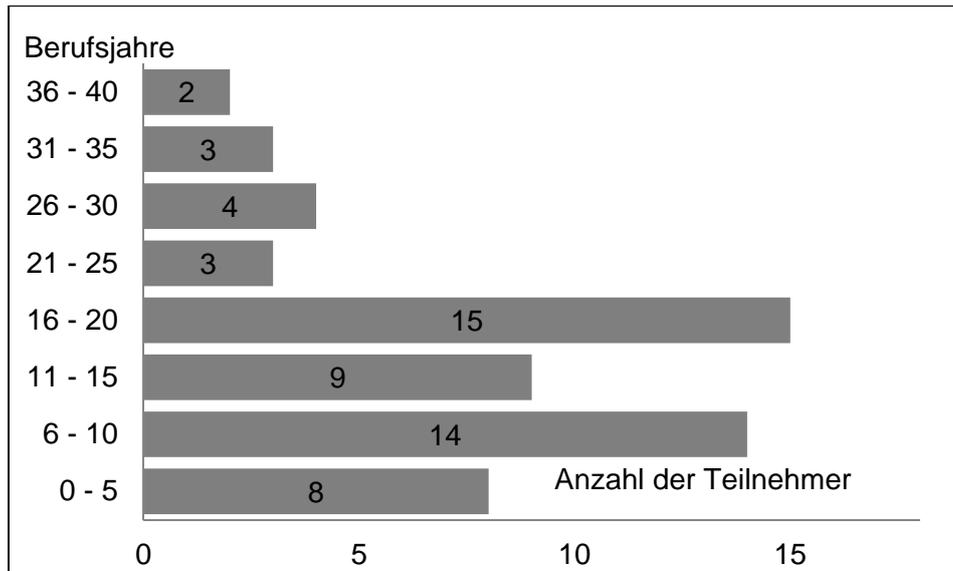


Abbildung 28: Berufserfahrung in Berufsjahren (Gesamtanzahl der Teilnehmer = 58)

51 der 58 Teilnehmer arbeiten in Unternehmen mit mehr als 500 Beschäftigten. Das entspricht fast 88 Prozent der ausgewerteten Datensätze (siehe Abbildung 29). Die Ergebnisse der Umfrage sind daher besonders aussagekräftig für mittlere und große Unternehmen.

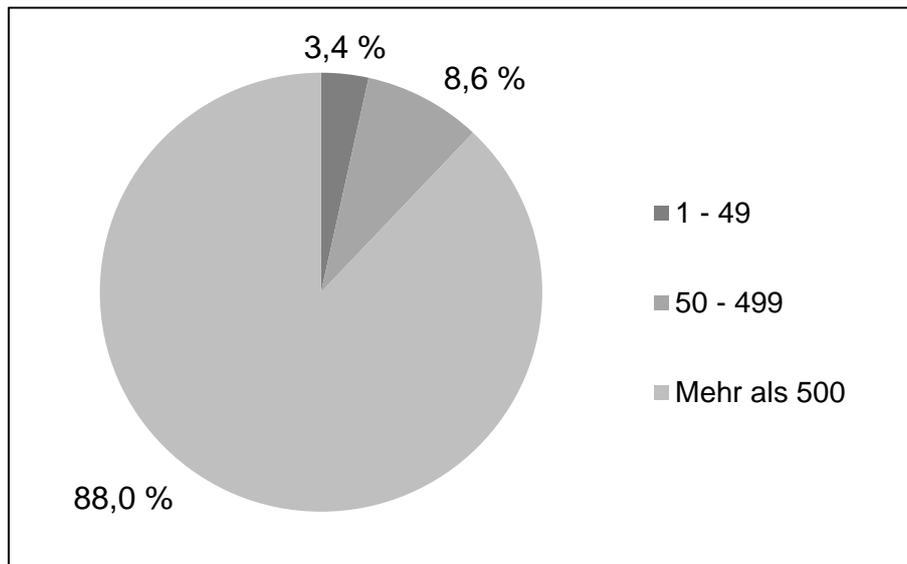


Abbildung 29: Unternehmensgröße in Abhängigkeit der Anzahl der Teilnehmer (Anteile in Prozent der Teilnehmer)

Mehr als 55 Prozent der Unternehmen bieten Produkte und Dienstleistungen der Großserie an. Jeweils ungefähr ein Fünftel der Teilnehmer arbeiten in Unternehmen, die Produkte mit mittleren Stückzahlen oder individuelle Lösungen bieten (siehe Abbildung 30).

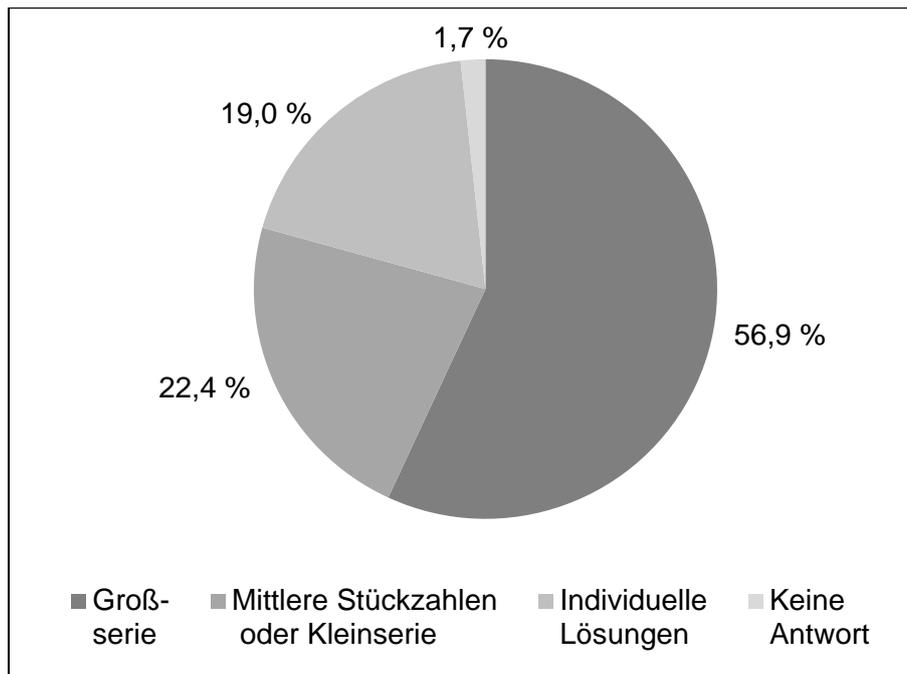


Abbildung 30: Produktart (Anteile in Prozent der Teilnehmer)

Über 55 Prozent der Teilnehmer arbeiten in der Automobilindustrie. Ein weiteres knappes Drittel der Befragten arbeitet im Maschinen- und Anlagenbau, so dass ungefähr 85 Prozent der Teilnehmer in diesen beiden Branchen tätig sind. Die Branchenzugehörigkeit ist in Abbildung 31 graphisch dargestellt.

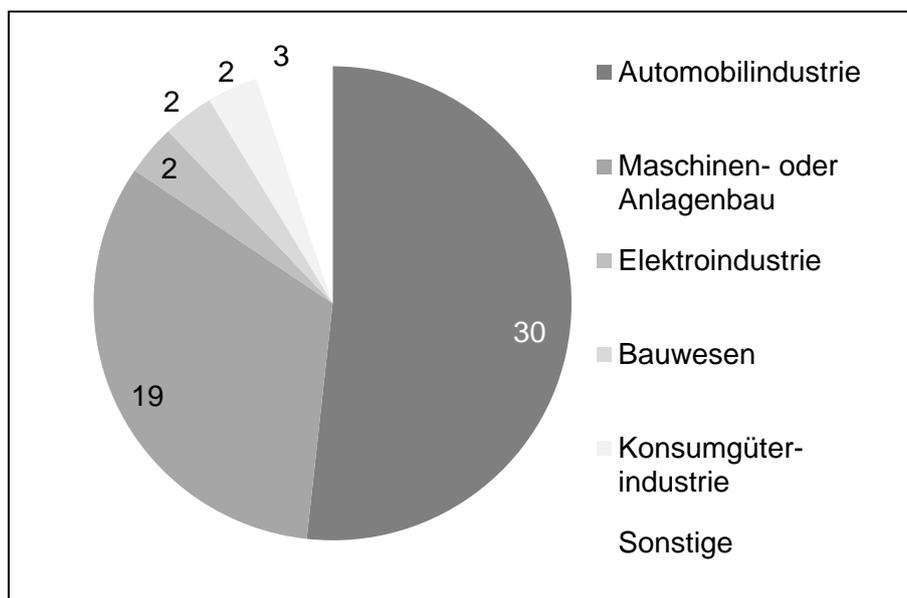


Abbildung 31: Branchenzugehörigkeit (Anzahl der Teilnehmer)

36 Prozent der Umfrageteilnehmer tragen keine Personalverantwortung. Dies entspricht auch der Absicht, den Umfrageteilnehmerkreis nicht nur auf Produktentwickler mit Personalverantwortung zu beschränken. 6 Prozent der Teilnehmer sind zwar Geschäftsführer, erfüllen aber ebenso alle Voraussetzungen

zur Teilnahme an der Befragung, da sie jahrelang auch als Produktentwickler tätig waren (Abbildung 32).

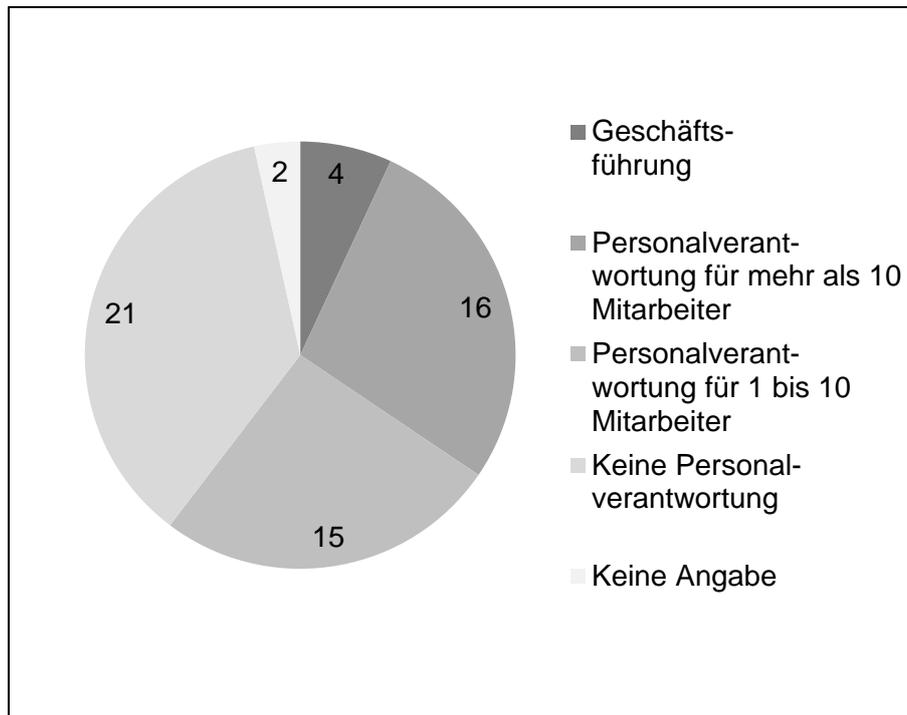


Abbildung 32: Position der Teilnehmer im Unternehmen

#### 4.3.3 Verständnis von Erfahrungswissen aus der Sicht der Teilnehmer

Frage fünf bildet die Basis für die Abfrage des Verständnisses von Erfahrungswissen bei den Teilnehmern. Als halb offene Frage durften die Teilnehmer zunächst über eine vorgegebene Auswahl an Elementen die Begriffe auswählen, die sie mit dem Begriff „Erfahrungswissen“ in Verbindung bringen. Im Anschluss bestand die Möglichkeit, in einem Textfeld weitere Elemente hinzuzufügen oder die Begriffsvorstellung beispielsweise über kurze Sätze zusätzlich zu ergänzen. Die Mehrheit der Befragten ist sich einig, dass Erfahrungswissen personengebunden ist (75,9 Prozent der Teilnehmer), sowohl implizites (63,8 Prozent der Teilnehmer) als auch explizites (53,5 Prozent der Teilnehmer) Wissen umfasst und eine Kontextbezogenheit (51,7 Prozent der Teilnehmer) aufweist (siehe Abbildung 33). Mehrere Teilnehmer notierten, dass die Entstehung von Erfahrungswissen während der Berufstätigkeit über die Dauer der Tätigkeitsausübung entstehe, dass es teilweise durchaus wiedergegeben werden könne und, dass sich Erfahrungswissen aber in anderen Fällen in Form von intuitivem „Fingerspitzengefühl“ bemerkbar mache. Ein Teilnehmer stellt in Frage, ob Erfahrungswissen nach der Weitergabe über einen Transfervorgang beim Wissensempfänger die gleiche Beschaffenheit haben kann als beim ursprünglichen Wissensträger. So schreibt dieser Teilnehmer:

*„Erfahrungswissen ist bei der Entstehung personengebunden kann aber teilweise expliziert und an andere Personen weitergegeben werden. Allerdings bin ich*

*unsicher, ob dieses weitergegebene Wissen dann noch als Erfahrungswissen bezeichnet werden sollte.*<sup>382</sup>

Ein anderer Teilnehmer stellte den Zusammenhang von Erfahrungswissen und einem Lernprozess aus Fehlern fest und betonte, dass Erfahrungswissen die Eigenschaft besitzt, in Zukunft liegende Zusammenhänge und Auswirkungen abzuschätzen:

*"Wissen aus der Erfahrung heraus. Lernen aus Fehlern = Wissen, ein Gefühl für die Machbarkeit entwickeln (das Bauchgefühl), das Wissen aus Erfahrung ist überwiegend nicht verbalisierbar oder greifbar, es ist da."*<sup>383</sup>

Die Antworten lassen Rückschlüsse auf eine Auseinandersetzung der Teilnehmer mit dem Thema Erfahrungen und den daraus erfolgenden Lernprozessen zu. Immerhin verbindet etwa ein Drittel der Teilnehmer Erfahrungswissen mit Gefühlen, Werten und Idealen (siehe Abbildung 33). Wie bereits in Kapitel 2.3 gezeigt wurde, besteht ein langfristiger Zusammenhang zwischen Erfahrungswissen sowie Werten und Idealen. Gefühle spielen bei Produktentwicklern vor allem in Bezug auf Entscheidungen eine wichtige Rolle. Aus den Antworten heraus ist anzunehmen, dass sich dieses Drittel der Teilnehmer über den Einfluss ihrer Erfahrungen und den daraus resultierenden langfristigen Wirkungen auch wirklich bewusst ist. Von Bedeutung ist dabei auch, dass die Teilnehmer, die eine Verbindung zu Gefühlen sehen, im Mittel 5,75 Jahre länger im Beruf sind, als die Teilnehmer, die keine Verbindung sehen. Bei den Werten und Idealen beträgt der Unterschied immerhin noch 5,5 Jahre.

---

<sup>382</sup> Teilnehmer ID 115

<sup>383</sup> Teilnehmer ID 157

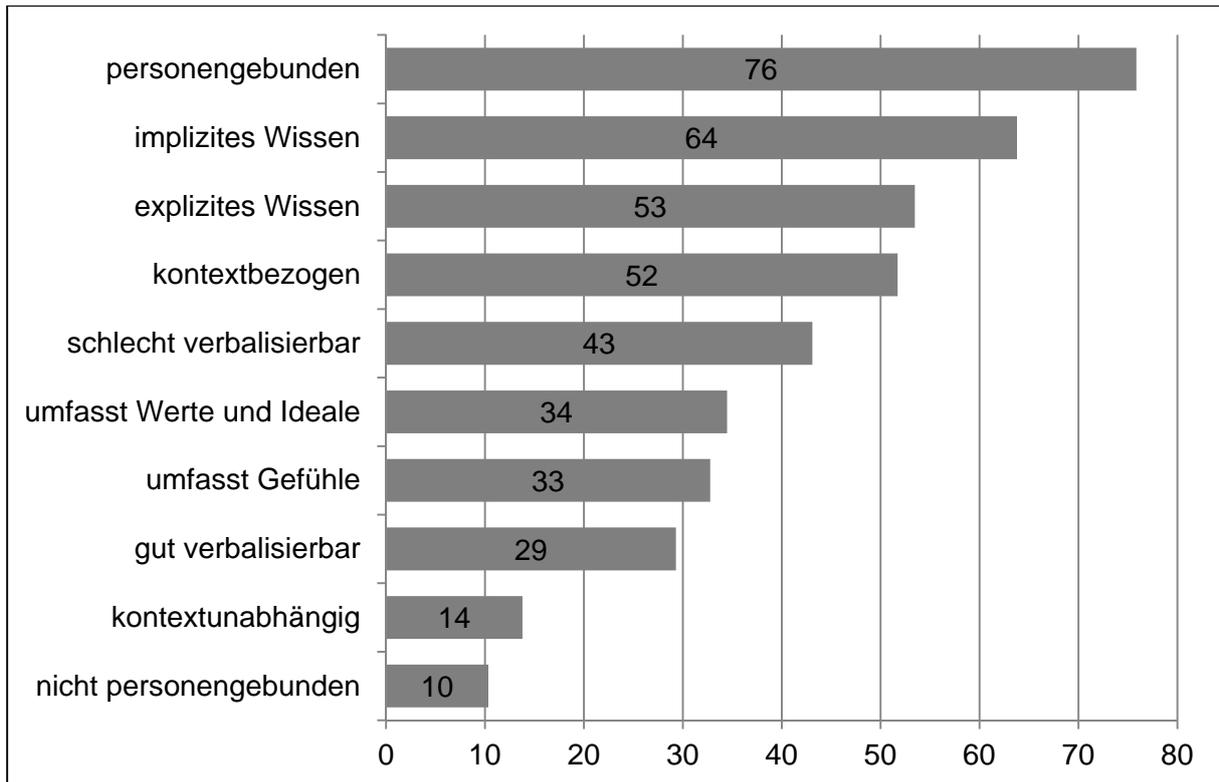


Abbildung 33: Charakteristik von Erfahrungswissen (Anteile in Prozent der Teilnehmer, Mehrfachnennungen möglich)

#### 4.3.4 Bedeutung von Erfahrungswissen und Effektivität der Nutzung

Erfahrungswissen spielt eine sehr große Rolle für den Produktentwickler. Fast 95 Prozent der Teilnehmer bewerteten Erfahrungswissen als wichtig bis sehr wichtig für die eigene tägliche Arbeit. Über 90 Prozent bewerteten Erfahrungswissen ebenfalls als wichtig bis sehr wichtig sowohl für den Unternehmensbereich, in dem sie tätig sind, als auch für das gesamte Unternehmen. Für die Branche ist dieser Wert mit knapp 85 Prozent immer noch bedeutend hoch. Weiterhin ist hier anzumerken, dass kein einziger Teilnehmer Erfahrungswissen als unwichtig oder sehr unwichtig bewertete (siehe Abbildung 34).

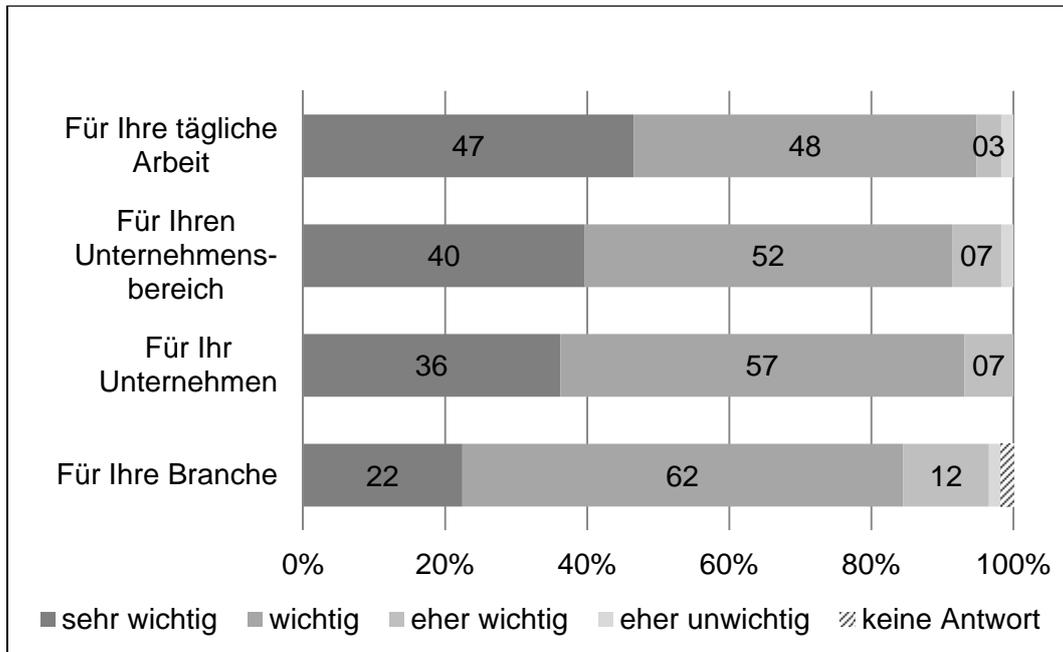


Abbildung 34: Wichtigkeit von Erfahrungswissen (Anteile in Prozent der Teilnehmer)

Im Verlauf der Umfrage wurden die Teilnehmer gebeten, die Effektivität der Nutzung von vorhandenem Erfahrungswissen ebenfalls für die drei Bereiche: Eigener Unternehmensbereich, eigenes Unternehmen und Branche zu bewerten. Obwohl Erfahrungswissen als sehr wichtig angesehen wurde, bewerteten 25 Prozent der Teilnehmer die Effektivität der Nutzung von vorhandenem Erfahrungswissen im eigenen Unternehmensbereich als eher schlecht oder schlechter. Im gesamten Unternehmen liegt dieser Wert bei 31 Prozent (siehe Abbildung 35). Hier ist anzunehmen, dass ein Drittel des vorhandenen Erfahrungswissens unbenutzt bleibt. In diesem Sinne handelt es sich hier um Defizite sowohl in der persönlichen als auch in der informatorischen Integration.

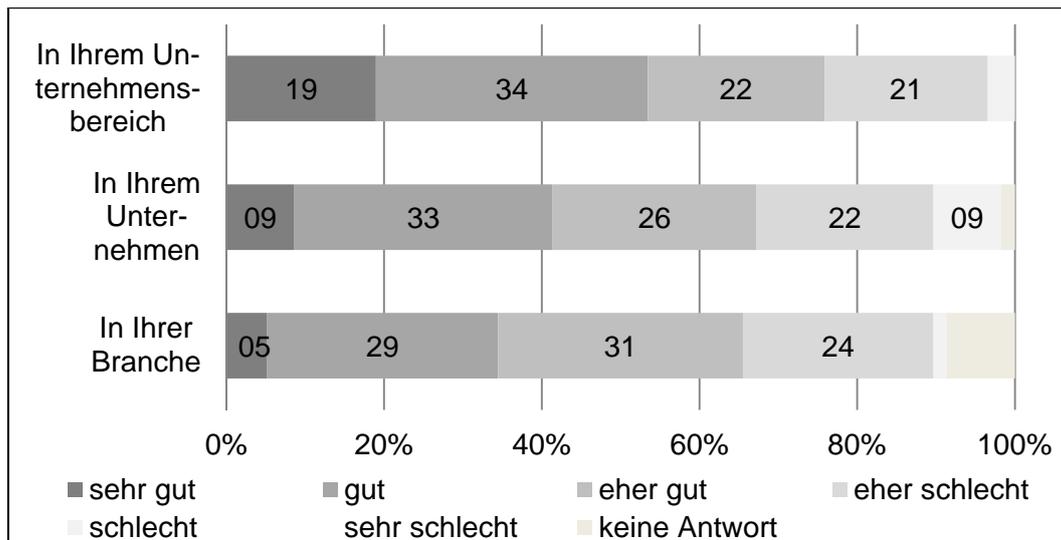


Abbildung 35: Effektivität der Nutzung von vorhandenem Erfahrungswissen (Anteile in Prozent der Teilnehmer)

#### 4.3.5 Unternehmensklima: Beurteilung wissensrelevanter Aktivitäten

Bevor der Handlungsbedarf abgeschätzt werden konnte, wurden die Teilnehmer zunächst gebeten, die im eigenen Unternehmen verwendeten Instrumente und Methoden zur Förderung des Erfahrungsaustauschs zu beurteilen. In Anlehnung an die Studie „Wissen und Information“<sup>384</sup> der Fraunhofer-Wissensmanagement Community wurden folgende Aktivitäten abgefragt:

- *Gestaltung einer offenen Kommunikationskultur*: Gegenseitiges Vertrauen fördert die Bereitschaft, das eigene spezifische Wissen mit anderen zu teilen und mindert die Angst vor Status- oder Machtverlust.
- *Aktive Förderung des Erfahrungsaustauschs*: Hier liegt der Fokus darauf, wie sehr das Management den Erfahrungsaustausch aktiv fördert, wie der Erfahrungsaustausch angeregt wird und ob Initiativen von Mitarbeitern unterstützt und gefördert werden.
- *Strategische Unternehmensplanung hinsichtlich der vorhandenen und der zukünftigen Kompetenzen*: Damit ist gemeint, ob in der strategischen Unternehmensplanung Überlegungen auch in Bezug auf den zukünftigen Bedarf an Kompetenzen angestellt werden. Das heißt beispielsweise, ob bestimmte Kompetenzen gezielt aufgebaut werden müssen, damit in einigen Jahren die Entwicklung in neuen Geschäftsfeldern erfolgen kann oder ob das Ausscheiden eines erfahrenen Mitarbeiters in der Personalpolitik frühzeitig berücksichtigt wird.

<sup>384</sup> Decker et al. (2005)

- *Gezielte Entwicklung individueller Kompetenzen:* Lernprozesse zum Erwerb benötigter individueller Kompetenzen müssen gezielt angeregt und unterstützt werden. Hier sind neben den klassischen ein oder mehrtägigen Weiterbildungsmaßnahmen auch Instrumente wie Trainee-Programme, Job-Rotation und andere training-on-the-job Maßnahmen gemeint.
- Frühzeitige Sicherung von Erfahrungswissen: Erfahrungswissen sichern von Anfang an.
- *Förderung von Wissensnetzwerken:* Gemeint ist hier die Förderung des gezielten und regelmäßigen Austausches, sowohl bereichsintern (z. B. in der Abteilung Produktentwicklung) als auch unternehmensübergreifend.

Die Ergebnisse stellen ein Beurteilungsmaß für die Wissensorientierung der befragten Unternehmens dar und reflektieren in groben Zügen eine Übersicht über das wissensorientierte Unternehmensklima aus Sicht der Befragten (siehe Abbildung 36). Als gut bewertet wurde insbesondere die gezielte Entwicklung individueller Kompetenzen, Gestaltung einer offenen Kommunikationskultur und die aktive Förderung des Erfahrungsaustausches. Besonders anzumerken ist hier, dass diese Aktivitäten trotz positiver Bewertung die Beurteilung „sehr gut“ sehr selten erhalten haben. Tendenziell schlecht wurde die frühzeitige Sicherung von Erfahrungswissen eingestuft.

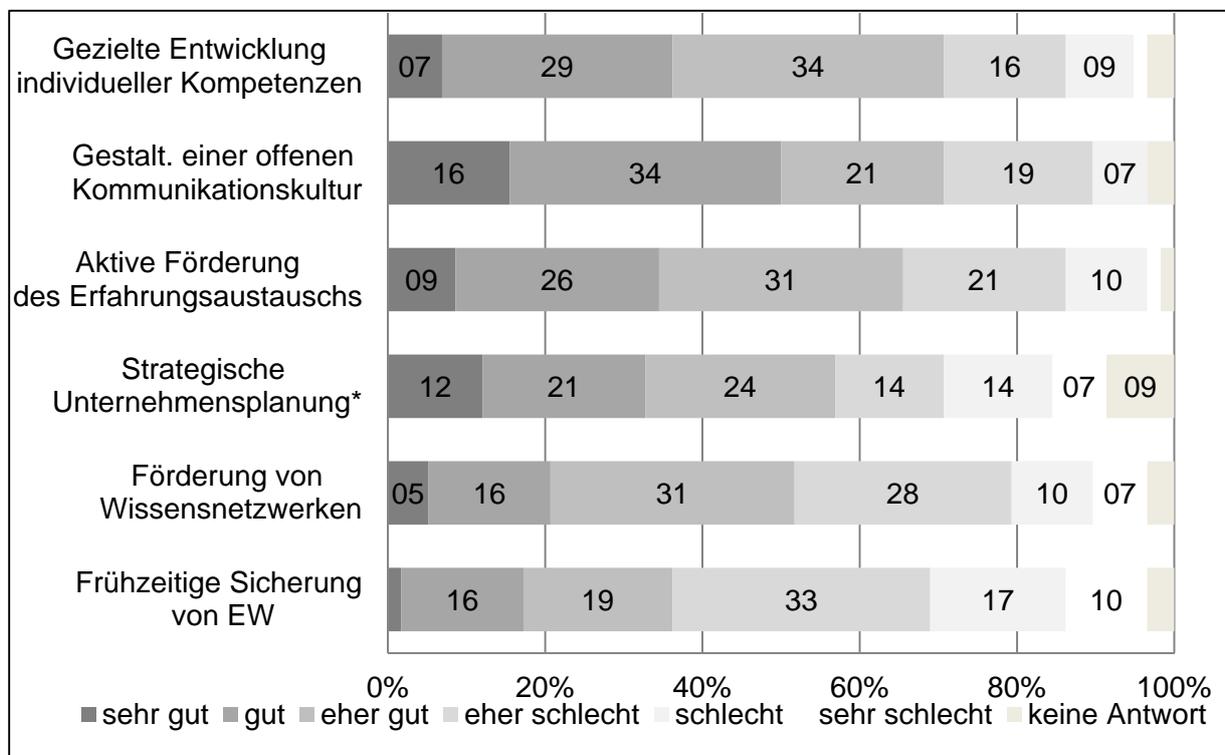


Abbildung 36: Beurteilung des Unternehmens hinsichtlich wissensrelevanter Aktivitäten (Anteile in Prozent der Teilnehmer)

#### 4.3.6 Handlungsbedarf bezüglich wissensrelevanter Aktivitäten

Entsprechend der Beurteilung wissensrelevanter Aktivitäten im Unternehmen (siehe Abbildung 36) schätzte die Mehrheit der Teilnehmer den Handlungsbedarf bei der frühzeitigen Sicherung von Erfahrungswissen am höchsten ein (siehe Abbildung 37). Obwohl die Teilnehmer ihre Unternehmen mit Ausnahme der frühzeitigen Sicherung von Erfahrungswissen überwiegend gut bewertet haben, wird der Handlungsbedarf gleichwohl insgesamt höher eingeschätzt, als dies zu erwarten gewesen wäre. Es ist hier besonders anzumerken, dass die Teilnehmer – neben der frühzeitigen Sicherung von Erfahrungswissen – gerade bei den langfristigen Aktivitäten wie der strategischen Unternehmensplanung unter Berücksichtigung der vorhandenen und zukünftig benötigten Kompetenzen einen großen Handlungsbedarf in ihren Unternehmen sehen. Fast 50 Prozent der Teilnehmer sehen dort einen hohen bis sehr hohen Handlungsbedarf. Die detaillierte Einschätzung der Teilnehmer zum Handlungsbedarf in ihrem Unternehmen ist in Abbildung 37 dargestellt.

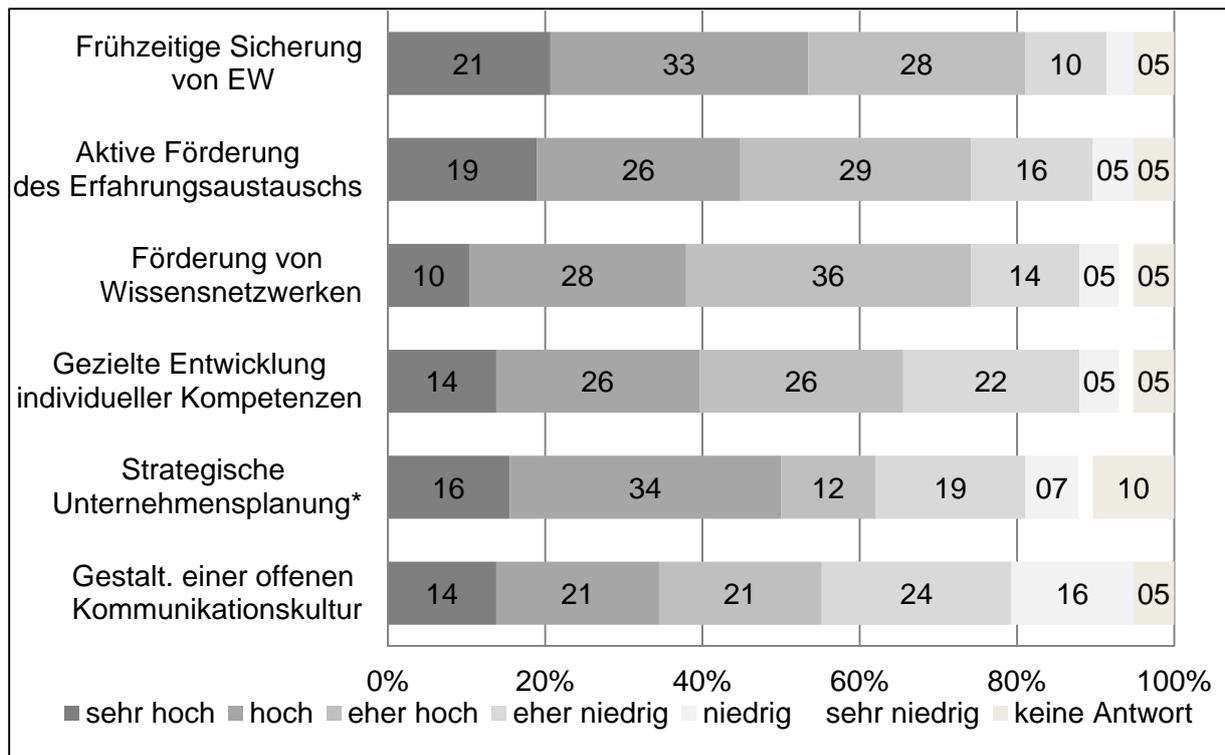


Abbildung 37: Einschätzung des Handlungsbedarfs im eigenen Unternehmen hinsichtlich wissensrelevanter Aktivitäten (Anteile in Prozent der Teilnehmer)

#### 4.3.7 Hindernisse für die Weitergabe von Erfahrungswissen

Frage zehn bildet die Basis für die Abfrage, welche Hindernisse bei der Weitergabe von Erfahrungswissen im eigenen Unternehmen auftreten können. Als halb offene Frage durften die Teilnehmer zunächst eine vorgegebene Auswahl an Hindernissen bewerten. Im Anschluss bestand die Möglichkeit, in einem Textfeld weitere Hindernisse zu nennen. Das größte Hindernis für die Weitergabe von

Erfahrungswissen war nach den Angaben der Teilnehmer mit 84,5 Prozent Zeitmangel. Mit deutlichem Abstand folgen starre Organisationsstrukturen, räumliche Distanz und mangelnde Kommunikationskompetenz (siehe Abbildung 38). Abbildung 38 ist so aufgebaut, dass der obere Balken jeweils den Durchschnitt aller Teilnehmer bezogen auf ein Hindernis zeigt. Die unteren drei Balken geben die Einschätzung des Hindernisses aufgeschlüsselt nach der Position des Befragten im eigenen Unternehmen an: Keine Personalverantwortung (Keine PV in Abbildung 38), Personalverantwortung 1-10 Mitarbeiter (PV 1-10 in Abbildung 38) und Geschäftsführer bzw. Personalverantwortung über zehn Mitarbeiter (GF u. PV 10+ in Abbildung 38). Da auch die Geschäftsführer und leitenden Angestellte mit Personalverantwortung für mehr als zehn Mitarbeiter Zeitmangel zu 90 Prozent als sehr großes, großes oder eher großes Hindernis bewerteten, stellt sich hier die Frage, warum für die Weitergabe von Erfahrungswissen seitens des Managements nicht mehr zeitliche Ressourcen zur Verfügung gestellt werden, wenn Erfahrungswissen als sehr wichtig für die Aufgabenbewältigung angesehen wird (siehe Kapitel 4.3.4). Bei den Hindernissen „Wissen ist Macht“, „mangelndes Sozialkapital“ und „Mangel an Vertrauen“ ist ein deutliches Gefälle bei der Bewertung zwischen den Produktentwicklern ohne Personalverantwortung und leitenden Produktentwickler zu sehen. Ein mögliche Erklärung dafür ist, dass Produktentwicklern mit Personalverantwortung aufgrund ihrer höheren Position zum einen meist automatisch einen besseren Zugang zur Aufmerksamkeit von erfahrenen Wissensträgern haben und, dass sie zudem meist auch besser vernetzt sind (höheres Sozialkapital). „Wissen ist Macht“ stellt bei den Produktentwicklern ohne Personalverantwortung – wie zu erwarten war – eine große Barriere zur Weitergabe von Erfahrungswissen dar. Das kann durch den hohen „Karrierewettstreit“ mit anderen Kollegen zu Beginn der Karrierelaufbahn erklärt werden. Auch wenn keine Rückschlüsse auf die Bewertung eines bestimmten Unternehmens gezogen werden können, stellt die deutlich schlechtere Bewertung der Teilnehmer ohne Personalverantwortung insbesondere im Hinblick auf „Wissen ist Macht“ und „Mangel an Vertrauen“ für das Management ein Hinweis dar, die Rahmenbedingungen hinsichtlich dieser Barrieren zu überdenken, um sie positiv zu beeinflussen. Als zusätzliche Hindernisse in den Textfeldern wurden am häufigsten die Personalpolitik und das Fehlen geeigneter Instrumente erwähnt, gefolgt von Schnittstellenproblemen, abweichenden Interessen, Führungsproblemen und falschen bzw. fehlenden Anreizen (siehe Tabelle 17).

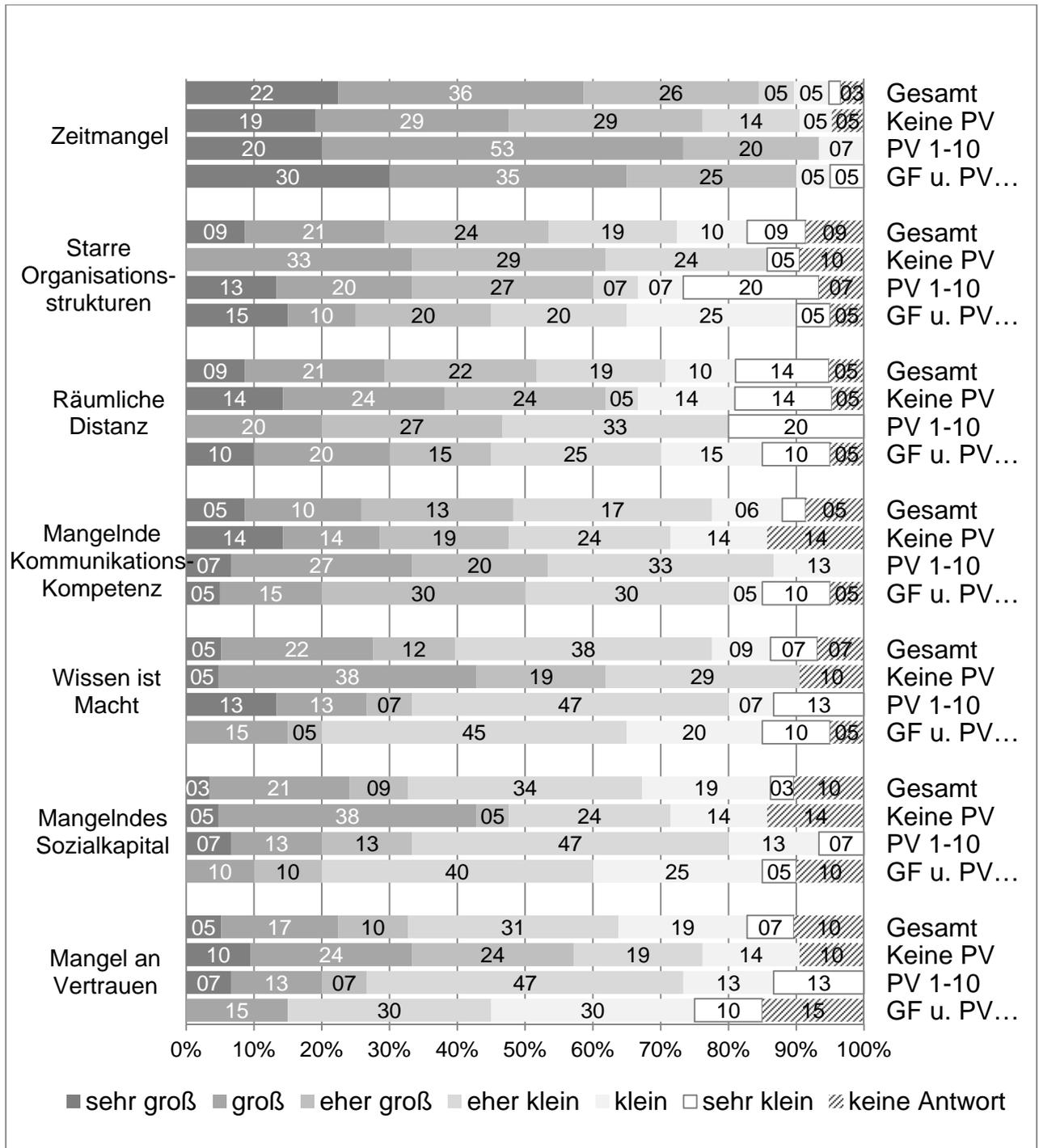


Abbildung 38: Bewertete Hindernisse für die Weitergabe von Erfahrungswissen im eigenen Unternehmen (Anteile in Prozent der Teilnehmer, relativ bezogen auf die Position und gesamt)

Tabelle 17: Zusätzlich genannte Hindernisse für die Weitergabe von Erfahrungswissen

Häufigkeit	Gruppe	Hindernisse (Anzahl der Benennungen)
5	Personalpolitik	Fluktuation des Personals (3), Überlappungszeit (1), schlechte Altersstruktur (1)
5	Instrumente	Keine geeigneten Instrumente (2), Strukturen (1), strukturierten Hilfsmittel (1) oder "wie finde ich den richtigen Ansprechpartner?" (1)
2	Schnittstelle	Geringes Schnittstelleninteresse (1) oder fokussiert auf den eigenen Bereich (1)
2	Interessen	Persönliche Interessen (1) oder wenig Gemeinschaftsgefühl (1)
2	Führung	Führungsschwäche (1) oder Inkonsequenz (1)
2	Falsche bzw. fehlende Anreize	Mangelnde Motivation (1), Patentanmeldungen (1)
1	Organisation	Falsches Selbstverständnis über die optimalen Abläufe

#### 4.3.8 Eingesetzte Instrumente zur Weitergabe von Erfahrungswissen

Die Teilnehmer wurden nach dem Einsatz von Instrumenten zur Weitergabe von Erfahrungswissen in ihrem Unternehmen gefragt. Befragt wurden zwar Produktentwickler, die angesprochenen Instrumente beziehen sich jedoch auf das ganze Unternehmen. Zur Weitergabe von Erfahrungswissen sind aus der Literatur sehr viele Methoden und Instrumente bekannt (siehe Kapitel 2.3.4). Aufgrund der hohen Anzahl an Methoden wurden diese im Rahmen der Umfrage zu elf Gruppen zusammengefasst (siehe Tabelle 18).

Tabelle 18: Instrumentengruppen mit Beispielen und Hauptwirkungsrichtungen

<b>Instrumentengruppe</b>	<b>Beispiele</b>	<b>Hauptwirkungsrichtungen</b>
Stärkung des Face-To-Face-Austauschs	Einrichtung Kaffee-Ecken, Raum bzw. Space-Management	Senkung kommunikativer Barrieren
Anreizinstrumente	Materielle und immaterielle Anreize wie z. B. Mitarbeiter des Monats	Steigerung der Motivation
Wissensfindung	Wissenslandkarten, Gelbe-Seiten, Wissens-Promotoren	Wissensfindung
Aufbereitung von Erfahrung	Lessons Learned, Best-Practice-Workshops, Story-Telling, Reflexionsphasen	Reflexion
Zusammenarbeit in Gruppen (keine Teamarbeit)	Communities of Practice	(Selbst-)Reflexion, Netzworkebildung
Mentoring, Coaching	Gezielte Vernetzung unterschiedlich erfahrener Mitarbeiter	Reflexion, Kommunikation, Netzworkebildung, Wissensfindung
Erfahrungstransfer kurz vor dem Ausscheiden eines Mitarbeiters	Wissensstafette, Leaving Expert Debriefing	Wissensfindung, Netzworkebildung
Systematische Übersicht und Weiterentwicklung der fachlichen Kompetenzen	Skill-Management, Job-Rotation	Im Falle von Job-Rotation: Kommunikation, Perspektivenwechsel, Reflexion, Netzworkebildung, Wissensfindung
Kommunikationstraining		Verbesserung der Kommunikation
Überprüfung der Kommunikationskompetenzen	Assessment-Center	Aufzeigen von Defiziten im Kommunikationsverhalten
Problemlösungsorientierte Simulationsinstrumente	Systemsimulation, Szenariotechnik, Mikrowelt	Reflexion

Insgesamt zeigte sich, dass in den Unternehmen hauptsächlich Instrumente in unmittelbarer Nähe oder einem direkten Zusammenhang mit der alltäglichen Berufstätigkeit bevorzugt werden. Auf diese Art werden Maßnahmen, die den direkten Austausch zwischen den Mitarbeitern fördern (z. B. Face-to-Face-Austausch oder Zusammenarbeit in Gruppen) von drei Viertel der Unternehmen eingesetzt, während aufwändigere Instrumente wie die Überprüfung der Kommunikationskompetenzen oder Simulationsinstrumente nur von etwa 33 Prozent der Umfrageteilnehmer eingesetzt werden (siehe Abbildung 39). Instrumente, die

gezielt die Motivation zur Förderung des Erfahrungsaustausches fördern sollen (z. B. über materielle oder immaterielle Anreize), werden nur bei 8,6 Prozent der Teilnehmer regelmäßig und bei knapp 26 Prozent manchmal eingesetzt.

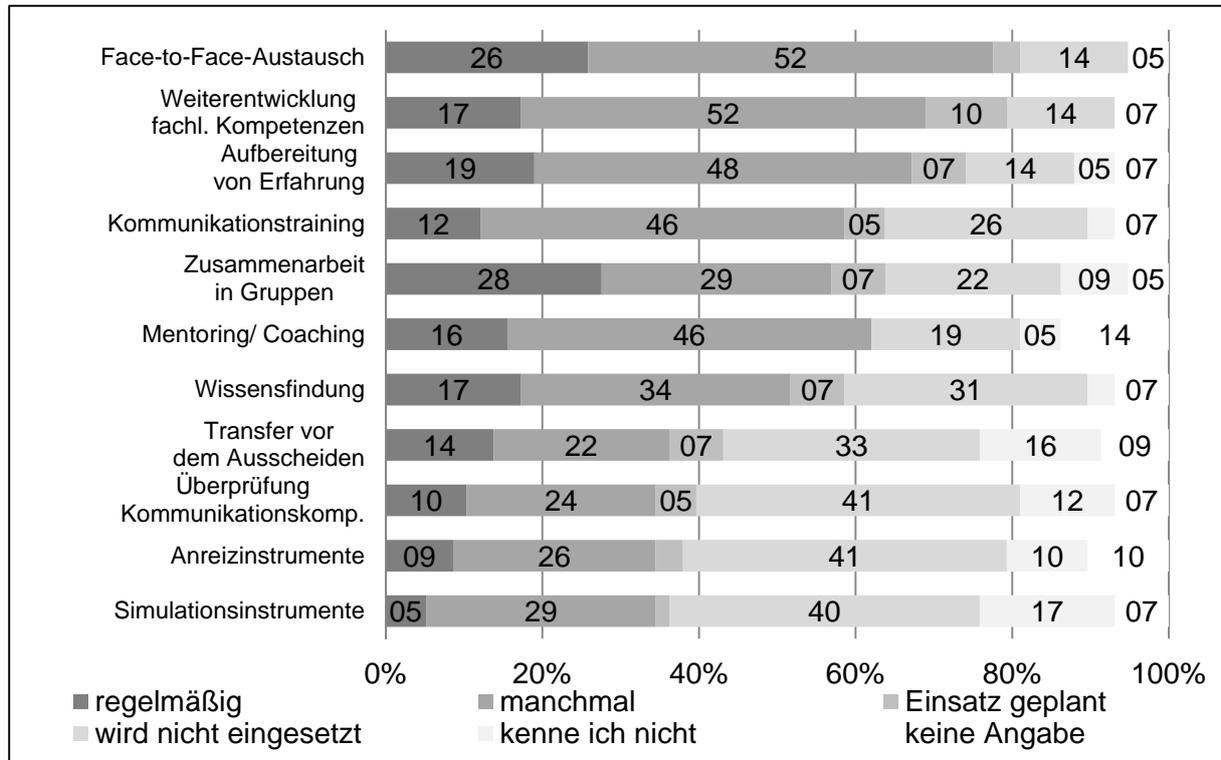


Abbildung 39: Eingesetzte Instrumente und Methoden (Anteile in Prozent der Teilnehmer)

#### 4.3.9 Bewertung hinsichtlich Effektivität und Effizienz

Nachdem die Teilnehmer nach der Häufigkeit der eingesetzten Instrumente gefragt wurden, wurden sie gebeten, die Instrumente hinsichtlich der Nutzung bzw. Erschließung von Erfahrungswissen zu bewerten. Der Fokus lag hier darauf, die Instrumente hinsichtlich ihrer unterstützenden Wirkung auf den Prozess des Erfahrungsaustausches bzw. auf die Bildung von Erfahrungswissen zu bewerten. Am effektivsten sehen die Teilnehmer die vier Instrumentengruppen: Aufbereitung von Erfahrung, Mentoring, Face-to-Face-Austausch und Weiterentwicklung der fachlichen Kompetenzen (siehe Abbildung 40). Diese stehen auch an der Spitze hinsichtlich des Einsatzes in den Unternehmen (siehe Abbildung 39), so dass die Teilnehmer mit diesen Maßnahmen auch überwiegend gute Erfahrungen gemacht zu haben scheinen. Kommunikationstrainings wurde von fast 57 Prozent der Teilnehmer mit mindestens effektiv bewertet, während eine Überprüfung der Kommunikationskompetenzen nur von gut 25 Prozent mit effektiv oder besser bewertet wurde. Relativ schlecht schneiden in der Bewertung auch die Simulationsinstrumente ab. Instrumente, die direkt im Umfeld der alltäglichen Arbeit und der dort auftauchenden Probleme angesiedelt sind, werden besser bewertet. Dies ist im Hinblick auf den Bildungsprozess von Erfahrungswissen nachvollziehbar,

da Erfahrungen erst gemacht werden müssen, damit sie zu einem nachhaltigen Erfahrungswissen entwickelt werden können. In diesem Sinne wurden die Instrumente zur Aufbereitung von Erfahrung hinsichtlich ihrer Effektivität am positivsten bewertet, wobei diese Instrumentengruppe in Bezug auf die Effizienz deutlich schlechter eingestuft.

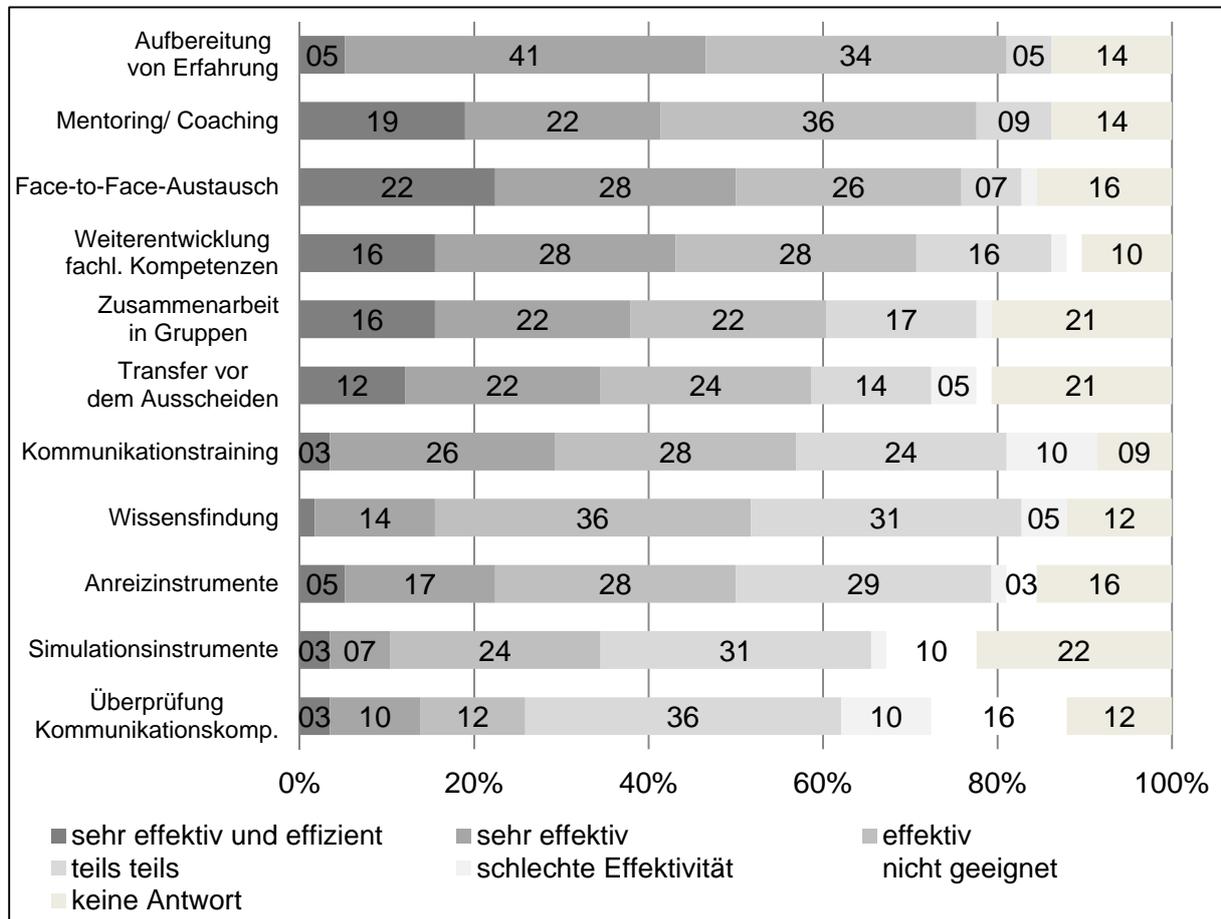


Abbildung 40: Bewertung der eingesetzten Instrumente und Methoden (Anteile in Prozent der Teilnehmer).

#### 4.4 Zwischenfazit

In diesem Kapitel wurde untersucht, welche Bedeutung Erfahrungswissen in der Produktentwicklung zukommt und welche Methoden des Wissensmanagements heute zur Nutzung von Erfahrungswissen in der Industrie eingesetzt werden. Die Ergebnisse der Umfrage sind hinsichtlich der Bedeutung von Erfahrungswissen eindeutig.

Erfahrungswissen wird von über 90 Prozent der Teilnehmer sowohl für deren tägliche Arbeit als Produktentwickler als auch für das gesamte Unternehmen als wichtig bis sehr wichtig angesehen. Gleichzeitig bewerteten zwei Drittel der Befragten die Effektivität der Nutzung von Erfahrungswissen in ihren Unternehmen überwiegend positiv. Ein Drittel schätzte die Effektivität der Nutzung jedoch schlecht ein.

Das größte Hindernis bei der Weitergabe von Erfahrungswissen ist der Mangel an Zeit. Geringere Hürden stellen starre Organisationsstrukturen, große räumliche Distanz und mangelnde Kommunikationskompetenz dar. Interessant ist hier auch, dass die Hindernisse „Wissen ist Macht“ und „Mangel an Vertrauen“ von Mitarbeitern ohne Personalverantwortung deutlich größer empfunden wurden als von Mitarbeitern mit Personalverantwortung. Weitere Hindernisse bei der Weitergabe von Erfahrungswissen sahen die Umfrageteilnehmer in einer kurzfristigen Personalpolitik.

Darüber hinaus wurde ein Mangel an geeigneten Instrumenten und Methoden zur Weitergabe von Erfahrungswissen festgestellt. In den Unternehmen werden am häufigsten Methoden eingesetzt, die bei der alltäglichen Arbeit den direkten Austausch zwischen den Mitarbeitern fördern. Weiterhin setzen knapp 70 Prozent der Unternehmen Methoden und Instrumente ein, die die fachlichen Kompetenzen der einzelnen Mitarbeiter gezielt weiterentwickeln sollen. Die Hälfte der Teilnehmer der Umfrage schätzte auch den Handlungsbedarf bei den langfristigen Ansätzen als hoch bis sehr hoch ein. Das traf z. B. auf die frühzeitige Sicherung von Erfahrungswissen und auf die strategische Unternehmensplanung unter Berücksichtigung der vorhandenen und zukünftig benötigten Kompetenzen zu. Reflexive Instrumente zur Aufbereitung von Erfahrung werden beispielsweise nur von 19 Prozent der Unternehmen regelmäßig eingesetzt, obwohl diese von mehr als 80 Prozent der Teilnehmer als effektiv eingeschätzt. Als zweitwirksamstes Instrument wurde die gezielte Vernetzung unterschiedlich erfahrener Mitarbeiter wie beispielsweise über Mentoring oder Coaching bewertet. Diese Instrumentengruppe schnitt auch hinsichtlich ihrer Effizienz gut ab, obwohl sie nur bei gut 15 Prozent der Unternehmen der Teilnehmer regelmäßig eingesetzt wird. Insgesamt wurden die Instrumente zur Förderung des direkten Austauschs zwischen den Mitarbeitern am häufigsten als sehr effektiv bewertet.<sup>385</sup>

---

<sup>385</sup> Albers and Turki (2013)

## 5 Expertise in der Produktentwicklung

In diesem Kapitel wird der zweiten Forschungsfrage dieser Arbeit nachgegangen, nämlich wie der Expertisegrad von Systemkonstruktoren gemessen und wie dies methodisch unterstützt werden kann. Um diese Frage zu beantworten wurde ein theoretisches Modell für Expertise aus dem Bereich der Psychologie und der Philosophie an die Gegebenheiten der Produktentwicklung angepasst und in einer Studie mit Studierenden der Produktentwicklung evaluiert<sup>386</sup>. Zunächst wird der theoretische Hintergrund zur Studie erläutert. Danach wird die Durchführung beschrieben und als Letztes werden die Ergebnisse aufgezeigt und diskutiert.

### 5.1 Theoretischer Hintergrund

#### 5.1.1 Stufenmodell für die Expertise in der Produktentwicklung

Das Ziel hier ist es, einen Ansatz zur Bestimmung des Expertisegrades von Systemkonstruktoren zu entwickeln. Der Beurteilung von Erfahrungswissen liegt dem Stufenmodell für Expertise nach DREYFUS und DREYFUS zugrunde (siehe Kapitel 2.3.8), das zwischen fünf Stufen differenziert: Neuling, fortgeschrittener Anfänger, kompetenter Akteur, Professioneller und Experte. Je höher die Stufe, über desto mehr Erfahrung in der jeweiligen Domäne verfügt die Person. Dieses allgemeintheoretische Modell aus der Philosophie wird auf die Produktentwicklung übertragen. In Anlehnung an DREYFUS und DREYFUS<sup>387</sup> formulierte LESTER<sup>388</sup> zur Charakterisierung der fünf Expertisestufen die vier Fragen: (1) nach dem Umgang mit Wissen, (2) nach der Erkennung der Relevanz, (3) nach der Erfassung des Kontextes und (4) nach der Entscheidungsfindung (siehe Abbildung 41). Im Folgenden werden diese vier Fragen für den Bereich der Produktentwicklung angepasst, diskutiert und zur Charakterisierung der Expertisestufen in der Produktentwicklung genutzt (siehe Abbildung 42). Diese Stufen können beispielsweise mit dem Alter des Konstrukteurs oder mit seinem akademischen Abschluss korrelieren, dies ist aber nicht zwingend notwendig. Die Stufen beschreiben lediglich Veränderungen bei der Ausübung bestimmter Fähigkeiten aus der Produktentwicklung. Dies bedeutet, dass die Einstufung alleine von den Fähigkeiten des Konstrukteurs in dem jeweiligen Tätigkeitsgebiet abhängt. Es kann

---

<sup>386</sup> Albers, Turki, and Lohmeyer (2012a)

<sup>387</sup> Vgl. Kapitel 2.3.8; Dreyfus and Dreyfus (1980); Dreyfus and Dreyfus (1986)

<sup>388</sup> Lester (2005)

durchaus sein, dass ein und derselbe Konstrukteur auf dem einen Tätigkeitsgebiet Experte ist, aber auf dem anderen ein Novize ist.

	Umgang mit Wissen?	Erkennung der Relevanz?	Erfassung des Kontextes?	Entscheidungsfindung?
Novize	ohne Bezug zum Kontext	keine	analytisch	rational
Fortgeschrittener Anfänger	im Kontext			
Kompetenter Akteur			holistisch	
Gewandter		vorhanden		
Experte				intuitiv

Abbildung 41: Stufenmodell für die Expertise nach DREYFUS<sup>389</sup>

	Umgang mit Wissen?	Erkennung der Relevanz?	Erfassung des Kontextes?	Entscheidungsfindung?
Novize	ohne Bezug zum			
Fortgeschrittener Anfänger	Umgang mit Konstruktionswissen?	Erkennung der Relevanz für die Konstruktion?	analytisch	rational
Kompetenter Akteur	im Kontext		Vorgehen beim Problemlösen?	Entscheidungsfindung?
Gewandter		vorhanden	holistisch	
Experte				

Abbildung 42: Ableitung der vier Fragen zur Charakterisierung der Expertisestufen in der Produktentwicklung<sup>390</sup>

<sup>389</sup> Eigene Darstellung nach Lester (2005)

<sup>390</sup> Eigene Darstellung nach Lester (2005)

#### 5.1.1.1 **Stufe 1:** Der Novize

Der Novize richtet sein Handeln nach Regeln aus, sofern sie ihm bekannt sind. Charakteristisch für diese erste Stufe ist, dass der Novize zwar über Konstruktionswissen verfügt, dieses aber ohne Bezug zu einem Kontext anwendet. Das Handeln richtet sich nach kontextfreien Regeln, um so Konstruktionsprobleme zu lösen.

Beispiel: Dem Novizen, der zum ersten Mal ein Getriebe konstruieren soll, wird zunächst erklärt, dass prinzipiell jede eingebaute Welle gelagert werden muss und dass zum Lagern einer Welle mindestens zwei Lager, am einfachsten ein Fest- und ein Loslager, benötigt werden. Diese Regeln ignorieren den Kontext. Sie berücksichtigen weder die unterschiedlichen Formen der eingebauten Wellen noch die ungleichen Belastungsfälle.

#### 5.1.1.2 Der Übergang vom Novizen zum fortgeschrittenen Anfänger

Der Übergang vom Novizen zum fortgeschrittenen Anfänger wird über die Frage nach dem Umgang mit Konstruktionswissen definiert. Dieser Übergang repräsentiert eine Veränderung bei dem Konstrukteur im Umgang mit diesem Wissen weg vom bloßen Anwenden abstrakter Regeln und Prinzipien hin zur Anwendung von vergangenen Erfahrungen.

#### 5.1.1.3 **Stufe 2:** Der fortgeschrittene Anfänger

Der fortgeschrittene Anfänger erkennt wiederkehrende Situationen und kann sie deshalb besser bewältigen als der Novize. Voraussetzung dafür ist die Bewältigung mehrerer realen Situationen. Dadurch hat er ausreichend praktische Erfahrung gesammelt, die es ihm ermöglicht, situationsbezogene bedeutungsvolle Elemente zu erkennen. Diese helfen ihm wiederum, mehr Kontext zu verstehen. Dennoch kann der fortgeschrittene Anfänger die Situation noch nicht vollständig erfassen.

Beispiel: Der fortgeschrittene Anfänger hat bereits mehrere Getriebe konstruiert. Verglichen mit dem Novizen verfügt er über kompliziertere, kontextbezogene Regeln. Er hat nun dazu gelernt, dass die zwei benötigten Lager zur Lagerung einer Welle bei einer erhöhten axialen Belastung durchaus in zwei Radial- und ein Axiallager zerlegt werden können (Prinzip der Trennung der Funktion).

#### 5.1.1.4 Der Übergang vom fortgeschrittenen Anfänger zum kompetenten Produktentwickler

Der Übergang vom fortgeschrittenen Anfänger zum kompetenten Produktentwickler wird über die Frage nach der Erkennung der Relevanz definiert. Der Übergang repräsentiert eine Veränderung bei dem Konstrukteur weg vom reinen systematischen Anwenden von vergangenen Erfahrungen hin zu einem überlegten und bewussten Anwenden von ausgewählten Erfahrungen.

#### 5.1.1.5 **Stufe 3:** Der kompetente Produktentwickler

Mit zunehmender Erfahrung erkennt der kompetente Produktentwickler in einer realen Situation immer mehr sowohl kontextfreie als auch situationsbezogene Elemente. Allerdings fehlt ihm immer noch das Wesentliche für eine Situation: Zur Organisation derselben benötigt er einen Vorgehensplan oder eine Methode (analytische Vorgehensweise).

Beispiel: Der kompetente Produktentwickler hat bereits sehr viele Getriebe konstruiert. Er hat mittlerweile so viel Erfahrung, dass ihm klar ist, dass er bei der Lagerung der Wellen all die Elemente: Richtung und Größe der Belastung, Lebensdauererwartung, Drehzahl, Führungsgenauigkeit, Geräuschverhalten, Durchbiegung, Fluchtungsfehler, Montage-/ Demontageanforderungen, Schmierung, Betriebstemperatur, Schwingungen und auch Preis berücksichtigen muss. Da er aber all diese Elemente nicht gleichzeitig handhaben kann, verwendet der kompetente Produktentwickler einen Vorgehensplan, um die wichtigen von den weniger wichtigen Elementen zu trennen und sie nach und nach abzuarbeiten.

#### 5.1.1.6 Der Übergang vom kompetenten zum gewandten Produktentwickler

Der Übergang vom kompetenten zum gewandten Produktentwickler repräsentiert eine Veränderung in der Wahrnehmung der Problemsituation weg von einer Sammlung von für relevant geschätzten Aspekten hin zu einer ganzheitlichen Erfassung der Problemsituation.

#### 5.1.1.7 **Stufe 4:** Der gewandte Produktentwickler

Ab dieser vierten Stufe sind Systemkonstruktoren durch ein rasches, flüssiges und anteilnehmendes Verhalten geprägt, das sich von dem langsamen, distanzierten Überlegen bei den ersten drei Stufen unterscheidet. Der gewandte Produktentwickler begreift die Situation im Ganzen (systemische Vorgehensweise). Das sorgfältige, überlegte Handeln kommt bei ihm hin und wieder vor, aber seltener als bei den Produktentwicklern der ersten drei Stufen. Er handelt, weil er in der Vergangenheit ähnliche Situationen oft erlebt hat. Er erinnert sich (bewusst oder unbewusst) an diese früheren Situationen und wählt ähnliche Vorgehenspläne, die sich bereits damals bewährt haben.

Beispiel: Der gewandte Produktentwickler hat bereits so viele Getriebe konstruiert, dass er beispielsweise schnell und ohne bewusste Anstrengung die Auswirkungen einer Konstruktionsänderung bei dem aktuellen Getriebe abschätzen kann. Er verfügt über ein sehr großes Repertoire verschiedener Zusammenhänge und kann blitzschnell sagen, dass eine zusätzliche Nut auf der Antriebswelle eine bestimmte Summe an zusätzlichen Herstellkosten verursachen wird und dass die gewünschte Lebensdauer durch Kerbwirkung nicht mehr zu erreichen ist.

#### 5.1.1.8 Der Übergang vom gewandten Produktentwickler zum Experten

Der Übergang vom gewandten Produktentwickler zum Experten repräsentiert eine Veränderung bei der Entscheidungsfindung weg von rationalen hin zu intuitiven Entscheidungen.

#### 5.1.1.9 **Stufe 5:** Der Experte

Im Allgemeinen handelt der Experte basierend auf seinem erfahrenen und geübten Verständnis. In seinem Tätigkeitsgebiet erkennt und löst er Probleme nicht distanziert und ohne Vorgehensplan. Sein Können ist so sehr Teil von ihm geworden, dass ihm seine Handlungen und Entscheidungen manchmal nicht bewusst sind.

Beispiel: Ein Experte „verschmilzt“ mit dem zu entwickelnden Getriebe zu einer Einheit, so dass er sich das Getriebe bereits in der Planungsphase im Kopf detailliert vorstellen kann. Er kann beispielsweise den Einfluss bestimmter Gestaltmerkmale auf andere Eigenschaften des noch nicht existierenden Getriebes vorausdenken und Maßnahmen zu deren positiven oder negativen Beeinflussungen ableiten.

### 5.1.2 Zielsetzung der Studie

Das in Kapitel 5.1.1 beschriebene Stufenmodell für die Expertise in der Produktentwicklung wird im Folgenden evaluiert. Ziel ist, das Modell in einem realen Fallbeispiel zu testen und dadurch Verbesserungsvorschläge für seine weitere Entwicklung zu geben. Die Zielgruppe dieses Modells sind in erster Linie Systemkonstrukteure. Grundlage jeder empirischen Untersuchung ist eine Theorie. Der Begriff Theorie wird in den Lehrbüchern der empirischen Sozialforschung weit aufgefasst: Es kann sich um mathematische Modelle oder Zukunftsszenarien handeln<sup>391</sup>. Die dieser Arbeit zugrunde liegende Theorie besagt, dass sich Studierenden der Produktentwicklung in dem im vorherigen Kapitel beschriebenen Stufenmodell für Expertise zuordnen lassen. Um diese Vermutung zu bestätigen wurde die folgende Untersuchung durchgeführt.

### 5.1.3 Zielgruppe – Auswahl der Teilnehmer

Im Rahmen dieser Studie hat sich als schwierig herausgestellt, in der Industrie praktizierende Produktentwickler zur Überprüfung des theoretischen Modells zu gewinnen, deshalb wird das Modell an Studierenden der Produktentwicklung getestet. Die Zusammenarbeit mit Studierenden bietet in diesem Kontext zwei große Vorteile. Zum einen liegen bereits Bewertungen von den Studierenden in Form von Prüfungsergebnissen oder Bewertungen von Projektarbeiten vor, die zur Überprüfung der Einstufung in dem Expertise-Modell einbezogen werden können.

---

<sup>391</sup> Diekmann (2011), S.122ff.

Zum anderen ist es wahrscheinlicher, die unteren Stufen des Expertise-Modells mit Studierenden zu belegen als mit Produktentwicklern in der Industrie.

#### 5.1.4 Auswahl der Erhebungsmethode

Nach MAYRING kommen im Allgemeinen bei den Verfahren qualitativer Analyse vier Methoden in Frage: Drei Methoden, die auf verbaler Basis arbeiten (problemzentriertes Interview, narratives Interview, Gruppendiskussion) und eine Beobachtungsmethode (Teilnehmende Beobachtung)<sup>392</sup>. Bei Letzteren handelt es sich um eine Standardmethode der Feldforschung. Der Beobachter nimmt aktiv an der zu beobachtenden Situation teil, um Innenperspektiven der Alltagssituation zu erschließen. Eines der größten Probleme bei der teilnehmenden Beobachtung ist der Zugang zum Untersuchungsfeld: Der Forscher muss von den Beobachteten aufgenommen und akzeptiert werden, ohne als Störfaktor zu wirken. Diese Methode erfüllt nicht die Ziele der Studie und kommt deshalb nicht in Frage.

Die Anwendung der Methode der Gruppendiskussion lässt sich dadurch begründen, dass viele subjektive Bedeutungsstrukturen stark in soziale Zusammenhänge eingebunden sind und, dass diese nur in Gruppendiskussionen messbar sind. In der vorliegenden Studie werden eher die Fähigkeiten des Einzelnen untersucht. Deshalb kommt diese Methode in dieser Arbeit ebenfalls nicht in Frage.

Narrative Interviews sind eine wenig standardisierte Variante des offenen Interviews. Wesentlich bei dieser Methode ist, dass der Interviewte nicht mit standardisierten Fragen konfrontiert, sondern frei zum Erzählen aufgefordert wird. Der rote Faden der Geschichte kann schnell verloren gehen, falls der Interviewer nicht rechtzeitig eingreift.

Als Befragungsform wurden in dieser Arbeit problemzentrierte Interviews nach MAYRING<sup>393</sup> verwendet, um die dieser Untersuchung zugrunde liegenden Fragen zu beantworten. Das problemzentrierte Interview lässt den Befragten möglichst oft zu Wort zu kommen, um einem offenen Gespräch nahe zu kommen. Deshalb wird diese Art von Befragungen auch halb offenes Interview genannt. Es ist auf eine bestimmte Problemstellung zentriert, die der Interviewer am Anfang der Befragung einführt und auf die er im Laufe des Gespräches immer wieder zurückkommt. Diese muss vorher von dem Interviewer analysiert werden, damit bestimmte Aspekte in einem Interviewleitfaden notiert werden, die dann immer wieder im Laufe des Interviews angesprochen werden. Das Ablaufmodell des problemzentrierten Interviews ist in Abbildung 43 zu sehen.

---

<sup>392</sup> Mayring (2002), S.66ff.

<sup>393</sup> Mayring (2002), S.67ff., Lamnek (2010), S.323ff.

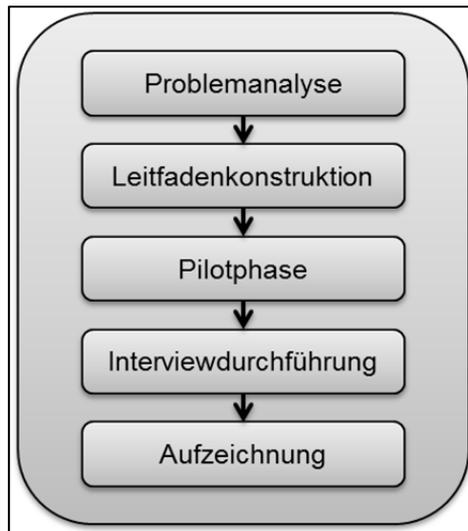


Abbildung 43: Ablaufmodell des problemzentrierten Interviews nach MAYRING<sup>394</sup>

Vier Merkmale sind nach MAYRING bei der Durchführung von problemzentrierten Interviews wichtig:

- Das problemzentrierte Interview wählt den sprachlichen Zugang, um seine Fragestellung auf dem Hintergrund subjektiver Bedeutungen, vom Subjekt selbst formuliert, herauszufinden.
- Eine Vertrauenssituation zwischen Interviewer und Interviewten soll vorhanden sein.
- Die Forschung setzt an konkreten Problemen an, deren objektive Seite vorher analysiert wird.
- Die Interviewten werden zwar durch den Interviewleitfaden auf bestimmte Fragestellung hingelenkt, sollen aber offen, ohne Antwortvorgaben, darauf reagieren.

## 5.2 Beschreibung und Durchführung der Studie

### 5.2.1 Teilnehmer der Studie

Das IPEK - Institut für Produktentwicklung betreut im Bachelorstudiengang rund 600 Studierende des Maschinenbaus pro Semester, die nach dem vierten Semester eine Prüfung in Maschinenkonstruktionslehre ablegen müssen<sup>395</sup>. Diese besteht aus zwei Teilprüfungen: einem Theorieteil und einem Konstruktionsteil. Das Fach Maschinenkonstruktionslehre besteht wie in Kapitel 2.1.8 beschrieben aus

<sup>394</sup> Eigene Darstellung nach Mayring (2002), S.71

<sup>395</sup> Albers, Burkardt, and Becke (2012)

Vorlesungen, Übungen und Projektarbeit. Die Vorlesung befasst sich hauptsächlich mit der Vermittlung theoretischer Inhalte. Die Übung konzentriert sich auf die Anwendung der Theorie auf konkrete Fälle. In der Projektarbeit müssen die Studierenden eine über das Semester immer komplexer werdende Konstruktionsaufgabe mit Projektcharakter über mehrere Semester in Projektteams lösen. Nach dem Sommersemester 2011 haben insgesamt 404 Studierende die Prüfung Maschinenkonstruktionslehre abgelegt, wovon 44 Studierende nach der Prüfung ausgewählt und personalisiert per E-Mail zur Teilnahme an den Interviews eingeladen wurden (siehe Abbildung 44). Dabei wurde versucht, alle Notenbereiche abzudecken. Damit die höheren Stufen des Stufenmodells für die Expertise in der Produktentwicklung belegt werden können, wurden mehr Studierende mit der Note 1,0 eingeladen.

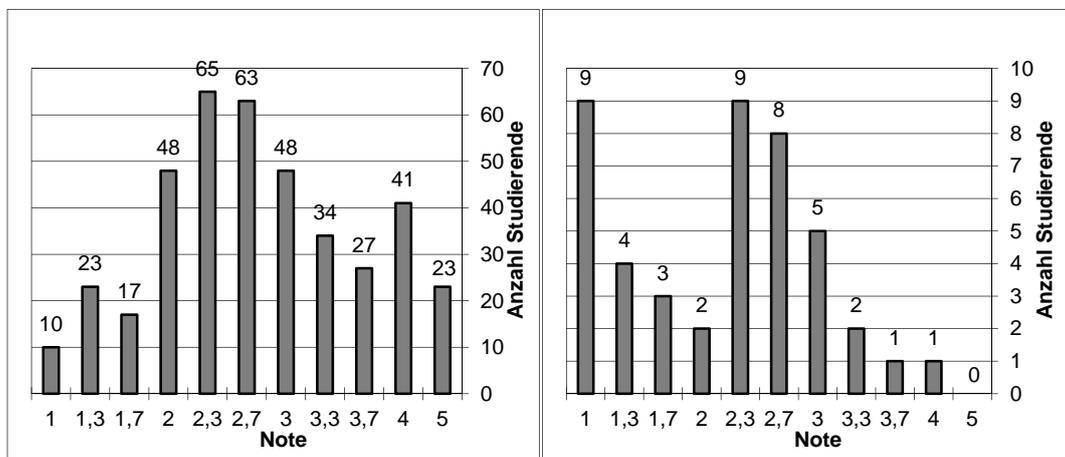


Abbildung 44: Notenverteilung der Prüfung Maschinenkonstruktionslehre Konstruktionsteil im Sommersemester 2011 für alle Studierenden (links) und die eingeladenen Studierenden (rechts)

### 5.2.2 Problemanalyse

Bei problemzentrierten Interviews setzt die Forschung an konkreten Problemen an, deren objektive Seite vorher analysiert wird. Für die vorliegende Studie wurden die Konstruktionszeichnungen aus dem Konstruktionsteil der Prüfung Maschinenkonstruktionslehre herangezogen und zur Bestimmung der Expertisestufen der interviewten Studierenden eingesetzt. Die verwendeten Konstruktionszeichnungen wurden vorher auf bedeutsame Elemente analysiert, worauf basierend der Leitfaden für die Interviews erstellt wurde. Die Studierenden mussten in der Prüfung innerhalb drei Stunden das Hauptrotorgetriebe eines Transporthubschraubers konstruieren. Dieses Getriebe wandelt die zur Verfügung stehende Drehzahl und das Drehmoment des Triebwerks für den Antrieb des Hauptrotors um (siehe Abbildung 45).

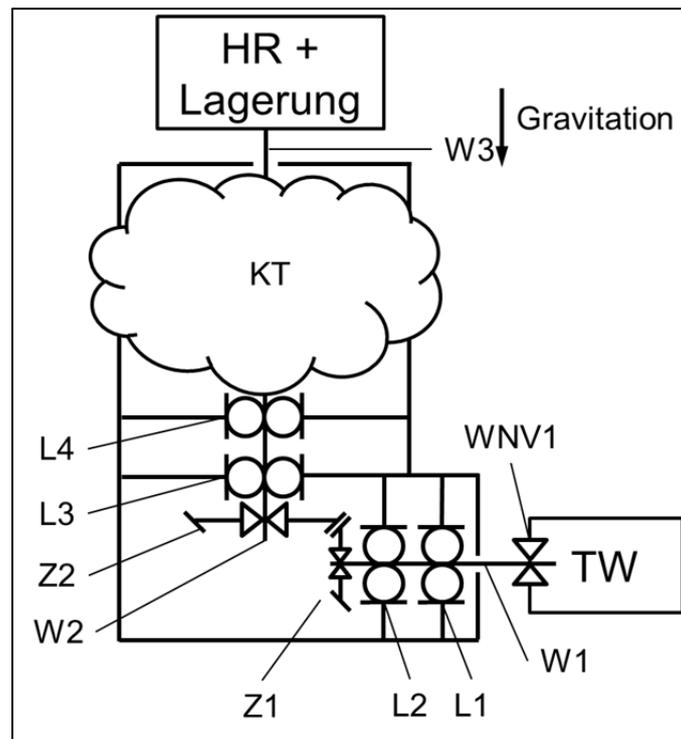


Abbildung 45: Vereinfachte Darstellung des Hubschraubergetriebes<sup>396</sup>

Der Antrieb des Hauptrotors HR erfolgt über das Triebwerk TW. Ein Beispiel für eine studentische Konstruktionszeichnung ist in Abbildung 46 zu sehen. Gegenstand der Interviews war die Antriebswelle W1 (Mit einem gestrichelten Kreis in Abbildung 46 gekennzeichnet). Die Drehbewegung wird über die Welle-Nabe-Verbindung WNV1 auf die Welle W1 übertragen. Die Triebwerkswelle wird über die Lagerstellen L1 und L2 gelagert. Das Kegelrad Z1 ist über eine Welle-Nabe-Verbindung auf der Welle W1 montiert. Z1 ist im Eingriff mit Kegelrad Z2. Das Kegelrad Z2 ist ebenfalls über eine Welle-Nabe-Verbindung mit Welle W2 verbunden. Die Studierenden wurden erst nach der Prüfung zu den Interviews eingeladen. Sie wussten vorher also nicht, dass sie an einer Studie teilnehmen werden. Damit wurde garantiert, dass bei allen Studierenden dieselben Ausgangsbedingungen bei der Erstellung der Konstruktionszeichnungen vorlagen. Nur für die Interviews gefertigte Konstruktionszeichnungen würden die innere Einstellung der Studierenden beeinflussen. Der Forscher selber könnte als Störfaktor bei der Datenerhebung empfunden werden.

<sup>396</sup> Aufgabenstellung der Prüfung Maschinenkonstruktionslehre 1-4 im Sommersemester 2011. KT steht für Kreativitätsteil. Hier sind Studenten aufgefordert, eigene Ideen für die geforderte Funktion zu generieren und zu zeichnen.

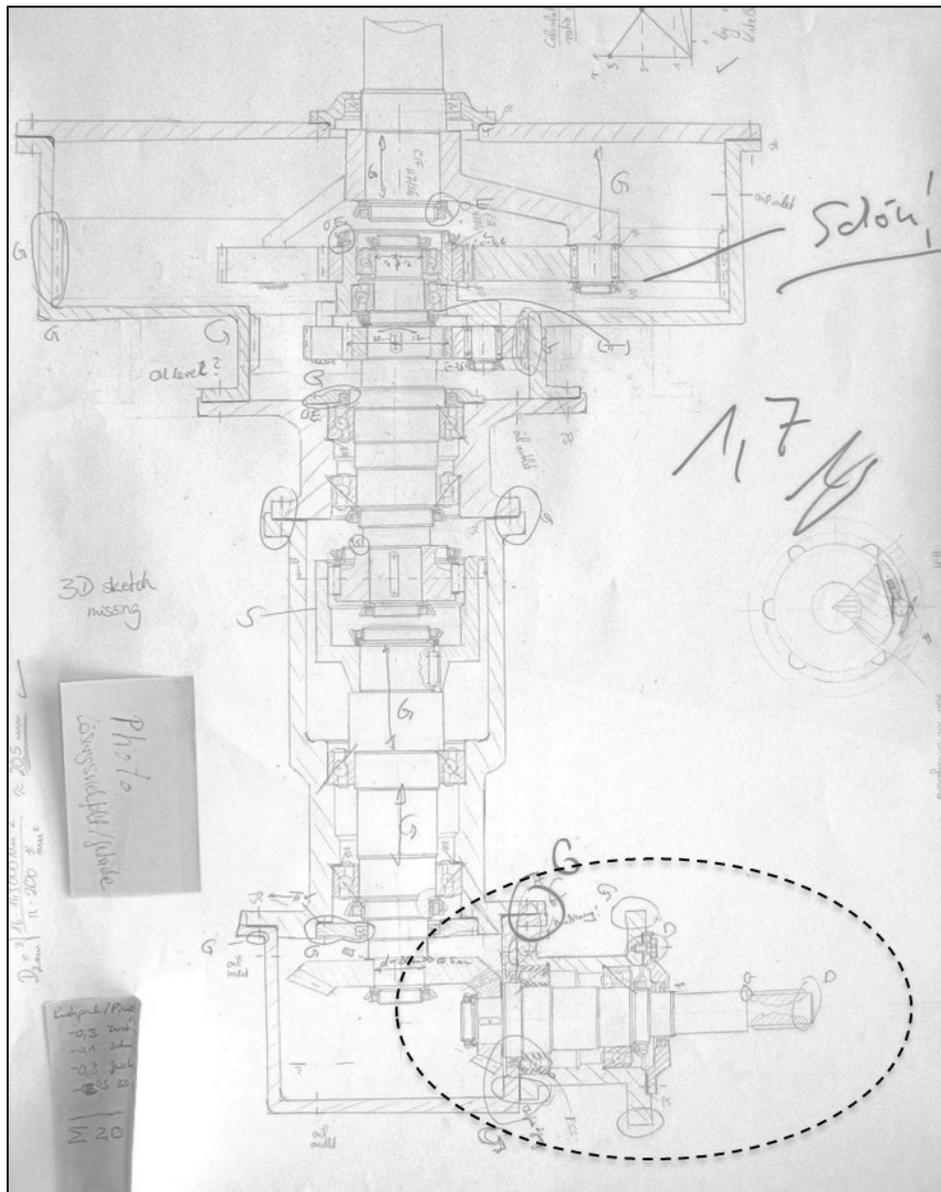


Abbildung 46: Beispiel einer Konstruktionszeichnung aus dem Konstruktionsteil der Prüfung Maschinenkonstruktionslehre in DIN A1 Format

### 5.2.3 Leitfadenkonstruktion und Pilotphase

Die Leitfadenfragen für die Interviews leiten sich aus den vier Übergangsfragen aus dem in Kapitel 5.1.1 beschriebenen Stufenmodell für die Expertise in der Produktentwicklung ab. Im Laufe der Interviews wurden anhand der selbst konstruierten Antriebswelle mit jedem Studierenden die Fragen nach (1) dem Umgang mit vorhandenem Konstruktionswissen, (2) der Erkennung der Relevanz für die erarbeitete Konstruktion, (3) dem Vorgehen beim Problemlösen und (4) der Entscheidungsfindung nachgegangen (siehe Tabelle 19). Hauptfokus der Interviews waren die zwei Themen Lagerung der Welle W1 und die Schmierung des gesamten Systems. Die zwei Themenbereiche wurden ausgewählt, weil diese als angemessene Tätigkeitsgebiete zur Beurteilung der Expertisestufen bei den

Studierenden am Ende des Bachelorstudiengangs betrachtet wurden<sup>397</sup>. In den Interviews wurden weder Meinungen abgefragt, noch ging es um eine reine fachbezogene Wissensabfrage. Zentrales Ziel war viel mehr, anhand der vier Leitfadenfragen die jeweilige Expertisestufe des jeweiligen Studierenden zu bestimmen. Durch die Formulierung der Leitfadenfragen wurden die zentralen Aspekte für die Interviews zusammengestellt und in eine logische Reihenfolge gebracht. Im Vorfeld des Interviews wurden die Fragen empirisch hinsichtlich Verständlichkeit getestet.

---

<sup>397</sup> Albers and Turki (2012)

Tabelle 19: Leitfadenfragen für die Interviews

---

**Leitfadenfrage 1:** Erläutern Sie die verwendeten Lagerungs- und Schmierungskonzepte bei der Welle W1 in Ihrer Zeichnung? (WAS)

**Erläuterung:** Zur Einleitung des Gespräches wurde den Befragten ein Ausschnitt der eigenen Konstruktionszeichnung vorgelegt. Anhand der Zeichnung sollte der Studierende die von ihm gewählten Lagerungs- und Schmierungskonzepte erklären. Es war davon auszugehen, dass der Studierende über Wissen zu den behandelten Themen verfügt. Andernfalls würde er die Prüfung Maschinenkonstruktionslehre nicht bestehen. Ziel ist es so herauszufinden, ob sein Wissen aus bloßen kontextfreien Regeln (Novize) oder mehr (mindestens eine Stufe weiter als Novize) besteht.

---

**Leitfadenfrage 2:** Erläutern Sie die Gründe für die Verwendung dieser Lagerungs- und Schmierungskonzepte bei der Welle W1 in Ihrer Zeichnung? (WARUM)

**Erläuterung:** Prinzipiell stehen mehrere Möglichkeiten zur Lagerung bzw. zur Schmierung der betrachteten Welle W1 zur Auswahl. Jede Alternative bringt sowohl Vor- als auch Nachteile für die Konstruktion mit sich. In dieser zweiten Leitfadenfrage wurde der Studierende nach dem Grund gefragt, warum er gerade diese Lagerungs- bzw. Schmierungskonzept verwendet hat. Durch die Nennung immer mehr situationsbezogene bedeutungsvolle Elemente (Gründe) kann herausgefunden werden, ob der Studierende eine Relevanz der verwendeten Konzepte für seine Konstruktion erkennt (mindestens eine Stufe weiter als fortgeschrittener Anfänger) oder nicht (Fortgeschrittener Anfänger).

---

**Leitfadenfrage 3:** Gibt es bessere Lösungen für die Lagerung und für die Schmierung der Welle W1, als die Konzepte die Sie verwendet haben? Und falls ja, erklären Sie diese? (KONTEXT)

**Erläuterung:** Diese Leitfadenfrage baut auf die vorherige Frage auf. Ihr liegt die Annahme zugrunde, dass der Studierende nur dann eine bessere Lösung nennen kann, wenn er zwischen zwei oder mehreren Alternativen priorisieren kann. Dies setzt voraus, dass der Studierende das Wesentliche für die Situation (Kontext) erkennen kann (mindestens eine Stufe weiter als kompetenter Produktentwickler). Wenn der Studierende zwischen zwei oder mehreren Alternativen nicht priorisieren kann, hat er höchstwahrscheinlich das Wesentliche für die Situation nicht erkannt (kompetenter Produktentwickler).

---

**Leitfadenfrage 4:** Welche Aspekte/Bedingungen müssen in der Regel bei der Lagerung und Schmierung der W1 beachtet werden? (ENTSCHEIDUNGSFINDUNG)

**Erläuterung:** Anders als bei der zweiten Leitfadenfrage wurde hier nicht nach den eigenen Motiven zur Verwendung der dargestellten Lagerung und Schmierung, sondern allgemein nach den wichtigsten Aspekten bzw. Bedingungen bei der Auswahl der richtigen Lagerung und Schmierung gefragt. Dies hat zum Ziel, um herauszufinden, ob der Studierende seine Entscheidung für eine Alternative überlegt und begründet (gewandter Produktentwickler) oder intuitiv (Experte) trifft.

---

## 5.2.4 Interviewdurchführung und Aufzeichnung

Bei der Interviewdurchführung wurde darauf geachtet, dass – wie in der Literatur<sup>398</sup> empfohlen – eine Vertrauenssituation zwischen Interviewer und Interviewten vorhanden war. Im Einverständnis mit den Interviewten, eine Audioaufnahme anfertigen zu dürfen, wurden zunächst Sondierungsfragen gestellt, die allgemein

---

<sup>398</sup> Mayring (2002), S.69

gehalten waren, wie z. B. „Hier sehen Sie Ihre Konstruktionszeichnung aus der Prüfung Maschinenkonstruktionslehre. Wie ist die Prüfung gelaufen?“. Erst danach wurden die Leitfadenfragen als wesentliche Fragestellungen gestellt. Für den Erhalt des Gesprächsfadens wurden fallspezifisch und ad hoc weitere Fragen formuliert, falls nicht relevante Aspekte angesprochen wurden.

### **5.2.5 Aufbereitungs- und Auswertungsverfahren**

Zwischen Erhebung und Auswertung sollen die gewonnenen Daten qualitativer Forschung aufbereitet werden. Zunächst wurde zu den durchgeführten Interviews eine wörtliche Transkription<sup>399</sup> vorgenommen. Dies bietet den Vorteil, einzelne Aussagen in ihrem Kontext zu betrachten und gibt zudem die Basis für ausführliche Interpretationen. Ein Nachteil der Methode ist der erhebliche zeitliche Aufwand. Allein die wörtliche Transkription der Interviews beanspruchte fünfmal so viel Zeit wie die Interviewdauer selbst. Die Interviews wurden mittels Inhaltsanalyse nach MAYRING<sup>400</sup> ausgewertet (siehe Tabelle 20).

---

<sup>399</sup> Mayring (2002), S.89

<sup>400</sup> Mayring (2010), S.91f.

Tabelle 20: Qualitative Inhaltsanalyse nach MAYRING<sup>401</sup>**Z1: Paraphrasierung**

Z1.1: Streiche alle nicht (oder wenig) inhaltstragenden Textbestandteile wie ausschmückende, wiederholende, verdeutlichende Wendungen!

Z1.2: Übersetze die inhaltstragenden Textstellen auf eine einheitliche Sprachebene!

Z1.3: Transformiere sie auf eine grammatikalische Kurzform!

**Z2: Generalisierung auf das Abstraktionsniveau**

Z2.1: Generalisiere die Gegenstände der Paraphrasen auf die definierte Abstraktionsebene, so dass die alten Gegenstände in den neu formulierten impliziert sind!

Z2.2: Generalisiere die Satzaussagen (Prädikate) auf die gleiche Weise!

Z2.3: Belasse die Paraphrasen, die über dem angestrebten Abstraktionsniveau liegen!

Z2.4: Nimm theoretische Vorannahmen bei Zweifelsfällen zu Hilfe!

**Z3: Erste Reduktion**

Z3.1: Streiche bedeutungsgleiche Paraphrasen innerhalb der Auswertungseinheiten!

Z3.2: Streiche Paraphrasen, die auf dem neuen Abstraktionsniveau nicht als wesentlich inhaltstragend erachtet werden!

Z3.3: Übernehme die Paraphrasen, die weiterhin als zentral inhaltstragend erachtet werden (Selektion)!

Z3.4: Nimm theoretische Vorannahmen bei Zweifelsfällen zu Hilfe!

**Z4: Zweite Reduktion**

Z4.1: Fasse Paraphrasen mit gleichem (ähnlichem) Gegenstand und ähnlicher Aussage zu einer Paraphrase (Bündelung) zusammen!

Z4.2: Fasse Paraphrasen mit mehreren Aussagen zu einem Gegenstand zusammen (Konstruktion/Integration)!

Z4.3: Fasse Paraphrasen mit gleichem (ähnlichem) Gegenstand und verschiedener Aussage zu einer Paraphrase zusammen (Konstruktion/Integration)!

Z4.4: Nimm theoretische Vorannahmen bei Zweifelsfällen zu Hilfe!

In verschiedenen Schritten wurden die Aussagen auf das Wesentliche reduziert. Dies passierte durch sogenannte Paraphrasierung und Generalisierung. Dabei wurden die transkribierten Interviewprotokolle weiterverarbeitet, bis eine nur auf den Inhalt beschränkte, übersichtliche Form übrig geblieben ist. Das Ziel dieses Verfahrens ist es, die Kernaussage eines Abschnitts zu identifizieren. Ein Auszug aus der Gesprächsauswertung ist in Abbildung 47 zu finden.

<sup>401</sup> Mayring (2002)

	A	B	C	D	E	F
1	Laufende Nummer	Interviewen-nummer	Zeilen-nummer	Paraphrase	Generalisierung	Reduktion
2	a1	9	#	Das heißt, hier wär eine O-Anordnung ganz gut und das habe ich auch umgesetzt.	Am sinnvollsten unter den bekannten Lagerungen ist hier die O-Lagerung	Es ist klar, warum eine O-Lagerung im Beispiel sinnvoll ist.
3	a2	1	28	Ach ja, stimmt, der Lastfall. Hier das Zahnrad. Da ist das virtuelle Lager besser.	Durch den Lastfall ist eine O-Lagerung angebracht.	Es ist klar, warum eine O-Lagerung im Beispiel sinnvoll ist.
4	a3	2	12	Und wenn man sich dann die Lastverhältnisse anschaut, dann sieht man, dass man da von außen die Kraft angreifen hat. Das heißt, wenn man dann nach einem Lagerungskonzept sucht, dann würde sich hier anbieten, eine O-Anordnung zu verwenden.	Unter den bekannten Lagerungen ist durch den Lastfall eine O-Lagerung angemessen.	Es ist klar, warum eine O-Lagerung im Beispiel sinnvoll ist.
5	a4	3	28	Ja, Kegelräder hat und hier eventuell die Belastung der Eingangswelle und dementsprechend ist dann hier die O-Anordnung einfach viel besser.	Durch den Lastfall ist eine O-Lagerung angebracht.	Es ist klar, warum eine O-Lagerung im Beispiel sinnvoll ist.
6	a5	4	25	Ah ja genau, also ich hatte hier eine Kraft und hier und deswegen sollte das eine X(O)-Anordnung darstellen.	Durch den Lastfall ist eine O-Lagerung angebracht.	Es ist klar, warum eine O-Lagerung im Beispiel sinnvoll ist.
7	a6	5	10	das hier ist gut gelöst mit der O-Lagerung hier. Und da das ja eine Keilwelle ist und dann hier die Last ist und hier die Last ist, ist das schon mal gut gemacht	Durch den Lastfall ist eine O-Lagerung angebracht.	Es ist klar, warum eine O-Lagerung im Beispiel sinnvoll ist.
8	a7	6	8	da habe ich im Endeffekt das hier o-gelagert damit die Kraft hier besser aufgenommen wird. So ein erweiterter Lagersitz und ging dann hier oben links im Endeffekt weiter über dieses Kegelradverbindung.	Durch den Lastfall ist eine O-Lagerung angebracht.	Es ist klar, warum eine O-Lagerung im Beispiel sinnvoll ist.
9	a8	7	10	die Kräfte greifen außen an, man braucht eine O-lagerung um den virtuellen Lagersitz nach außen zu verschieben	Durch den Lastfall ist eine O-Lagerung angebracht.	Es ist klar, warum eine O-Lagerung im Beispiel sinnvoll ist.
10	a9	8	40	Wir haben es hier mit einer O-Anordnung zu tun und die O-Anordnung war für mich eigentlich die einfachste zu zeichnen.	Ich musste hier glücklicherweise eine O-Anordnung zeichnen, die ist für mich das einfachste.	Er scheint sich bewusst für eine O-Lagerung entschieden zu haben.
11	a10	10	10	Ja, ich habe halt die Lagerung immer so gemacht, dass die Last dann immer draußen liegt.	Durch den Lastfall ist eine O-Lagerung angebracht.	Es ist klar, warum eine O-Lagerung im Beispiel sinnvoll ist.
12	a11	12	9	Also ich habe halt hier eine Kegelradstufe und habe sie hier o-gelagert.	Durch den Lastfall ist eine O-Lagerung angebracht.	Es ist klar, warum eine O-Lagerung im Beispiel sinnvoll ist.
13	a12	12	20	Schema F, also immer die Lagerung passend zur Belastungsrichtung und für die Anforderungen, die man halt gestellt bekommt für... keine Ahnung, wenn ich jetzt irgendeine Welle habe, die sich thermischen Einflüssen entgegen sieht, benutze ich halt keine O-Anordnung, sondern eher eine Fest-Los-Lagerung, dass ich irgendwie diese... Also keine induzierten Axialkräfte ins System reinkommen. T: Lernet man so was in der VL? D: VL, WS.		
14	a13	13	19	das heißt der Kraftangriffspunkt liegt außerhalb von der Lagerung und mit der O-Lagerung habe ich virtuell einen größeren Lagerabstand.	Durch den Lastfall ist eine O-Lagerung angebracht.	Es ist klar, warum eine O-Lagerung im Beispiel sinnvoll ist.

Abbildung 47: Auszug aus der Auswertungstabelle<sup>402</sup>

## 5.3 Ergebnisse und Implikationen

### 5.3.1 Interviewteilnehmer

Von den eingeladenen 44 Studierenden haben insgesamt 13 Studierende an den Interviews teilgenommen (siehe Abbildung 48). Für eine qualitative Auswertung ist diese Zahl ausreichend (siehe Kapitel 2.6.4). Mit diesen 13 Studierenden waren noch alle Notenbereiche von 1,0 bis 3,7 abgedeckt. Alle Interviewten haben die Prüfung Maschinenkonstruktionslehre bestanden und befanden sich zum Zeitpunkt der Interviews im letzten Jahr des Bachelorstudiengangs.

<sup>402</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an Mayring (2010)

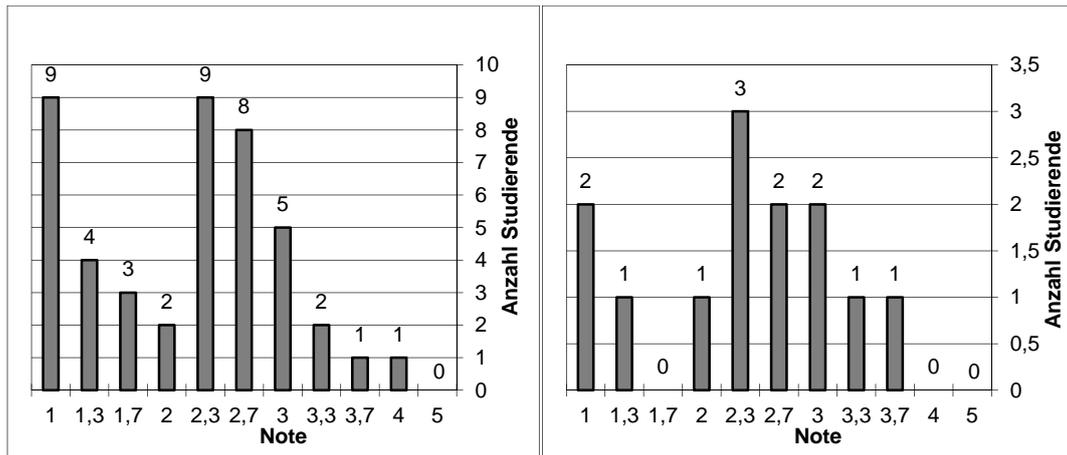


Abbildung 48: Notenverteilung der Prüfung Maschinenkonstruktionslehre Konstruktionsteil für die eingeladenen Studierenden (links) und die interviewten Studierenden (rechts)

Die Zeit der Gespräche betrug durchschnittlich 12 Minuten. Dabei dauerte das längste Gespräch 20 Minuten, das kürzeste 8 Minuten. Die Zeiten variierten hauptsächlich aufgrund der Antworten der Studierenden, wobei sich einige wesentlich knapper äußerten als andere, die von sich aus gerne und ausführlich erklären und ins Detail gehen.

Abbildung 49 zeigt die Einstufung der 13 Probanden in dem Stufenmodell für die Expertise in der Produktentwicklung nach der Auswertung der Studie. Diese wird in den folgenden Kapiteln genauer diskutiert.

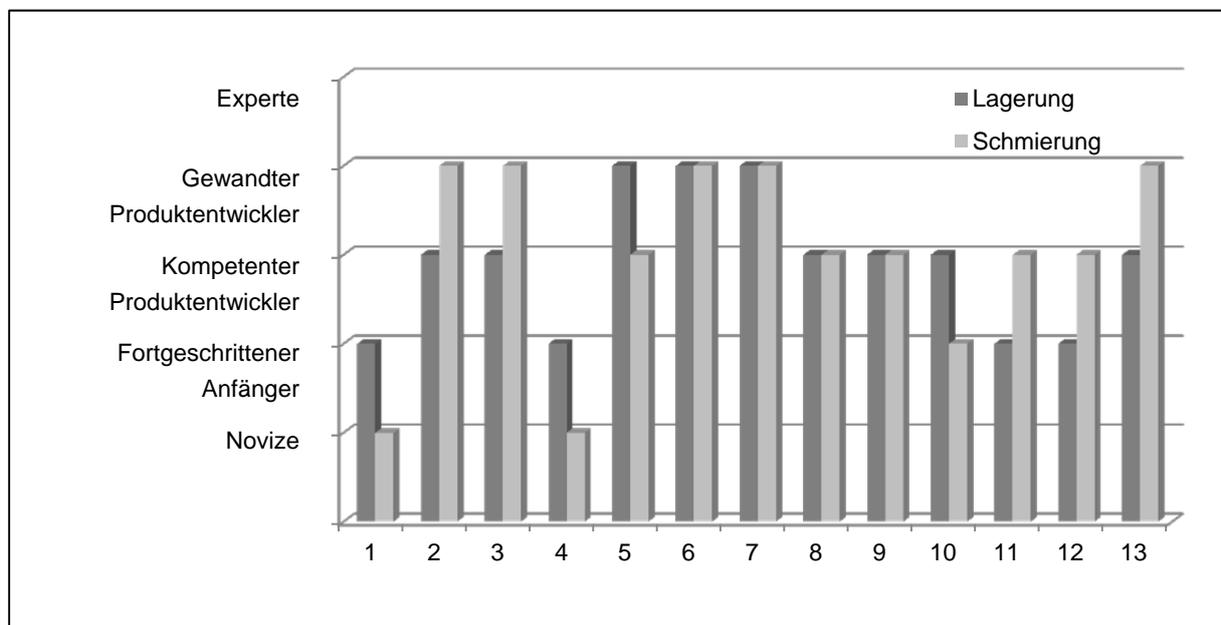


Abbildung 49: Zuordnung der dreizehn Probanden in dem Stufenmodell für die Expertise in der Produktentwicklung in den Themenbereichen Lagerung und Schmierung

### 5.3.2 Umgang mit Konstruktionswissen

**Leitfadenfrage 1:** Erläutern Sie die verwendeten Lagerungs- und Schmierungskonzepte bei der Welle W1 in Ihrer Zeichnung? (WAS)

Der Umgang mit Konstruktionswissen definiert den Übergang von der ersten Stufe „Novize“ zur zweiten Stufe „fortgeschrittener Anfänger“ (siehe Abbildung 50).

Zunächst haben alle interviewten Studierenden die Prüfung bestanden. Das bedeutet, dass jeder mindestens über so viel Konstruktionswissen verfügt, dass er als Novize eingestuft werden kann.

Novizen verfügen nur über klar rational vermittelbares Wissen, um Probleme zu lösen. Sie verfügen über keine praktische Erfahrung, sondern über abstrakte Regeln und Prinzipien, die sie durch Instruktion (Schulungen, Seminare, Bücher etc.) gelernt haben. Dieses Wissen ist komplett vom Kontext abgelöst und kann als Faktenwissen bezeichnet werden. Novizen verwenden kontextfreien Regeln ohne Rücksicht auf den Rest der Problemsituation. Das stellt die Antwort des Teilnehmers Nr. 1 sehr passend dar: *„Das war überhaupt das erste und einzige Mal, dass ich eine Öleinspritzpumpe gezeichnet habe. Das war so, dass ich in der Woche vor der Klausur in der Sprechstunde war und da wurde mir eben das erste Mal gezeigt, wie man so was zeichnet und dass es eigentlich eine sehr einfache Lösung ist, wenn man es verwenden kann [...] Und dann habe ich es auch in der Klausur verwendet“*<sup>403</sup>. Der Umgang des Novizen mit kontextfreien Regeln ist eine reine Informationsverarbeitung.

Im Gegensatz zu Novizen haben fortgeschrittene Anfänger bereits erste Erfahrungen mit den eigenen kontextfreien Regeln in realen Problemlösungssituationen gesammelt. In konkreten Situationen wird langsam erstes implizites Wissen gesammelt, das fortgeschrittene Anfänger ermöglicht, bewusst oder unbewusst wiederkehrende Situation zu erkennen und die neu gelernten, situationsbezogenen Regeln anzuwenden. Eine Voraussetzung dafür ist die Reflexion des Gelernten in einer höheren Metaebene zu Erfahrungswissen, das an das bereits vorhandene Faktenwissen angeknüpft. Passend für diese zweite Stufe ist der Kommentar *„ich wollte alles von einer Seite montieren oder irgendwie [...] Ach ja, stimmt, der Lastfall. Hier das Zahnrad. Da ist das virtuelle Lager besser. Natürlich, wo der Kraftangriffspunkt liegt. Ok, die Einstellscheiben, das wurde mir auch erst so richtig vor der Klausur bewusst, dass ich eine angestellte Lagerung immer einstellen muss.“*<sup>404</sup>

---

<sup>403</sup> Auszug aus dem transkribierten Interview mit Teilnehmer Nr.1, Zeilen 20-25

<sup>404</sup> Auszug aus dem transkribierten Interview mit Teilnehmer Nr.1, Zeilen 28-31

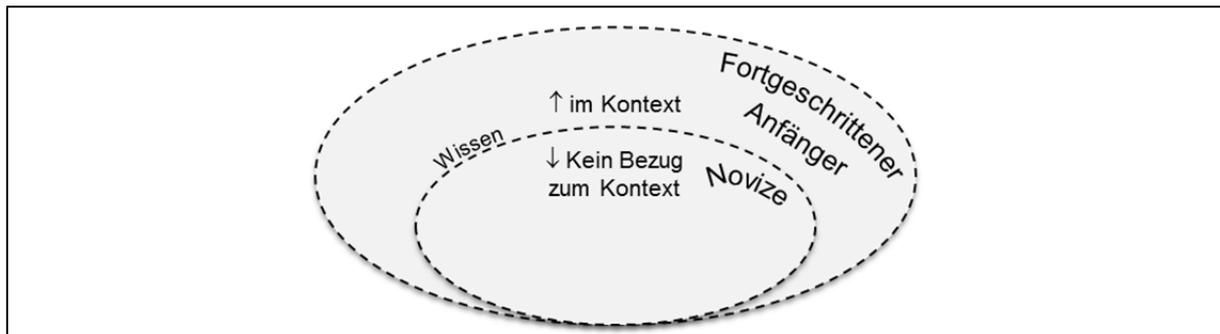


Abbildung 50: Der Übergang vom Novizen zum fortgeschrittenen Anfänger

### 5.3.3 Erkennung der Relevanz für die Konstruktion

**Leitfadenfrage 2:** Erläutern Sie die Gründe für die Verwendung dieser Lagerungs- und Schmierungskonzepte bei der Welle W1 in Ihrer Zeichnung? (WARUM)

Die Erkennung der Relevanz für die Konstruktion definiert den Übergang von der zweiten Stufe „fortgeschrittener Anfänger“ zur dritten Stufe „kompetenter Produktentwickler“ (siehe Abbildung 51).

Nachdem die Studierenden nach dem „was“ gefragt wurden, konnten die Novizen (z. B. Teilnehmer Nr. 1 im Themenbereich Schmierung, siehe oben) identifiziert werden. Die Antworten der Novizen auf die nächsten Leitfadenfragen sind folglich nicht mehr relevant. Alle übrigen Interviewten gehören mindestens der Stufe fortgeschrittener Anfänger an. Diese wurden nach den Gründen gefragt, warum sie die gewählten Konzepte verwendet haben. Somit wird ein Rückschluss auf ihre Erkennung der Relevanz gebildet. Wenn ein Studierender erklären kann, aus welchen Gründen er ein bestimmtes Konzept verwendet hat, dann hat er die Relevanz dieses Konzeptes für seine Konstruktion erkannt. Der Unterschied liegt zwischen dem bloßen und systematischen Anwenden von vergangenen Erfahrungen hin zu einem überlegten und bewussten Anwenden von ausgewählten Erfahrungen. Teilnehmer Nr. 12 begründet z. B. die von ihm richtig umgesetzten O-Lagerung wie folgt: *„Also ich habe halt hier eine Kegelradstufe und habe sie hier O-gelagert [...] Das war eigentlich mein Standardlösungskonzept für so was. Ich habe da im Prinzip nur Schema F abgearbeitet. Das habe ich mehrfach geübt, habe sie dann einfach hingeklatscht [...]“*<sup>405</sup>. Dieser Studierende verfügt, obwohl er die richtige Lagerungsart für die Welle W 1 ausgewählt und sie richtig umgesetzt hat, über keinerlei Gespür für die Relevanz vom dem, was er gezeichnet hat, für seine Konstruktion. Der einzige Grund für die Verwendung dieser Lagerungsart war: *„mein Standardlösungskonzept für so was“*. Dieses Zitat beschreibt auch sehr schön, wie fortgeschrittene Anfänger im Vergleich

<sup>405</sup> Auszug aus dem transkribierten Interview mit Teilnehmer Nr.12, Zeilen 9-14

zu Novizen erste situationsbezogene Elemente aufnehmen und berücksichtigen („für so was“), auch wenn sie diese manchmal nicht beschreiben können (impliziertes Wissen).

Im Gegensatz zu fortgeschrittenen Anfängern erkennen kompetente Produktentwickler aufgrund größerer Erfahrungen viel mehr situationsbezogene Elemente und können deshalb argumentieren, warum sie ein bestimmtes Konzept verwendet haben. Teilnehmer Nr. 13 begründet z. B. seine Entscheidung für die O-Anordnung mit den Argumenten Kompaktheit, Leichtbau, Montierbarkeit und Belastung der Wellen: „*ich habe [...] versucht, möglichst kurz zu bauen. Weil es [...] bei Flugobjekten um Gewicht geht, [...] habe ich versucht, es möglichst klein zu bauen und dass man das schnell wechseln kann [...]. Weil die Kraft durch das Zahnrad geht, das heißt, der Kraftangriffspunkt liegt außerhalb von der Lagerung und mit der O-Lagerung habe ich virtuell einen größeren Lagerabstand.*“<sup>406</sup>

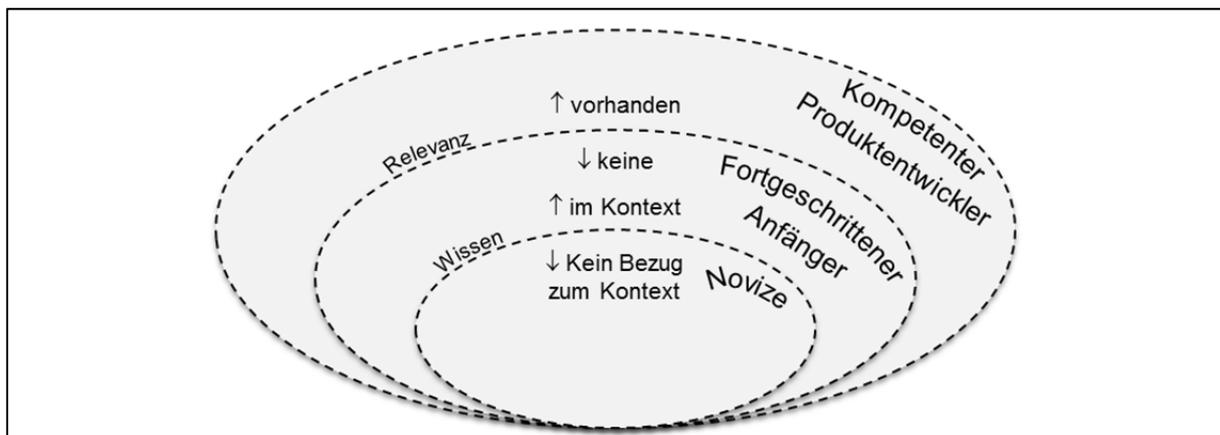


Abbildung 51: Der Übergang vom fortgeschrittenen Anfänger zum kompetenten Produktentwickler

### 5.3.4 Vorgehen beim Problemlösen

**Leitfadenfrage 3:** Gibt es bessere Lösungen für die Lagerung und für die Schmierung der Welle W1, als die Konzepte die Sie verwendet haben? Und falls ja, erklären Sie diese. (KONTEXT)

Die Art des Vorgehens beim Problemlösen definiert den Übergang von der dritten Stufe „kompetenter Produktentwickler“ zur vierten Stufe „gewandter Produktentwickler“ (siehe Abbildung 52). Dabei findet eine Veränderung in der Wahrnehmung der Problemsituation statt, weg von einer Sammlung von für relevant geschätzten Aspekten hin zu einer ganzheitlichen Erfassung der Problemsituation. Hier liegt die Annahme zu Grunde, dass ein Konstrukteur nur dann eine bessere

<sup>406</sup> Auszug aus dem transkribierten Interview mit Teilnehmer Nr.13, Zeile 10-20

Lösung nennen kann, wenn er mehrere Alternativen priorisiert. Mehrere Lösungsalternativen zu haben erfordert es, das Wesentliche für die Problemsituation (Kontext) zu erfassen. Nachdem die Novizen und die fortgeschrittenen Anfängern mit den ersten zwei Leitfadenfragen identifiziert wurden, wurden ihre Antworten bei den nächsten Leitfadenfragen nicht mehr berücksichtigt.

Der kompetente Produktentwickler hat verglichen mit dem fortgeschrittenen Anfänger weiteres Erfahrungswissen gesammelt, so dass er zunehmend mehr situationsbezogene Elemente erkennt. Er kann immer mehr Kontextdetails einer Problemsituation erkennen. Verglichen mit dem gewandten Produktentwickler (systemische Vorgehensweise) kann er aber immer noch nicht das große Ganze einer Problemsituation erfassen, weshalb er auf Vorgehenspläne angewiesen ist (analytische Vorgehensweise), um die Situationen zu meistern. Teilnehmer Nr. 10 erklärt z. B. wie er den Contact & Channel Ansatz (C&C<sup>2</sup>-A<sup>407</sup>) bei der Gestaltung der Lagerung verwendet, um sich zu überlegen, „*wie die Kraft wo durchgeht*“<sup>408</sup>.

Im Gegensatz zu den kompetenten Produktentwicklern ist ein systemisches Vorgehen kennzeichnend für gewandte Produktentwickler. Diese betrachten die wesentlichen Elemente einer Problemsituation nicht einzeln, sondern als Bestandteil eines Systems von Elementen, wie dies bei der Antwort des Teilnehmers Nr. 7 zu sehen ist: „*Im Hinblick zur Schmierung ist es eher ein bisschen weiter weg weil es dann immer im Gesamtsystem geschaut wird letztendlich, wie kann es dann realisiert werden [...] Bei der Schmierung muss geschaut werden nach: Gehäuse, wo ist meine größte Stelle, also größtes Zahnrad oder so, meistens ist es ja ein Zahnrad. Und dann [...] ja, Gehäuse und größtes Volumen vom Gehäuse. Und ansonsten halt das Gesamtkonzept und dann halt die einzelnen Schmiersysteme abrufen, anschauen, was machbar ist.*“<sup>409</sup>

---

<sup>407</sup> Albers and Sadowski (2013)

<sup>408</sup> Auszug aus dem transkribierten Interview mit Teilnehmer Nr.10, Zeile 90

<sup>409</sup> Auszug aus dem transkribierten Interview mit Teilnehmer Nr.7, Zeile 74-76

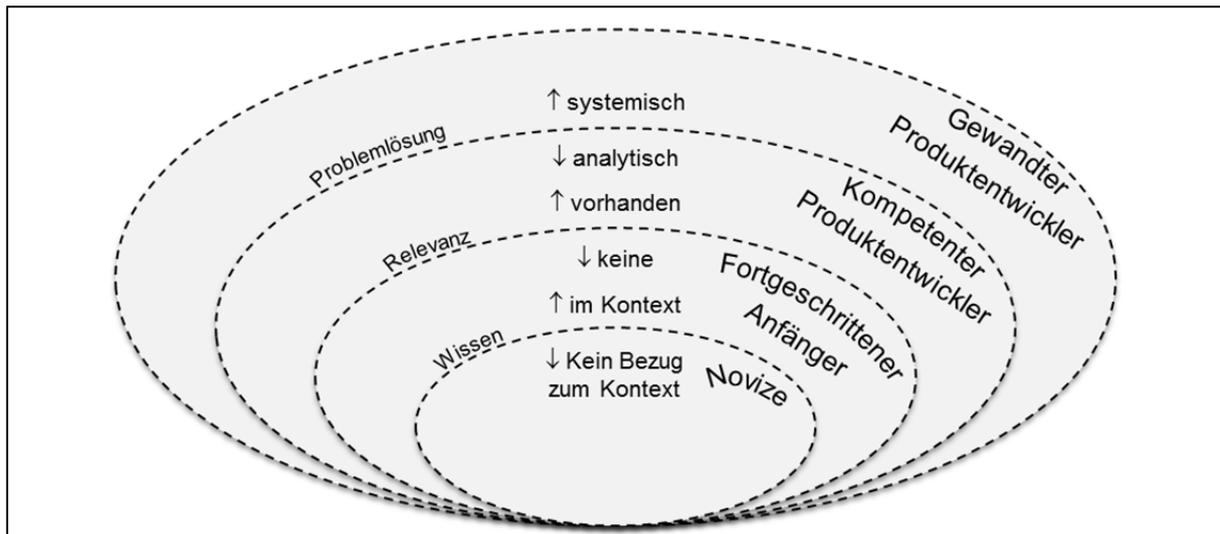


Abbildung 52: Der Übergang vom kompetenten zum gewandten Produktentwickler

### 5.3.5 Entscheidungsfindung

**Leitfadenfrage 4:** Welche Aspekte/Bedingungen müssen in der Regel bei der Lagerung und Schmierung der Welle W1 beachtet werden? (ENTSCHEIDUNGSFINDUNG)

Die Art der Entscheidungsfindung beim Problemlösen definiert den Übergang von der vierten Stufe „gewandter Produktentwickler“ zur fünften und letzten Stufe „Experte“ (siehe Abbildung 53). Dies charakterisiert eine Veränderung bei der Entscheidungsfindung weg von rationalen hin zu intuitiven Entscheidungen.

In dieser vierten und letzten Leitfadenfrage wurde nach den wichtigsten Aspekten bzw. Bedingungen gefragt, die im Allgemeinen bei der Auswahl der richtigen Lagerung und Schmierung berücksichtigt werden müssen. Ziel war herauszufinden, ob der Studierende seine Entscheidung überlegt und begründet (gewandter Produktentwickler) oder instinktiv und sprunghaft (Experte) trifft. Diese vierte Leitfadenfrage wurde nur bei den Studierenden ausgewertet, die die ersten drei Leitfragen bestanden haben und somit mindestens als gewandte Produktentwickler eingestuft wurden.

Der gewandte Produktentwickler hat so viele Erfahrung gesammelt, dass er bewusst Ziele festlegen kann und sich bewusst entscheiden kann, nachdem er verschiedene Lösungsalternativen generiert hat. Teilnehmer Nr. 2 z. B. schildert seine rationale Vorgehensweise bei der Entscheidungsfindung, in dem er zunächst alle Alternativen aufzählt (Ölschmierung, Fettschmierung, Mischform), danach die Bewertungskriterien nennt (Dichtung, Schnittstellen, Bewegungsart, Umsetzungsschwierigkeit), um am Ende eine Öltauchbadschmierung umzusetzen: „*Wir haben eben unterschiedliche Möglichkeiten zu schmieren. Erst mal die Schmierart mit Öl und Fett und dass es eben auch die Möglichkeit gibt, einzelne Bereiche abzutrennen und separat zu*

*schmieren. Also diese Konzepte sind ja grundsätzlich bekannt, gut, worauf man erst mal achten muss, ist, dass man eine Dichtung nach außen hin hat, sonst macht das Ganze ja überhaupt keinen Sinn mit der Schmierung. Wo man dann auch unterscheiden muss, wie diese Schnittstelle nach außen sich darstellt, ob man da eine Bewegung hat wie die Rotationsbewegung, die eben anders zu dichten ist als an Stellen, wo man keine Relativbewegung zueinander hat. Da muss man sich eben für ein Schmierkonzept entscheiden. Und oft haben wir es ebenso gelöst, [...] dass man eine Öltauchbadschmierung nimmt, weil das konstruktiv oft einfach ist, dass man sozusagen keine Extraaggregate vorsehen muss.“<sup>410</sup>*

Ein Experte nutzt erfolgreich erfahrene Vorgehensweisen und Methoden, die er weitgehend im Unbewussten abgespeichert hat. Für einen Experten handelt es sich in seinem Themenbereich, in dem er Experte ist, nicht um ein Konstruktionsproblem, sondern um eine Konstruktionsaufgabe. Ein Großteil seines Denkens und Tuns läuft intuitiv und unbewusst ab. Erst wenn das „Intuitive“ nicht weiterhilft, wenn z. B. die Situation unvorhergesehen problematisch wird, schaltet der Experte in die rationale Vorgehensweise um. Ein Experte ist manchmal gezwungen methodenbewusst und diskursiv vorzugehen, z. B. wenn er sein Vorgehen dokumentiert oder wenn er es jemandem erklären muss. Ein Beispiel für das Hin- und Herspringen zwischen Rationalem und Intuitivem ist das folgende Statement von Teilnehmer Nr. 13: *„Es hat was mit Erfahrung zu tun, gerade wenn man eben Wellen abschätzen muss, z. B. ob sie hält oder nicht. Für die Auslegung, also erst mal für die Konzepte, braucht man keine Mathematik, das ist klar, da versuch ich dann auch immer, oder habe ich versucht, einfach ein Konzept zu finden. Die Auslegung hat mich jetzt weniger interessiert. Habe dann grob abgeschätzt, wie könnte es sein? Aber wenn es dann später zum richtigen Entwickeln geht, dann muss man natürlich nachrechnen“<sup>411</sup>.*

---

<sup>410</sup> Auszug aus dem transkribierten Interview mit Teilnehmer Nr.2, Zeile 76-85

<sup>411</sup> Auszug aus dem transkribierten Interview mit Teilnehmer Nr.13, Zeile 36-41

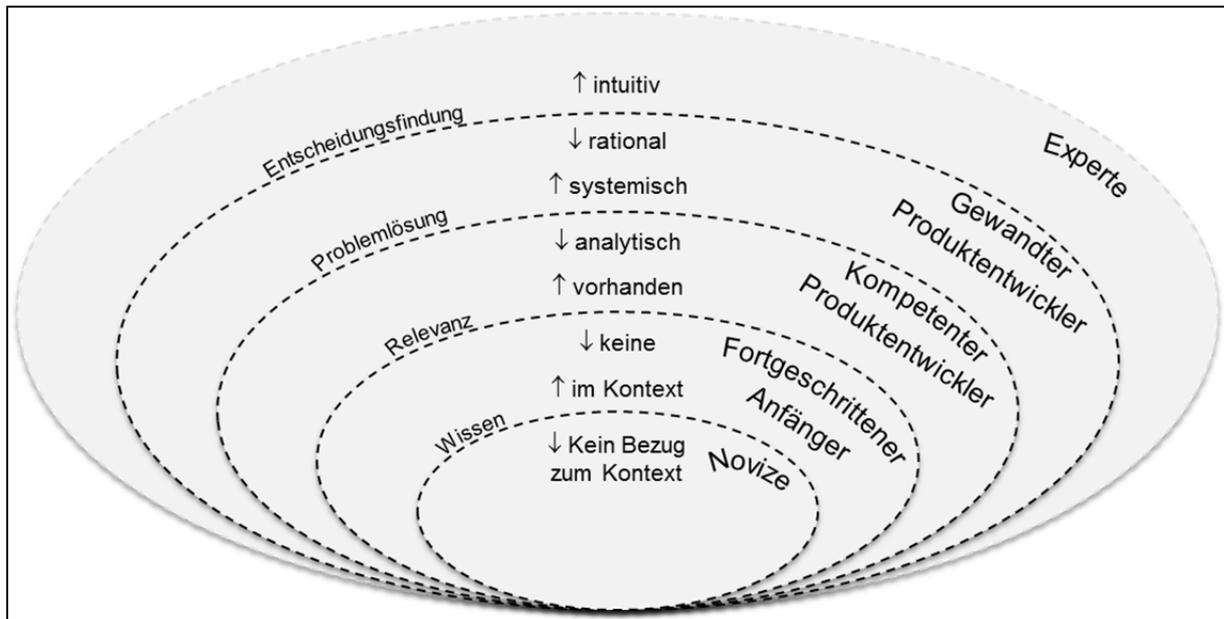


Abbildung 53: Der Übergang vom gewandten Produktentwickler zum Experten

## 5.4 Zwischenfazit

In diesem Kapitel wurde ein Stufenmodell für die Expertise in der Produktentwicklung entwickelt und im Rahmen einer Studie mit Studierenden evaluiert. Dieses Stufenmodell beinhaltet die fünf Stufen: Novize, fortgeschrittener Anfänger, kompetenter Produktentwickler, gewandter Produktentwickler und Experte. Je höher die Stufe, über desto mehr Erfahrung in der jeweiligen Domäne verfügt die Person. Die Übergänge zwischen den fünf Expertisestufen werden über die vier Themen: Konstruktionswissen, Erkennung der Relevanz, Vorgehen bei der Problemlösung und die Art der Entscheidungsfindung (siehe Abbildung 54) definiert.

Das „Heranreifen“ eines Systemkonstruktors zu einem Experten braucht Zeit. Diese ist von Konstrukteur zu Konstrukteur unterschiedlich und hängt stark von seiner Fähigkeit ab, gemachte Erfahrungen in eine Metaebene zu transferieren und später das daraus gewonnene Erfahrungswissen zum richtigen Zeitpunkt wieder abzurufen. Die Leistungsüberlegenheit eines Experten ist themenbereichsspezifisch. Die Einstufung eines erfahrenen Systemkonstruktors in diesem Modell ist immer themenbereichsspezifisch. Dies bedeutet, dass ein Experte aus dem einen Themenbereich durchaus in einer niedrigeren Expertisestufe in dem anderen Themenbereich eingestuft werden kann.

Jeder Systemkonstrukteur ist einzigartig. Zwei Konstrukteure derselben Expertisestufe eines Themenbereichs verfügen theoretisch über dasselbe Erfahrungswissen. Diese müssen aber für eine Konstruktionsaufgabe nicht notwendigerweise auf gleichen Lösungen kommen, da sie trotz identischer Expertisestufe in der Vergangenheit unterschiedlicher Erfahrungssituationen ausgesetzt waren.

Dieses Modell ist eine Hilfestellung bei der Definition benötigter Kompetenzen z. B. bei der Bildung eines Problemlösungsteams. Zudem können so an Expertisestufe angepasste Lehr- und Lernformen gezielt eingesetzt werden. Durch dieses Modell ist der Entwicklungsfortschritt von Expertise kontrollierbar.

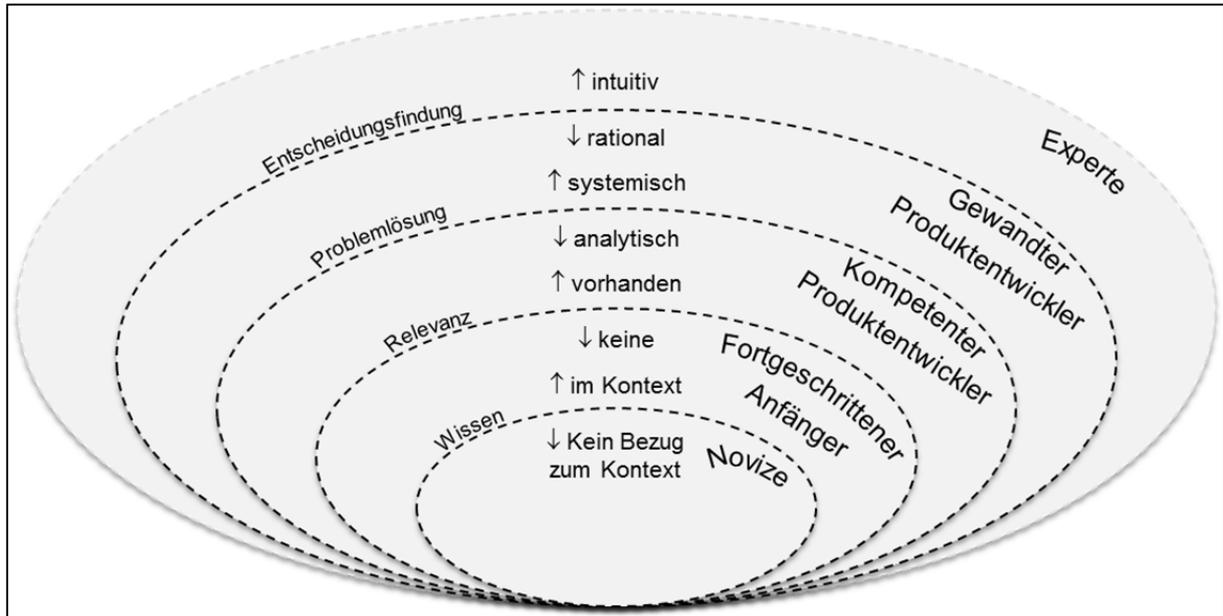


Abbildung 54: Stufenmodell für die Expertise in der Produktentwicklung

## 6 Aufbau und Transfer von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung

In diesem Kapitel wird der dritten Forschungsfrage dieser Arbeit nachgegangen, nämlich wie Erfahrungswissen in der Produktentwicklung aufgebaut und transferiert werden kann. Um diese Frage zu beantworten wurde die Theorie der mentalen Modelle herangezogen und der Ansatz in einer Studie mit 30 Studierenden der Produktentwicklung – im Folgenden Probanden genannt – evaluiert<sup>412</sup>. Zur besseren Vergleichbarkeit wurde eine Vergleichsgruppe von 16 Studierenden gebildet. Zunächst wird der theoretische Hintergrund zur Studie erläutert. Danach wird die Durchführung beschrieben und zuletzt werden die Ergebnisse aufgezeigt und diskutiert.

### 6.1 Theoretischer Hintergrund

Nachfolgemangement, strategischer Wissensaufbau oder Einarbeitung neuer Mitarbeiter sind drei Beispiele für Faktoren, die Organisationen immer mehr dazu zwingen, den Transfer von Erfahrungswissen systematisch zu fördern. Im universitären Umfeld und speziell in der Lehre und in der Ausbildung zukünftiger Ingenieure und Produktentwickler ist der Transfer von Erfahrungswissen ebenfalls wichtig, insbesondere in Disziplinen wie dem Konstruieren, die auf mindestens genauso viel „Theorie“ als auch „Kunst“ beruhen<sup>413</sup>. Hochschulprofessoren haben diesen Bedarf bereits vor mehr als 150 Jahren erkannt, dass die Analyse von Lösungen so stark mit der Erfahrung des Konstrukteurs verknüpft ist und dass es dem Lernenden diese Erfahrung möglichst effektiv vermittelt werden muss. Bereits FERDINAND REDTENBACHER wies darauf hin, dass die Erfahrung *„die beste Schule“* sei und *„daß die Verbesserungen und Erfindungen der Arbeitsmaschinen meistens von intelligenten Arbeitern ausgehen, welche durch eine oft vieljährige Beschäftigung mit einer Maschine oder mit einem Prozess alle dabei vorkommenden Einzelheiten so genau kennen lernen, wie es einem Andern gar nicht möglich ist“*<sup>414</sup>.

---

<sup>412</sup> Albers, Turki, and Lohmeyer (2012b)

<sup>413</sup> Die Fragestellung, ob Konstruieren eher Kunst, Wissenschaft oder beides ist, prägt die wissenschaftliche Diskussion innerhalb der Konstruktionswissenschaft bis heute. Eine Diskussion der Frage „Ist Konstruieren Kunst oder Wissenschaft?“ ist z. B. bei Ehrlenspiel (2009), S153ff. zu finden. Der Autor dieser Arbeit vertritt der Meinung, dass Konstruieren eine lehr- und lernbare Ingenieurskunst ist.

<sup>414</sup> Redtenbacher (1852) S.269

### **6.1.1 Aufbau und Transfer von Erfahrungswissen in Form mentaler Modelle**

Das Ziel dieses Kapitels ist, die Theorie der mentalen Modelle gezielt zur Unterstützung des Aufbaus und des Transfers von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung zu nutzen. Wie bereits in Kapitel 2.5 beschrieben, sind mentale Modelle subjektive interne Abbilder, welche eine Person von Objekten und Situationen aus ihrer Umgebung aufbaut und weiterentwickelt. Mentale Modelle erlauben, neue Informationen aufzunehmen und diese an vorhandenes Wissen anzuknüpfen. Somit helfen sie Menschen, neuartige Situationen besser einzuschätzen und Entscheidungen zu treffen.

Ein mentales Modell ist in erster Linie ein Modell, d. h., es ist durch die drei Merkmale Abbildungsmerkmal, Abkürzungsmerkmal und pragmatisches Merkmal charakterisiert (siehe Kapitel 2.1.3).

Beim Aufbau von Erfahrungswissen findet die Kreation eines neuen oder die Erweiterung eines bestehenden mentalen Modells des Lernenden statt (Lernen durch Erleben in der realen Situation). Beim Transfer von Erfahrungswissen wird eher ein Transfer des gleichen mentalen Modells vom Kopf des Lehrenden in den Kopf des Lernenden erstrebt (Lehr-/Lernsituation). Tatsächlich handelt es sich sowohl nach der kognitivistischen als auch nach der konstruktivistischen Lerntheorie im besten Fall um eine Kopie des ursprünglichen mentalen Modells – also ein Modell vom Modell (siehe Kapitel 2.4.2.3). Dabei findet ebenso auch eine Kreation eines neuen oder eine Erweiterung eines bestehenden mentalen Modells beim Lernenden statt (Abbildungsmerkmal), so dass es durchaus zu unterschiedlichen subjektiven Einschätzung hinsichtlich der relevanten Aspekte des Originals (Verkürzungsmerkmal) bzw. der Zweckmäßigkeit des Modells (Pragmatisches Merkmal) kommen kann. Beim Transfer von Erfahrungswissen handelt es sich letztendlich um Aufbau von Erfahrungswissen in neuen Köpfen.

Mit Hilfe von externalisierten Modellen (wie z. B. Metaphern, siehe Kapitel 2.5.1) können individuelle Sichtweisen kommuniziert werden. Um individuelles und gemeinsames Denken und Verstehen sowie die Bildung mentaler Modelle zu unterstützen, werden im Kontext der Produktentstehung zur externen Repräsentation oft virtuelle und physische Modelle verwendet. Die am weitesten verbreitete Repräsentationsform ist die technische Zeichnung, die von ALBERS als Sprache des Ingenieurs bezeichnet wird<sup>415</sup>. Im Rahmen der Maschinenbauausbildung lehrt er unter anderem die vereinfachte Darstellung als vereinfachtes

---

<sup>415</sup> Albers (2012)

Visualisierungswerkzeug mentaler Modelle. Die Darstellung der grundlegenden Maschinenelemente als vereinfachte Darstellung ist in Tabelle 21 zu finden.

Tabelle 21: Vereinfachte Darstellung als Visualisierungswerkzeug für mentale Modelle<sup>416</sup>

	Darstellungsform	Bedeutung
Abstrakte Symbolik mit Wirkprinzip (C&C <sup>2</sup> -A)		Wirkfläche (WF)
		Wirkflächenpaar (WFP)
		Leitstützstruktur (LSS)
		Connector (C)
		Darstellung des kleinsten Systems zur Beschreibung einer Funktion
		Darstellung des kleinsten Systems zur Beschreibung einer Wirkung
		Welle oder Balken
		Gestalt, die es ermöglicht, ein WFP in radialer Richtung auszubilden (z. B. Loslager)
		Gestalt, die es ermöglicht, ein WFP in radialer Richtung und ein WFP in axialer Richtung auszubilden (z. B. Lager mit axialer Fixierung in eine Richtung)
		Gestalt, die es ermöglicht, ein WFP in radialer Richtung und zwei WFP in axialer Richtung auszubilden (z. B. Festlager)
		Gestalt, die es ermöglicht, ein WFP in axialer Richtung auszubilden
		Gestalt, die es ermöglicht, ein WFP in tangentialer Richtung auszubilden
	Abstrakte Symbolik ohne Wirkprinzip	
		Welle-Nabe-Verbindung (z. B. Passfeder, Keilwellenverbindung)
		Stirnradgetriebe
		Kegelradgetriebe

<sup>416</sup> Albers (2012), S.53ff.

### 6.1.2 Zielsetzung der Studie

Die Eignung der oben (siehe Kapitel 6.1.1) und im Stand der Forschung (siehe Kapitel 2.5) beschriebenen Theorie der mentalen Modelle zur Unterstützung des Aufbaus und des Transfers von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung wird im Folgenden untersucht. Es geht insbesondere darum, diese Theorie an einem realen Fallbeispiel zu testen und darauf basierend Verbesserungsvorschläge für den Transfer von Erfahrungswissen zu erarbeiten. Die Zielgruppe sind in erster Linie Systemkonstrukteure. Grundlage jeder empirischen Untersuchung ist eine Theorie. Die diesem Kapitel zugrunde liegende Theorie besagt, dass sich der Aufbau und der Transfer von Erfahrungswissen bei Studierenden der Produktentwicklung mittels mentaler Modelle beschreiben lassen. Um diese Vermutung zu bestätigen wurde die folgende Untersuchung durchgeführt.

### 6.1.3 Zielgruppe – Auswahl der Teilnehmer

Im industriellen Umfeld sind Lernsituationen (Lernen durch Erleben in der realen Situation) schwierig zu identifizieren, weil sie oft unbewusst oder über lange Zeiträume stattfinden. Im universitären Umfeld bietet sich häufiger die Chance, Lehr- und Lernsituationen für Studienzwecke zu nutzen oder gezielt für Forschungszwecke zu initiieren.

### 6.1.4 Auswahl der Erhebungsmethode

Um den Aufbau bzw. den Transfer von Erfahrungswissen und die Eignung der Theorie der mentalen Modellen zur Beschreibung der dabei stattfindenden Vorgänge erforschen können wird eine Situation benötigt, in der dieser Transfer unter kontrollierten Zuständen erfolgen kann. Hierfür bietet sich das qualitative Experiment nach KLEINING<sup>417</sup> als Erhebungsmethode aus dem Bereich der empirischen Sozialforschung an. *„Das qualitative Experiment versucht, durch einen kontrollierten, gegenstandsadäquaten Eingriff in den Untersuchungsbereich unter möglichst natürlichen Bedingungen Veränderungen vorzubringen, die Rückschlüsse auf dessen Struktur zulassen“*<sup>418</sup>.

Der Grundgedanke des qualitativen Experiments ist nicht der Test vorgefertigter Hypothesen, im Vordergrund steht viel mehr das Aufdecken von Strukturen im Gegenstand<sup>419</sup>, wobei soziale Gegenstände Individuen, Gruppen, Relationen etc. sowie die davon abhängigen Bedingungen, Wirkungen und Erscheinungen sein

---

<sup>417</sup> Kleinig (1986) zitiert nach Mayring (2002), S.58ff. und Lamnek (2010), S.582ff.

<sup>418</sup> Mayring (2002), S.59

<sup>419</sup> Gegenstand ist beispielsweise in der folgenden Studie die konstruktive Situation des Studenten.

können. Dazu wird in den Untersuchungsbereich eingegriffen. Der Gegenstand wird verändert und die Auswirkung dieser Veränderung überprüft. Auf diese Art erhält der Forscher Einblicke in der Struktur des Gegenstands. Wichtig dabei ist, dass der Gegenstand nicht beliebig manipuliert wird oder gar im Labor erst konstruiert wird. Es muss möglichst gegenstandsadäquat eingegriffen werden (siehe Abbildung 55)<sup>420</sup>.

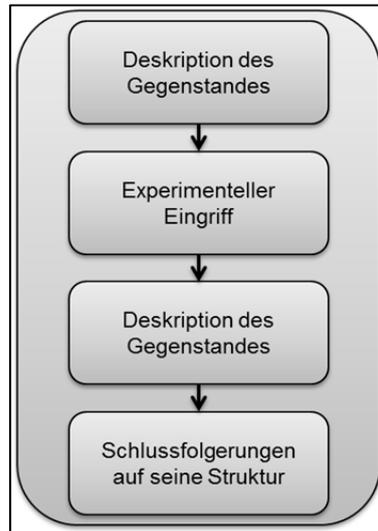


Abbildung 55: Ablaufmodell des qualitativen Experiments nach MAYRING<sup>421</sup>

Prinzipiell können zum Eingreifen in einem sozialen Gegenstand sechs verschiedene Techniken verwendet werden: Segmentation, Kombination, Reduktion, Adjektion, Substitution oder Transformation<sup>422</sup>. Die Erklärung dieser sechs Techniken ist in Tabelle 22 zu finden. In dieser Arbeit wird mit der Technik Adjektion (auch Intensivierung genannt) in den Gegenstand eingegriffen.

<sup>420</sup> Ebd.

<sup>421</sup> Mayring (2002), S.60

<sup>422</sup> Lamnek (2010), S.587f.

Tabelle 22: Eingriffstechniken des qualitativen Experiments<sup>423</sup>

Eingriffstechnik	Erklärung	Beispiel
Segmentation	Teilung eines Gegenstandes in verschiedenen Untergruppen	Betrieb wird in verschiedenen Untergruppen unterteilt, z. B. nach Geschlecht, Alter etc.
Kombination	Teile werden auf andere Art zusammengestellt	Angehörige verschiedener Berufsgruppen werden zusammengeführt
Reduktion	Teile des Gegenstandes werden entfernt	Wie handelt eine Person, der Macht oder Liebe entzogen wird?
Adjektion	Teile werden hinzugefügt	Wie verhält sich eine Schulklasse, die ihren Lehrplan selbst gestalten darf?
Substitution	Ein Teil des Gegenstandes wird durch einen anderen Teil ersetzt	Was geschieht, wenn man im Abendkleid auf die Straße geht?
Transformation	Umwandlung eines Gegenstandes in einen anderen	Wie verändert sich die Struktur des Unternehmens beim Betriebsausflug?

## 6.2 Beschreibung und Durchführung der Studie

### 6.2.1 Deskription des Gegenstandes vor dem experimentellen Eingriff

Das IPEK - Institut für Produktentwicklung betreut im Bachelorstudiengang rund 500 Studierende des Maschinenbaus pro Jahrgang. Die Inhalte des Faches Maschinenkonstruktionslehre (im Folgenden „Lehrveranstaltung MKL“ genannt) werden über vier Semester im Rahmen von Vorlesungen, Übungen und Projektarbeit vermittelt. Zur Durchführung der Studie dienten 30 Studierende des Maschinenbaus aus dem dritten Semester als Testpersonen. Diese Stichprobe wurde nach dem reinen Zufallsauswahlprinzip gezogen<sup>424</sup>. Die Studierenden haben das erste und zweite Semester bereits absolviert und sollten einen identischen Wissensstand zu den Inhalten der Lehrveranstaltung MKL haben, da sie dieselben Vorlesungen, Übungen und Projektarbeit besucht haben.

Zur Visualisierung von Maschinenelementen werden in der Lehrveranstaltung MKL oft vereinfachte Darstellungen verwendet. Diese dienen insbesondere der vereinfachten Darstellung und der Veranschaulichung bestimmter gestalterischer Sachverhalte und Ausprägungen. Damit können sowohl einfache Maschinenelemente (siehe Tabelle 21) als auch beliebig komplexe technische Systeme wie z. B. Getriebe (siehe Abbildung 56) dargestellt werden. Das Besondere bei den Probanden bzw. beim ausgewählten Jahrgang ist, dass die Studierenden diese vereinfachte Darstellungen im ersten und zweiten Semester bereits kannten bzw. lesen müssten, sie aber bis zum Zeitpunkt der Studie eine solche vereinfachte Darstellung noch nicht selber erstellt haben.

<sup>423</sup> Lamnek (2010), S.587f.

<sup>424</sup> Mayring (2010)

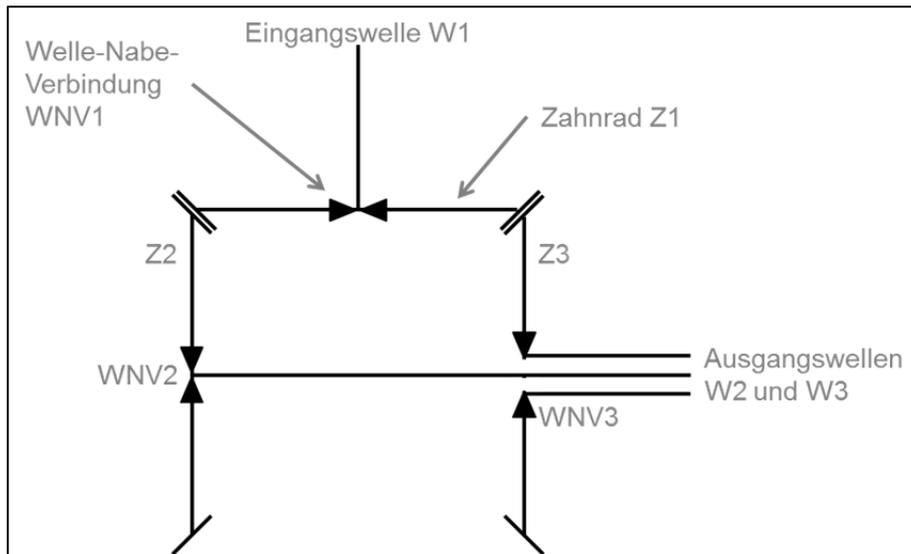


Abbildung 56: Beispiel für eine vereinfachte Darstellung eines Kegelradgetriebes bestehend aus drei Wellen, drei Kegelrädern und drei Welle-Nabe-Verbindungen

Das Experiment wird im Verlauf der Projektarbeit durchgeführt. In der Projektarbeit bearbeiten die Studierenden eine über das Semester immer komplexer werdende Konstruktionsaufgabe in Projektteams. Drei verschiedene Projektsitzungen (im Folgenden PS1, PS2 und PS3 genannt) stellen Meilensteine in der Projektarbeit dar, die von erfahrenen Lehrkräften (Doktoranden) und wissenschaftlichen Hilfskräften betreut werden. Die Studierenden präsentieren ihren Arbeitsstand und erhalten Feedback zu ihrer bisherigen Arbeitsleistung (Abbildung 57).

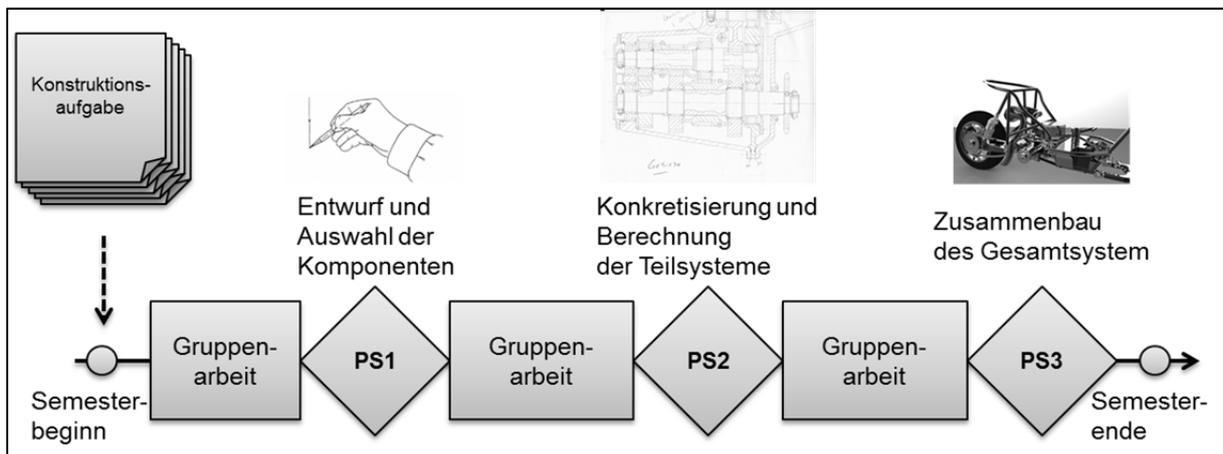


Abbildung 57: Projektverlauf im Fach Maschinenkonstruktionslehre im Laufe eines Semesters<sup>425</sup>

<sup>425</sup> Eigene Darstellung, technische Zeichnung beim zweiten Meilenstein (PS2) und CAD-Darstellung beim dritten Meilenstein (PS3) wurden von der Studentengruppe A1 im SS2012 erstellt

## 6.2.2 Experimenteller Eingriff – Versuchsdurchführung

Der experimentelle Eingriff fand in der zweiten Projektsitzung (PS2) statt (siehe Abbildung 58).

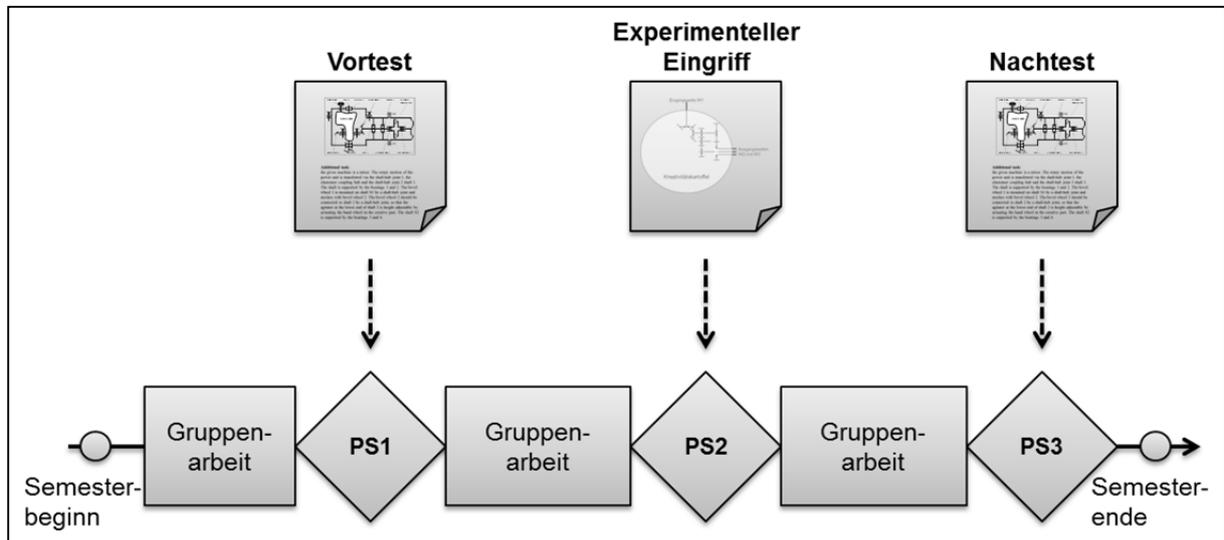


Abbildung 58: Versuchsanordnung und experimenteller Eingriff im Verlauf der Projektarbeit

Der Eingriff bestand darin, dass die Probanden anders als ihre Mitstudierenden zusätzlich im Lesen und Erzeugen von vereinfachten Darstellungen trainiert wurden. Dazu wird das mentale Metamodell der vereinfachten Darstellung anhand der sogenannten Kreativitätswolke (siehe Kapitel 2.1.9.2) mit den Probanden erklärt, geübt und diskutiert. Ziel der Übung ist es zudem, die Kreativität der Probanden bei der Gestaltung von Getrieben durch den Transfer von Erfahrungswissen zu fördern.

Ein Beispiel ist in Abbildung 59 links zu finden. In diesem Beispiel war die Vorgabe, ein Getriebe zu skizzieren, das zwei gegen- und ineinander drehenden Ausgangswellen (Voll- und Hohlwelle) aufweist, die in einem Winkel von 90 Grad zur Eingangswelle stehen. Eine typische studentische Lösung stellt Abbildung 59 rechts dar. Studierende versuchten die Konstruktionsaufgabe schrittweise zu lösen (siehe Kapitel 5.4), indem zunächst die Rotationsachse mittels einer Kegelaradstufe um 90 Grad umlenkt wird, danach die Voll- bzw. die Hohlwelle getrennt voneinander angetrieben werden. Hierfür werden sieben Zahnräder, sieben Welle-Nabe-Verbindungen und fünf Wellen verwendet, die einzeln gelagert werden müssen. Eine einfachere Lösung könnte mit drei Zahnrädern, drei Welle-Nabe-Verbindungen und drei Wellen realisiert werden (siehe Abbildung 56).

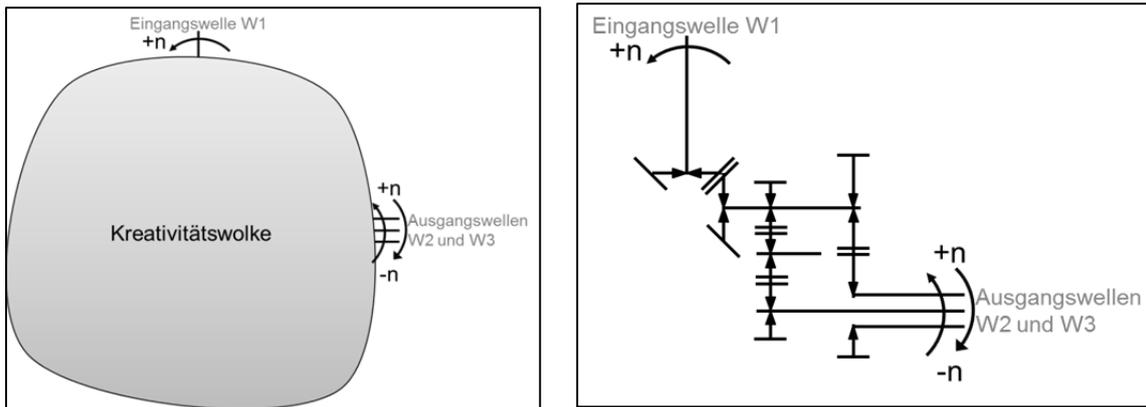


Abbildung 59: Beispiel für die Übung Kreativitätswolke (links) und eine typische studentische Lösung (rechts)

Im Laufe der zweiten Projektsitzung wurden die unterschiedlichen Varianten der Kreativitätswolke-Übung mit den Studierenden geübt. Es wurden mehrere Lösungsalternativen entwickelt und jeweils die Vor- und Nachteile dieser Lösungen ausführlich diskutiert.

Ziel war, einen Transfer von Erfahrungswissen zwischen erfahrenen Lehrkräften und weniger erfahrenen Probanden zu erreichen. Nach der Kreativitätswolke-Übung galt zu untersuchen, ob ein Transfer von Erfahrungswissen anhand des mentalen Metamodells der vereinfachten Darstellung bei den Probanden festzustellen ist. Woher dieses Erfahrungswissen kommt, vom Institutsmitarbeiter, von der wissenschaftlichen Hilfskraft oder von einem erfahrenen Mitstudierenden, steht nicht im Fokus der Untersuchung.

Zur Messung des Lernerfolges bei den Studierenden fand eine Vorher-Nachher-Messung statt. Die Studierenden mussten sowohl in der ersten als auch in der dritten Projektsitzung eine vergleichsweise komplexe Aufgabe lösen (siehe Abbildung 60). Der Antrieb der Rührmaschine erfolgt über einen seitlich angeflanschten Elektromotor. Das Drehmoment des Motors wird über eine Elastomerkupplung auf die Ritzelwelle W1 geleitet. Die Welle W1 wird durch die Lagerung L1/L2 gelagert. Das Zahnrad Z1 kämmt mit dem Tellerrad Z2. Am unteren Ende der Welle W2 wird der Rührer angetrieben. Die Aufgabenstellung bestand darin, die vereinfachte Darstellung der Rührmaschine so zu ergänzen, dass das Drehmoment auf die Welle W2 geleitet wird, und dass sich der Rührer während des Betriebs mit Hilfe eines Handrades in der Höhe verstellen lässt (siehe Abbildung 60).

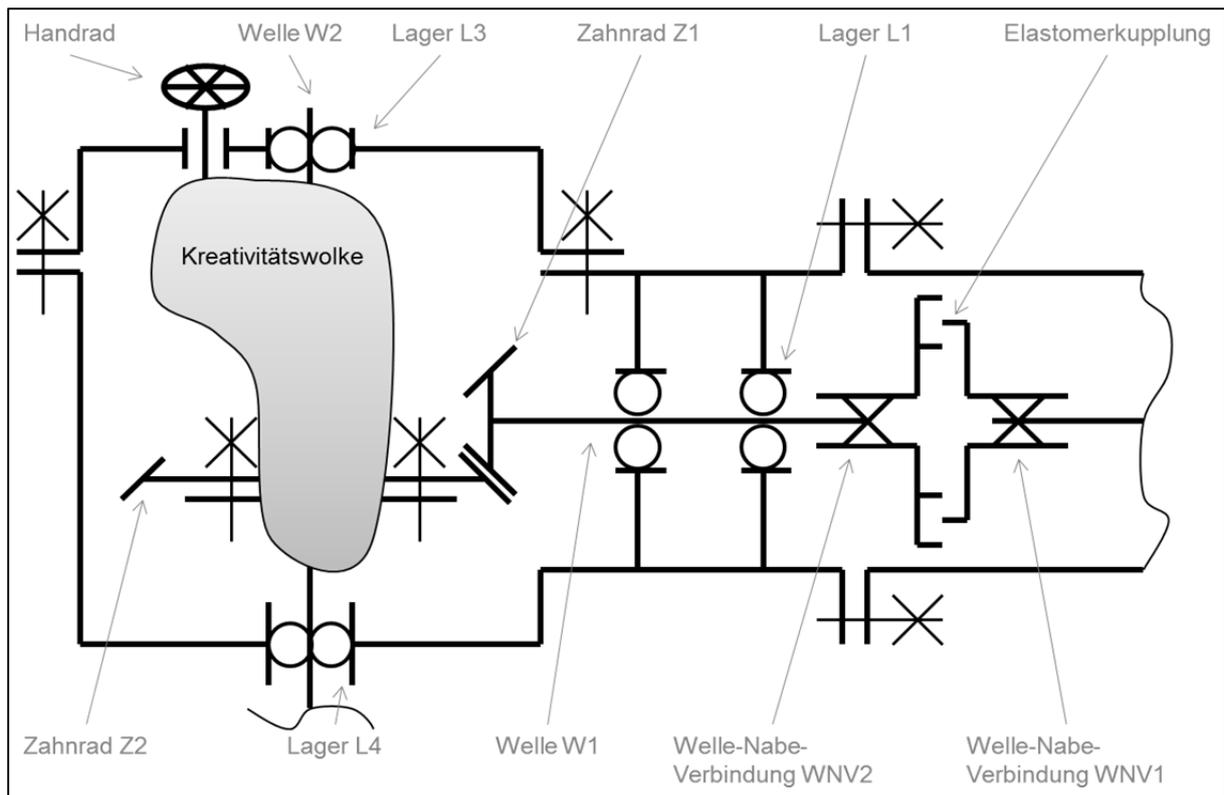


Abbildung 60: Aufgabenstellung für die Vorher-Nachher-Messung

Eine Lösungsalternative für diese Aufgabenstellung ist in Abbildung 61 zu finden. Den Studierenden wurde vor der Messung kommuniziert, dass die Aufgabe nur der Evaluation ihres aktuellen Kenntnisstandes dient und in der Bewertung der Projektsitzung nicht berücksichtigt wird. Für die Vorher-Messung in der ersten Projektsitzung PS1 wurde die Aufgabenstellung verteilt, von den Studierenden gelöst und dann wieder eingesammelt. Diese wurde mit den Studierenden nicht weiter diskutiert. In der Nachher-Messung wurde dieselbe Aufgabe noch mal gelöst. Gemeinsam mit den Studierenden wurde im Anschluss der Lernfortschritt anhand der vereinfachten Darstellungen aus der ersten und der dritten Projektsitzung diskutiert.

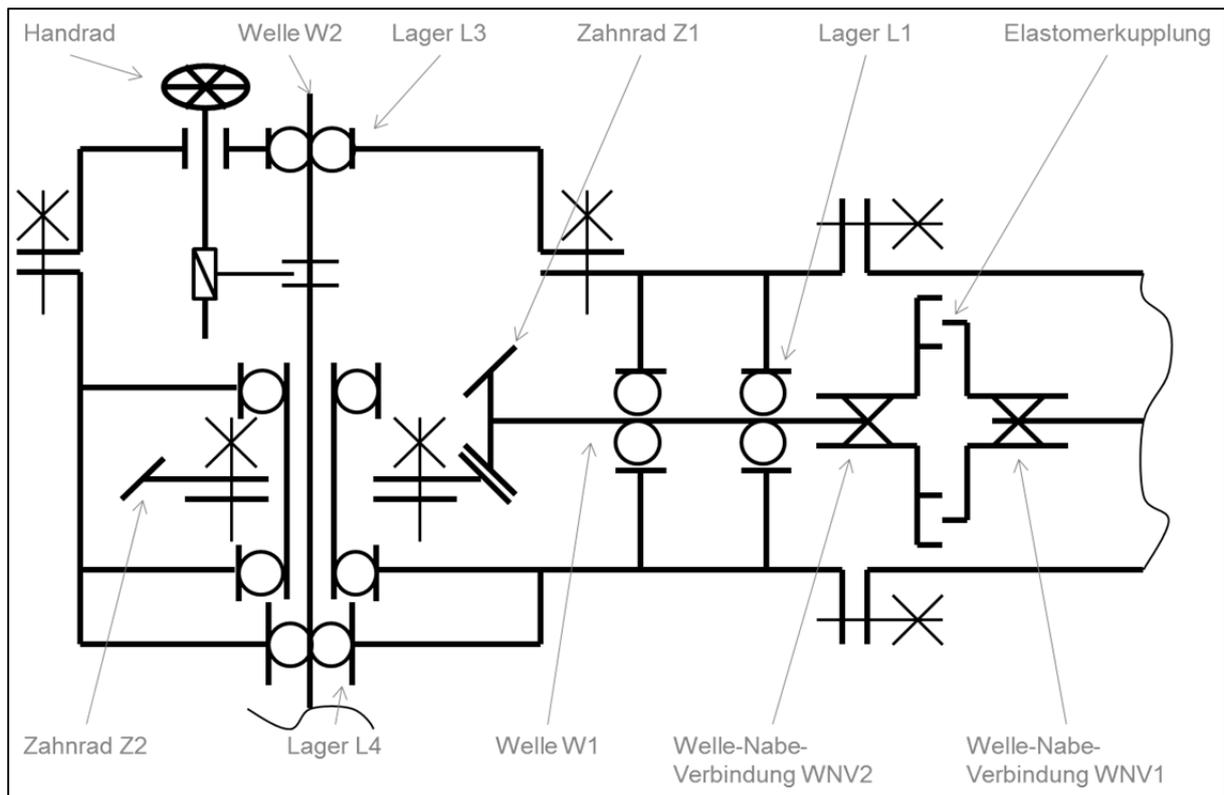


Abbildung 61: Eine Lösungsalternative für die Aufgabenstellung der Vorher-Nachher-Messung<sup>426</sup>

Neben der Versuchsgruppe wurde eine Vergleichsgruppe von 16 Studierenden gebildet, die nicht trainiert wurde. Diese Gruppe konnte das mentale Metamodell der vereinfachten Darstellung anhand der Kreativitätswolke in der zweiten Projektsitzung nicht üben und musste nur die genannte Aufgabenstellung (siehe Abbildung 60) in der dritten Projektsitzung lösen. Die Datenbasis für die Studie bestand aus 30 vereinfachten Darstellungen aus der Vorher-Messung bzw. 29 vereinfachten Darstellungen aus der Nachher-Messung der geschulten Versuchsgruppe und 16 vereinfachten Darstellungen aus der Nachher-Messung der nicht-geschulten Vergleichsgruppe im DIN-A3-Format (siehe Tabelle 23).

<sup>426</sup> Ein Lösungsvorschlag für die Aufgabenstellung der Vorher-Nachher-Messung ist im Anhang zu finden

Tabelle 23: Anzahl der vereinfachten Darstellungen der Versuchs- bzw. der Vergleichsgruppe in der Vorher- bzw. in der Nachher-Messung

	Projektgruppen und fortlaufende Personennummer <sup>427</sup>	Anzahl der Studierenden in der Vorher-Messung in PS1	Anzahl der Studierenden in der Nachher-Messung in PS2
<b>Versuchsgruppe</b>	X19 (P01-P05)	5	5
	X20 (P6-P10)	5	4 <sup>428</sup>
	X21 (P11-P15)	5	5
	X13 (P16-P20)	5	5
	X14 (P21-P25)	5	5
	X15 (P26-P30)	5	5
	<b>Anzahl der vereinfachten Darstellungen</b>	<b>30</b>	<b>29</b>
<b>Vergleichsgruppe</b>	X23 (P31-P35)	-	5
	X24 (P36-P40)	-	5
	X25 (P41-P46)	-	6 <sup>429</sup>
	<b>Anzahl der vereinfachten Darstellungen</b>	<b>0</b>	<b>16</b>

### 6.2.3 Aufbereitungs- und Auswerteverfahren

Nach der Erhebung folgten die Aufbereitung und die Auswertung. Abbildung 62 zeigt beispielhaft drei Ausschnitte studentischer Lösungen aus der Versuchs- und der Vergleichsgruppe.

<sup>427</sup> Die Bezeichnung der studentischen Projektteams wird im normalen Betrieb der Lehrveranstaltung Maschinenkonstruktionslehre aus einer Kombination aus Buchstaben (A, B, C, D etc.) und Zahlen (1, 2, 3, 4 etc.) gebildet. Aus Anonymitätsgründen wurden hier alle Buchstaben mit dem Buchstaben X ersetzt. Die einzelnen Studierenden erhielten durchgehend die fortlaufenden Personennummer P01 bis P46.

<sup>428</sup> Ein Student aus der Projektgruppe X20 ist zur dritten Projektsitzung nicht erschienen.

<sup>429</sup> Alle Projektgruppen bestanden standardmäßig aus fünf Studierenden. Die Projektgruppe X25 bestand ausnahmsweise von Anfang an aus sechs Studierenden.

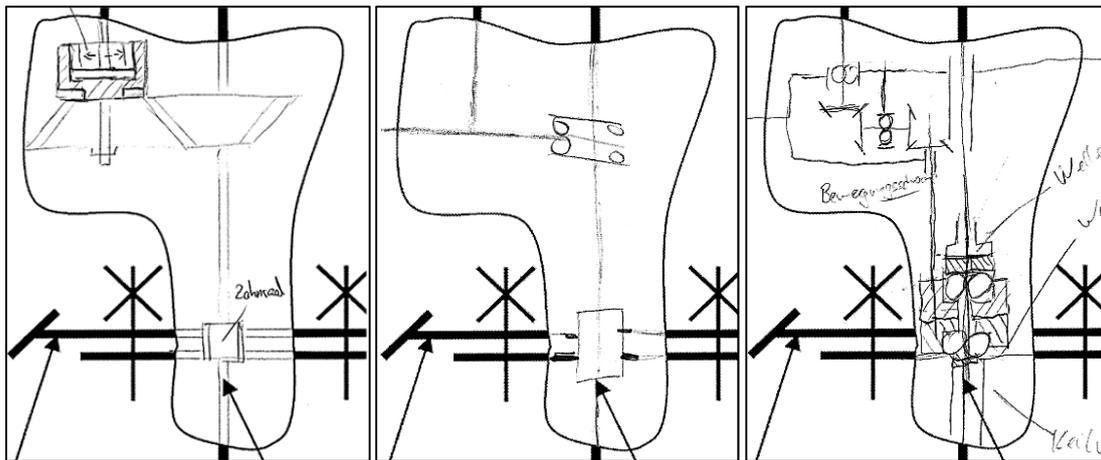


Abbildung 62: Beispiele für Zeichnungsergebnisse aus Versuchsgruppe (link: Vorher-Messung; mittel: Nachher-Messung) und aus der Vergleichsgruppe (rechts)

Die erstellten vereinfachten Darstellungen wurden mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach MAYRING<sup>430</sup> ausgewertet. Nachdem das Material (von den Probanden ausgefüllte vereinfachte Darstellungen) erhoben wurde, musste ein Kategoriensystem aufgestellt werden. Ein Kategoriensystem bietet nach MAYRING die Möglichkeit, die Vergleichbarkeit der Ergebnisse und eine Reliabilität der Analyse zu erzielen<sup>431</sup>. Das Kategoriensystem besteht aus den zwei Hauptkategorien Darstellungsform (D) und Funktionsfähigkeit (F), die jeweils aus vier weiteren Unterkategorien (D1 bis D4 bzw. F1 bis F4) bestehen (siehe Tabelle 24).

<sup>430</sup> Mayring (2010), S.48ff.

<sup>431</sup> Mayring (2010), S.50

Tabelle 24: Kategoriensystem zur qualitativen Auswertung der Studie

---

**Darstellung (D)**

**D1:** Verwendung des mentalen Metamodells der vereinfachten Darstellung von Maschinenelementen, wie Wellen, Lagen usw.

**D2:** Verwendung uneinheitlicher, von dem mentalen Metamodell der vereinfachten Darstellung abweichender Darstellungsweisen zur Darstellung der Maschinenelemente, wie Wellen, Lagen usw.

**D3:** Verwendung von Schnittdarstellungen

**D4:** Verwendung von Text zur Erklärung vorhandener Darstellungen oder zur Beschreibung fehlende Maschinenelemente

**Funktion (F)**

**F1:** Längs verschiebbare Wellen-Nabe-Verbindung zwischen Zahnrad Z2 und Welle W2 (siehe Abbildung 60 und Abbildung 61)

**F2:** Lagerung des Zahnrads Z2

**F3:** Lagerung der Handwelle

**F4:** Höhenverstellung der Wellen W2 mit Hilfe des Handrads (z. B. Gewindespindelprinzip)

---

Innerhalb der Versuchsgruppe findet ein Vergleich der Ergebnisse vor und nach dem Training statt. Die Ergebnisse der Vergleichsgruppe werden den Ergebnissen der Versuchsgruppe aus der Nachher-Messung gegenübergestellt.

### **6.3 Ergebnisse und Implikationen**

Im Folgenden werden die Ergebnisse der oben beschriebenen Studie anhand der Beschreibung des Untersuchungsgegenstandes nach dem experimentellen Eingriff dargestellt und diskutiert. Danach werden Schlussfolgerungen und Erkenntnisse aus den Ergebnissen gezogen.

#### **6.3.1 Deskription des Gegenstandes nach dem experimentellen Eingriff**

Die Deskription des Untersuchungsgegenstandes nach dem experimentellen Eingriff findet im Folgenden anhand der vordefinierten Kategorien „Darstellung“ und „Funktion“ (siehe Tabelle 24) statt. Zunächst werden die Darstellungsform und danach die Funktionsfähigkeit betrachtet.

##### **6.3.1.1 Darstellung**

Abbildung 63 stellt die Häufigkeiten der verwendeten Darstellungsformen sowohl in der Versuchsgruppe als auch in der Vergleichsgruppe dar. Diese Betrachtung soll zunächst nur auf die von den Probanden verwendeten Darstellungsformen eingehen, ohne die Richtigkeit der Lösungen in Betracht zu ziehen. Eine kombinierte Betrachtung findet erst im nächsten Unterkapitel (siehe Kapitel 6.3.1.2) statt. In Abbildung 63 sind die einzelnen Unterkategorien vereinfachte Darstellung (D1), uneinheitliche Darstellungsweisen (D2), Schnittdarstellung (D3) und erklärender Text (D4) aus dem Kategoriensystem (siehe Tabelle 24) einzeln dargestellt. Daraus wurde eine weitere Kategorie „Gesamtdarstellung“ gebildet. Diese ist ein arithmetischer

Mittelwert aus den vorhergehenden Kategorien (D1 bis D4) und soll eine Aussage über die Fülle, aber nicht ohne weiteres über die Güte der Zeichnungen geben.

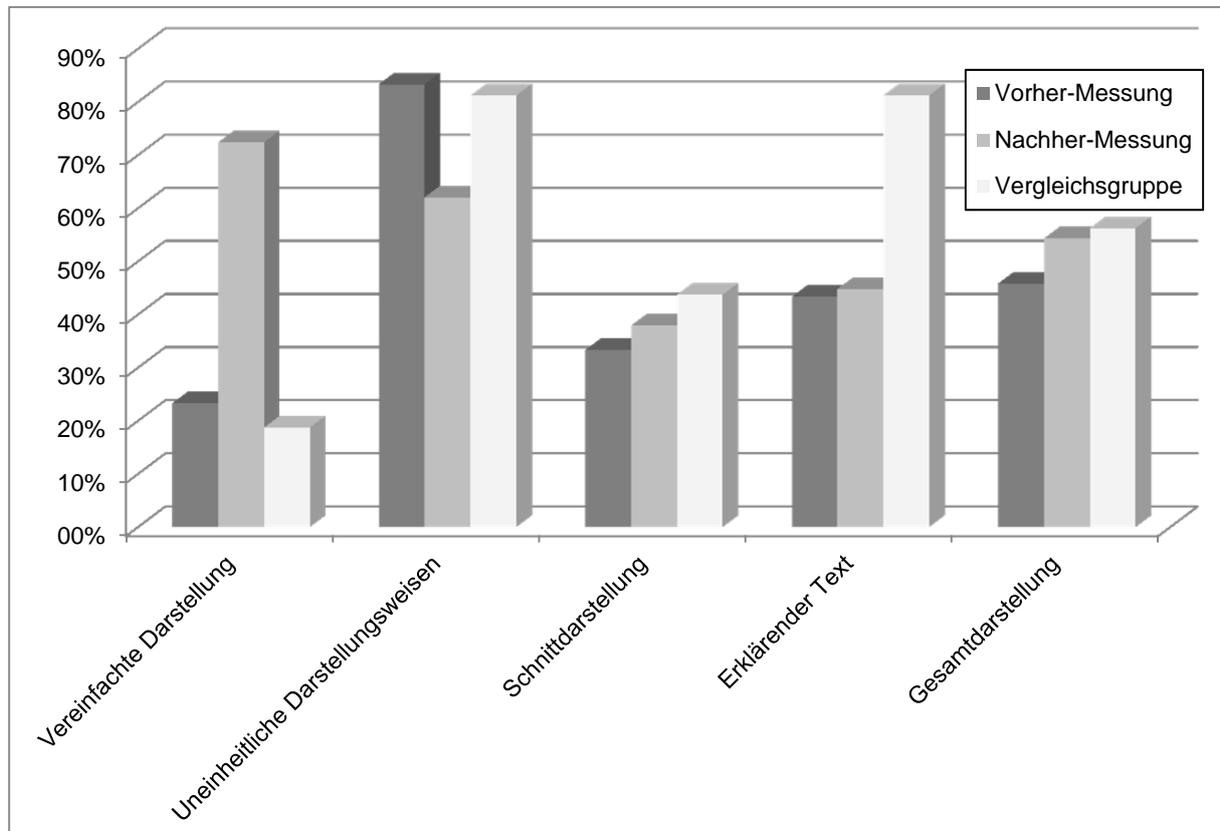


Abbildung 63: Häufigkeiten der verwendeten Darstellungsformen der Versuchsgruppe in der Vorher- und Nachher-Messung und der Vergleichsgruppe

Vorher-Nachher-Vergleich bei der Versuchsgruppe

Es ist festzustellen, dass die Probanden in der Nachher-Messung dreimal so häufig die vereinfachte Darstellung (D1) verwendet haben als in der Vorher-Messung (siehe „Vereinfachte Darstellung“ in Abbildung 63). Wenn die Studierenden mit der vereinfachten Darstellung nicht weiterkommen konnten, waren sie gezwungen, eine andere Darstellungsform (Schnittdarstellungen, erklärender Text oder uneinheitliche Darstellungsweisen) zu verwenden. Die Probanden verwendeten im Nachher-Test weniger uneinheitliche Darstellungsweisen (D2) zur Lösung der Konstruktionsaufgabe als im Vorher-Test (siehe „uneinheitliche Darstellungsweisen“ in Abbildung 63). Dies ist darauf zurückzuführen, dass sie im Nachher-Test das mentale Metamodell der vereinfachten Darstellung besser beherrschten und öfter einsetzten. Die Probanden verwendeten öfter die vereinfachte Darstellung und deshalb seltener uneinheitliche Darstellungsweisen. Hier war zu erwarten, dass die Verwendung von Schnittdarstellungen (D3) und erklärendem Text (D4) im Nachher-Test auch seltener ausfällt als im Vorher-Test. Die Auswertung bestätigt diese Vermutung jedoch nicht. Die Probanden nutzten im Nachher-Test mindestens genauso oft Schnittdarstellungen und erklärenden Text wie im Vorher-Test (siehe

„Schnittdarstellungen“ und „erklärender Text“ in Abbildung 63). Hier wird vermutet, dass die Studierenden in der dritten Projektsitzung (verglichen mit der ersten Projektsitzung) aus den begleitenden Vorlesungen und Übungen über mehr Konstruktionswissen verfügten und dies unter anderem in Form von Schnittdarstellungen und/oder erklärendem Text einsetzten. Die Ergebnisse in Kapitel 6.3.1.2 zur Kategorie „Funktion“ unterstützen diese Vermutung stark. Insgesamt haben die Probanden im Nachher-Test – zunächst nur quantitativ – mehr gezeichnet als im Vorher-Test (siehe „Gesamtdarstellung“ in Abbildung 63).

#### Vergleich Versuchs-/Vergleichsgruppe

Bei dem Vergleich beider Gruppen ist zu erkennen, dass die Studierenden aus der Vergleichsgruppe das mentale Metamodell der vereinfachten Darstellung nur so häufig verwendeten wie die Probanden aus der Versuchsgruppe vor dem Training. Diese Studierenden aus der Vergleichsgruppe müssten unter der Annahme, dass sie in der dritte Projektsitzung über ein ähnliches bzw. annähernd gleiches Konstruktionswissen wie die Probanden aus der Versuchsgruppe zur Zeit der Nachher-Messung verfügten, für die Lösung der Konstruktionsaufgabe andere Darstellungsformen verwenden als die vereinfachte Darstellung. Die Auswertung bestätigt diese Annahme. Die Vergleichsgruppe benutzte sowohl uneinheitliche Darstellungsweisen, Schnittdarstellungen als auch erklärende Texte häufiger als die Versuchsgruppe (siehe „uneinheitliche Darstellungsweisen“, „Schnittdarstellung“ und „erklärender Texte“ in Abbildung 63). Insgesamt haben die Studierenden der Vergleichsgruppe mehr gezeichnet als die Probanden aus der Versuchsgruppe (siehe „Gesamtdarstellung“ in Abbildung 63). Allerdings bedeutet dies nicht ohne weiteres, dass sie qualitativ bessere Lösungen gezeichnet haben als die Probanden aus der Versuchsgruppe.

#### 6.3.1.2 Funktion

Abbildung 64 stellt die Häufigkeiten der erfüllten Funktionen sowohl von der Versuchsgruppe als auch von der Vergleichsgruppe dar. In dieser Auswertung wird nun die Richtigkeit der Lösungen betrachtet. In Abbildung 64 sind die einzelnen Unterkategorien längs verschiebbare Welle-Nabe-Verbindung zwischen Zahnrad Z2 und Welle W2 (F1), Lagerung des Zahnrads Z2 (F2), Lagerung der Handwelle (F3) und die Höhenverstellung (F4) aus dem Kategoriensystem (siehe Tabelle 24) dargestellt. Analog zur Darstellung wurde auch hier eine weitere Kategorie „Gesamtfunktion“ gebildet. Diese ist ein arithmetischer Mittelwert aus den vorhergehenden Kategorien (F1 bis F4) und soll eine Aussage über die Güte der Zeichnungen geben. Im Allgemeinen kann angenommen werden, dass die Gesamtfunktion eines technischen Systems sich aus der Summe der einzelnen Teilfunktionen bildet. Allerdings kann die Güte der Gesamtfunktion nicht ohne

weiteres aus der Güte der einzelnen Teilfunktionen gebildet werden. Jedoch wird hier aufgrund der Einfachheit der Testaufgabe angenommen, dass der arithmetische Mittelwert aus der Güte der einzelnen Teilfunktionen für die Güte der Gesamtfunktion aussagekräftig ist.

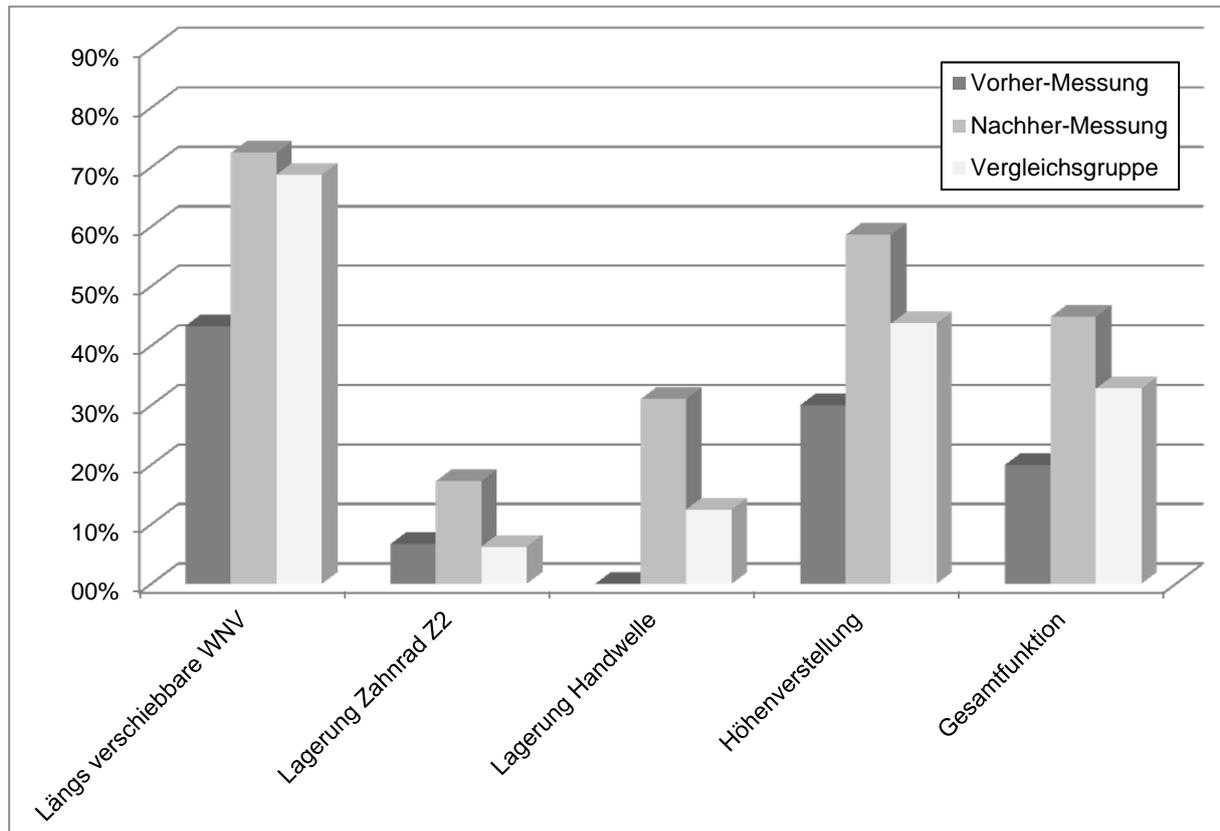


Abbildung 64: Häufigkeiten der erfüllten Funktionen der Versuchsgruppe in der Vorher- und Nachher-Messung und der Vergleichsgruppe

### Vorher-Nachher-Vergleich bei der Versuchsgruppe

Verglichen mit dem Vorher-Test haben die Probanden im Nachher-Test in allen vier Kategorien qualitativ bessere Lösungen geliefert (siehe „Längs verschiebbare WNV“, „Lagerung Zahnrad Z2“, „Lagerung Handwelle“ und „Höhenverstellung“ in Abbildung 64). Die Teilfunktionen „Übertragung des Drehmoments von Z2 auf W2 über eine längs verschiebbare Welle-Nabe-Verbindung“ (F1) und „die Höhenverstellung des Rührers“ (F4) waren explizit in der Aufgabenstellung verlangt, weshalb diese auch von ungefähr einem Drittel der Probanden im Vorher-Test realisiert wurde. Im Nachher-Test wurde diese Quote jeweils ungefähr verdoppelt. Die zwei anderen Teilfunktionen „Lagerung des Zahnrads Z2“ (F2) und „Lagerung der Handwelle“ (F3) waren nicht explizit verlangt. Die Probanden mussten selbstständig erkennen, dass die beiden Wellen gelagert werden müssen. Das Zahnrad Z2 wurde im Vorher-Test von lediglich 5 Prozent der Probanden und die Handwelle von niemandem gelagert. Im Nachher-Test wurden das Zahnrad von 17 Prozent und die Handwelle von 31 Prozent der Probanden gelagert. Hier wird angenommen, dass das Arbeiten mit dem

mentalen Metamodell der vereinfachten Darstellung den Probanden dabei hilft, nicht nur explizit vorliegende Ziele, sondern auch versteckte Ziele zu identifizieren und zu realisieren. Die Ergebnisse der Vergleichsgruppe (siehe unten *Vergleich Versuchs-/Vergleichsgruppe*) bekräftigen diese Hypothese. Insgesamt haben die Probanden im Nachher-Test doppelt so viel qualitativ gute Lösungen geliefert wie im Vorher-Test (siehe „Gesamtfunktion“ in Abbildung 64).

#### Vergleich Versuchs-/Vergleichsgruppe

Beim Vergleich der Versuchsgruppe mit der Vergleichsgruppe ist zu erkennen, dass die Studierenden aus der Vergleichsgruppe ungefähr genauso häufig die längs verschiebbare Welle-Nabe-Verbindung zwischen dem Zahnrad Z2 und der Welle W2 (F1) realisiert haben wie die Probanden aus der Versuchsgruppe (siehe „Längs verschiebbare WNV“ in Abbildung 64). Die nächsthäufigste realisierte Teilfunktion bei der Vergleichsgruppe ist die Höhenverstellung (F4), die mit 43 Prozent deutlich unter der Versuchsgruppe (58 Prozent) liegt (siehe „Höhenverstellung“ in Abbildung 64). Bei den zwei nicht explizit verlangten Teilfunktionen Lagerung des Zahnrads Z2 (F2) und der Handwelle (F3) sind die Ergebnisse der Vergleichsgruppe auch deutlich schlechter ausgefallen als die der Versuchsgruppe. In der Vergleichsgruppe haben nur so viele Studierenden das Zahnrad Z2 gelagert wie die Probanden aus der Versuchsgruppe im Vorher-Test (siehe „Lagerung Zahnrad Z2“ in Abbildung 64). Die Handwelle wurde nur von 12 Prozent der Studierenden in der Vergleichsgruppe vs. 31 Prozent der Probanden in der Versuchsgruppe gelagert (siehe „Lagerung Handwelle“ in Abbildung 64). Insgesamt haben die Probanden aus der Versuchsgruppe qualitativ bessere Lösungen geliefert als die Studierenden aus der Vergleichsgruppe (siehe „Gesamtfunktion“ in Abbildung 64), obwohl diese quantitativ mehr gezeichnet haben als die Probanden (siehe „Gesamtdarstellung“ in Abbildung 63).

### **6.3.2 Schlussfolgerung**

Die Probanden aus der Versuchsgruppe lieferten nicht nur qualitativ bessere Lösungen als die Studierenden der Vergleichsgruppe, sondern sie haben entsprechend dem Einsteinschen Prinzip „Die beste Konstruktion ist die einfachste, die funktioniert“ auch effizienter konstruiert. Dies lässt darauf schließen, dass ein Transfer von Erfahrungswissen bzw. ein Zuwachs von Erfahrungswissen bei den Probanden stattgefunden hat. Anhand des mentalen Metamodells der vereinfachten Darstellung konnten sich die Probanden Erfahrungswissen aneignen. Externe Modelle (hier die vereinfachte Darstellung, diese können auch Handzeichnungen, physische Modelle sein) unterstützen die Kommunikation und den Aufbau von neuen bzw. die Erweiterung von vorhandenen mentalen Modellen in den Köpfen. Das mentale Metamodell der vereinfachten Darstellung hat in dieser Studie nicht nur den

Erfahrungswissenstransfer zwischen Individuen gefördert, sondern auch den Aufbau von neuem Erfahrungswissen (Bsp. Identifikation von versteckten Zielen).

#### **6.4 Zwischenfazit**

In diesem Kapitel wurde untersucht, wie Erfahrungswissen in der Produktentwicklung mit Hilfe von mentalen Modellen aufgebaut und transferiert werden kann. Hierfür wurde das mentale Metamodell der vereinfachten Darstellung herangezogen und eine Studie mit einer Versuchsgruppe von 30 Probanden durchgeführt. Zur besseren Vergleichbarkeit wurde eine Vergleichsgruppe von 16 Studierenden ausgebildet. Die Studie hat gezeigt, dass Erfahrungswissen prinzipiell transferierbar ist, allerdings sagt sie nicht aus, in welchem Umfang. Für den Transfer von Erfahrungswissen haben sich mentale Modelle als ein hilfreiches Instrument erwiesen. Die Probanden, die mit dem mentalen Metamodell der vereinfachten Darstellung trainiert wurden, lieferten bessere Lösungen als diejenigen, die nicht trainiert wurden.

## 7 Diskussion und Handlungsempfehlungen

In diesem Kapitel werden Schlussfolgerungen aus der Auswertung der Studien in den Kapiteln 4, 5 und 6 gezogen und Handlungsempfehlungen für den Umgang mit Erfahrungswissen in der Produktentwicklung gegeben.

### 7.1 Aussagefähigkeit der Ergebnisse der Studien

Das Forschungsvorhaben hatte zum Ziel, die Tätigkeit des Systemkonstruktors durch die drei Studien möglichst realitätsnah zu erfassen. Dies war jedoch aufgrund mehrerer Faktoren nur eingeschränkt möglich. Zudem wurden für die Untersuchungen Methoden der empirischen Sozialforschung angewendet, die wiederum ihre Grenzen haben.

- *Versuchsaufgabe:* Die in den Studien verwendeten Aufgabestellungen stellen nur eine spezifische Art einer großen Anzahl an Aufgaben eines Konstrukteurs im realen Umfeld dar (siehe Kapitel 5 und 6). Andere Aufgabenarten verlangen andere Kenntnisse und Kompetenzen und würden vermutlich zu anderen Verhaltensweisen der Probanden führen. Eine weitere Einschränkung stellt die Bearbeitung der Versuchsaufgaben dar. Diese mussten im Vergleich zu realen Aufgabenstellungen nur bis zu einem relativ geringen Konkretisierungsgrad ausgearbeitet werden.
- *Versuchssituation:* Die Aufforderung, zusätzlich zu den Aufgaben der Projektsitzung eine unerwartete Aufgabe zu lösen, stört möglicherweise den Problemlösungsprozess während der Bearbeitung der Versuchsaufgabe. Ebenso kann störend auf die Versuchssituation wirken, dass die Probanden mit ungewohnten Unterlagen arbeiten mussten (siehe Kapitel 5).
- *Protokollierungs- und Auswerteverfahren:* Bei der Protokollierung mancher Kategorien (z. B. F2: Lagerung des Zahnrads Z2) konnte eine eindeutige Zuordnung ohne weitere Interpretation vorgenommen werden (siehe Kapitel 6). Die Protokollierung anderer Kategorien (z. B. D2: Verwendung uneinheitlicher Darstellungsweisen) verlangte jedoch von den Protokollanten eine Interpretationsleistung, nämlich ob die Lösung trotz Verwendung uneinheitlicher Darstellungsweisen richtig ist oder nicht. Dies bringt eine gewisse Unschärfe bei der Auswertung der erhobenen Daten mit sich.
- *Geringere Zahl der Versuchspersonen:* Die Zahl der Versuchspersonen ist für statistisch gesicherte Aussagen nicht ausreichend groß, deshalb wurden in dieser Arbeit qualitative Ansätze der Sozialforschung bevorzugt. Einzelne

Aussagen können mit einer größeren Zahl von Versuchspersonen statistisch abgesichert werden. Diese zusätzlichen Untersuchungen sind allerdings nur mit einem höheren personellen und finanziellen Aufwand realisierbar.

## **7.2 Versuch zur Charakterisierung von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung**

Erfahrungswissen ist nicht als Routine zu verstehen, sondern als Ergänzung wissenschaftlich fundierten Fachwissens in erster Linie durch dessen praktische Anwendung und Umsetzung, um auf diese Weise Probleme schneller und effektiver lösen zu können (Problemlösebefähigung). Im Folgenden wird auf Basis der in dieser Arbeit vorgestellten Ergebnisse Erfahrungswissen charakterisiert. Die folgenden Punkte sollen das Verständnis von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung ergänzend beschreiben und haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit:

- *Kontextbezogenheit*: Erfahrungswissen als handlungsbefähigendes Wissen hat einen direkten Praxisbezug, weshalb Erfahrungswissen immer kontextbezogen ist.
- *Personengebundenheit*: Erfahrungswissen besteht aus implizitem und explizitem Wissen, wobei der Schwerpunkt im impliziten Bereich liegt. Die impliziten Anteile lassen sich nur schwer verbalisieren. Die expliziten Anteile können ausgedrückt werden, sofern der Wissensträger die dazu notwendigen Verbalisierungs- oder Visualisierungsfertigkeiten (Fachbegriffe, Skizzen, Zeichnungen usw.) besitzt.
- *Situationsbezogenheit*: Erfahrungswissen entsteht in der Situation, für deren Bewältigung es benötigt wird (Erfahrungssituation). Es muss eine Involvierung durch Handlung oder zumindest Beobachtung gegeben sein. Angelesene explizite Wissensanteile allein führen nicht zu Erfahrungswissen.
- *Dynamik*: Erfahrungswissen ist kein statisches Gebilde. Neue Erkenntnisse aus neuen Erfahrungssituationen knüpfen an vorhandenes Erfahrungswissen an und verändern damit die individuelle Wissensbasis.
- *Werte und Ideale*: Erfahrungswissen entsteht immer im Wechselspiel zwischen Erwartung und Wahrnehmung. Erwartung und Wahrnehmung können emotionsbehaftet sein und können somit langfristig zu Bildung von Werten und Emotionen führen.

## **7.3 Erfahrungssituationen und Erfahrungswissen**

Die Nutzung von Erfahrungssituation kann auf zwei Ebenen stattfinden: einer persönlichen und einer organisationalen Ebene. Erfahrungssituationen können geplant oder ungeplant verlaufen.

### 7.3.1 Persönliche Ebene der Nutzung von Erfahrungssituationen

Auf persönlicher Ebene geht es darum, das Lernen aus einer Erfahrungssituation bzw. die Bildung des eigenen Erfahrungswissens zu verbessern. Dabei sind folgende Punkte zu beachten:

- *Selbstreflexion und Bewusstsein über die langfristigen Wirkungen:* Das eigene Handeln und die damit erzeugten Erfahrungssituationen bilden eine wichtige Grundlage für den Wissensbildungsprozess. Weiterhin trägt es langfristig zur Bildung von Normen und Werten bei und prägt das eigene Weltbild. Ist sich der Handelnde dessen bewusst, kann er seine Entscheidung für eine Handlungsoption in einer Erfahrungssituation reflektieren.
- *Perspektivenwechsel:* Über einen Perspektivenwechsel kann ein Unterschied zwischen Wahrnehmung und Erwartung entstehen. Dieser aktiviert den Reflexionsprozess und fördert das Lernen aus einer Erfahrungssituation. In diesem Sinne sind Perspektivenwechsel bei jeder Gelegenheit zu suchen, um den Lernprozess effektiver zu gestalten.
- *Bewusstsein über die Subjektivität der Wahrnehmung:* Eine bestimmende Größe für die Wahrnehmung in einer Erfahrungssituation sind vergangene Erfahrungssituationen und das daraus gebildete Erfahrungswissen. Diese Rückkopplung kann dafür sorgen, dass entscheidungsrelevante Elemente aus der aktuellen Erfahrungssituation nicht aufgenommen werden, weil die Aufmerksamkeit nicht darauf gerichtet ist. Dieses Dilemma kann durch Selbstreflexion, Perspektivenwechsel und im Dialog mit anderen Beteiligten an der aktuellen Erfahrungssituation entgegen gewirkt werden.
- *Haltung gegenüber anderen Menschen:* Jeder Mensch verfügt über ein anderes Erfahrungswissen, das die Grundlage seiner Handlungen bildet. Der Beitrag eines anderen Menschen aus einer vergleichbaren Expertisestufe zu einem Wissensgebiet ist daher grundsätzlich nicht von höherem oder niedrigerem Wahrheitsgehalt als die eigenen. Sowohl der Betrachtungswinkel als auch die Betrachtungstiefe können sich ändern. Die Beiträge und Äußerungen reflektieren wahrscheinlich eine andere Wahrnehmung. Für ein effizienteres Lernen aus der Erfahrungssituation ist es daher ratsam, den Dialog zu suchen und über den im Dialog gewonnenen Perspektivenwechsel das Wissen wechselseitig zu erweitern.

### 7.3.2 Organisationale Ebene der Nutzung von Erfahrungssituationen

Auf organisationaler Ebene kann eine Nutzung von Erfahrungssituationen über die zielgerichtete Bildung und Nutzung von Erfahrungswissen erfolgen:

- *Bildung von Erfahrungswissen:* Für die Nutzung von Erfahrungen auf organisationaler Ebene kommt zunächst dem Prozess der Bildung von Erfahrungswissen eine besondere Bedeutung zu. Wird explizites Erfahrungswissen durch einen Austausch an einen Empfänger weitervermittelt, stellt sich die Frage, durch welche erfahrungsgeleiteten Lernsituationen dieses Wissen auf der impliziten Ebene des Empfängers positiv verstärkt werden kann, so dass die implizite Anteile erfolgreich in neues Erfahrungswissen gewandelt werden können. Instrumente des Wissensmanagements (wie z. B. Job Rotation, siehe Tabelle 9) können den Lernprozess positiv beeinflussen, damit das benötigte Erfahrungswissen entsteht. Bei einer Betrachtung der Wirksamkeit von Wissensmanagementinstrumenten zur problemlösungsorientierten Nutzung von Erfahrungswissen spielt der zeitliche Aspekt eine entscheidende Rolle. Bei vertrauensbildenden Maßnahmen setzt z. B. die Wirkung eher langfristig ein. Idealerweise findet ein On-The-Job-Transfer von Erfahrungswissen durch gezielte und ausgewogene Zusammensetzung von Problemlösungsteams aus erfahrenen sowie weniger oder nicht erfahrenen Produktentwicklern statt.
- *Nutzung von Erfahrungswissen:* Eine Nutzung des Erfahrungswissens liegt immer dann vor, wenn das für eine Problemlösung benötigte Erfahrungswissen zur Anwendung kommt. Eine direkte Nutzung von Erfahrungswissen findet dann statt, wenn der Wissensträger Teil des Problemlösungsteams ist. Eine indirekte Nutzung von Erfahrungswissen setzt einen Austausch von Erfahrungswissen mit einem intermediären, menschlichen oder materiellen Wissensträger voraus, durch den das benötigte Erfahrungswissen in den Problemlösungsprozess eingebracht wird. Aufgrund seiner impliziten Anteile ist ein vollständiger Transfer von Erfahrungswissen nicht möglich, so dass die Vernetzung der übertragenen Informationen beim Empfänger wesentlich dimensionsärmer als beim ursprünglichen Wissensträger ist. Für einen gelenkten Erfahrungsaustausch in der Organisation werden Instrumente und Maßnahmen benötigt, die Mitarbeiter vernetzen und Kommunikationsbarrieren senken. Damit die Informationen des Wissensträgers vom Empfänger besser aufgenommen werden können, muss an vorhandenen mentale Modelle und Wissen des Wissensempfängers angeknüpft werden. Der Wissensträger muss die dafür geeigneten Bilder, Metaphern, Geschichten oder Analogien finden.

Einheitliche Modelle (z. B. C&C<sup>2</sup>-A<sup>432</sup>, siehe Kapitel 2.1.6.5, iPeM<sup>433</sup>, siehe Kapitel 2.1.7 oder XiL<sup>434</sup>) führen zu einer einheitlichen Sprache in einer Organisation und somit zu einem besseren Austausch und Abgleich der mentalen Modellen.

#### **7.4 Herausforderungen beim Transfer von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung**

Für den Transfer von Erfahrungswissen können sich folgende Herausforderungen ergeben, die bewältigt werden müssen:

- *Erfassung*: Die Erfassung von neuem Erfahrungswissen kann begleitend zu einem laufenden Produktentstehungsprozess oder retrospektiv erfolgen. In beiden Fällen muss dies als Aktivität definiert werden. Während des Produktentstehungsprozesses bietet der Problemlösungsprozess SPALTEN mit seiner Aktivität „Nachbereiten und Lernen“ einen deutlichen Vorteil gegenüber anderen Problemlösungsprozessen. Nach Abschluss eines Produktentstehungsprozesses bietet es sich zudem an, alle durchlaufenen „Nachbereiten und Lernen“-Aktivitäten zurückblickend gebündelt zu reflektieren. Der zeitliche Aufwand für die Erfassung des Gelernten muss in der Projektierung entsprechend geplant werden.
- *Explikation*: Der Erfolg des Transfers von Erfahrungswissen hängt ganz maßgeblich von den individuellen Explikationsfähigkeiten des Wissensträgers ab. Dazu gehören beispielsweise seine Reflexionsfähigkeit, seine Verbalisierungs- sowie seine Visualisierungsfähigkeiten. Fachliches Wissen und Erfahrungswissen, das ein Wissensträger auf seinem Gebiet für seine tägliche Arbeit benötigt, ist nicht gleichbedeutend mit den didaktischen oder pädagogischen Fähigkeiten, welche für eine erfolgreiche Wissensvermittlung voraussetzt werden. Etwas zu wissen, bedeutet nicht selbstverständlich, dieses Wissen auch vermitteln und artikulieren zu können.
- *Relevanz*: In einer Transfersituation auf persönlicher Ebene ist es für den Wissensträger immer schwierig, einzuschätzen, welche Inhalte für die Person gegenüber in diesem Moment relevant sind. Dies gilt genauso auf organisationaler Ebene. Zum Zeitpunkt der Erfassung und der Speicherung kann zumeist nicht abgeschätzt werden, welches Wissen in der Zukunft benötigt wird und welches nicht. Oft wird hier eine Vollerfassung angestrebt,

---

<sup>432</sup> Albers and Sadowski (2013)

<sup>433</sup> Albers and Braun (2011b)

<sup>434</sup> Albers, Merkel, et al. (2009); Albers et al. (2013)

die jedoch zu einer Informationsflut führt und ein situatives Wiederfinden erschwert. Im Sinne eines effizienten Transfers von Erfahrungswissen sowohl auf persönlicher als auch auf organisationaler Ebene, gilt: Es kommt nicht auf die Menge, sondern auf den Prozess und die damit verbundene Qualität der Information an.

- *Indexierung:* Gespeichertes Wissen muss wiedergefunden werden. Erfahrungswissen im Kopf wiederaufzufinden, geht oftmals wesentlich schneller vonstatten als in einer Maschine (z. B. einem Computer), insbesondere da es mit Werten und Gefühlen verbunden ist. Das menschliche Gehirn ist hier trotz aller technischen Fortschritte in den letzten Jahren immer noch überlegen<sup>435</sup>. Deshalb ist es meistens effizienter, einen erfahrenden Kollegen zu fragen, als selbst in einem Wissensmanagementsystem zu suchen.
- *Informationsverlust:* Wissen kann als Vernetzung von Informationen verstanden werden. Diese Vernetzung ist vieldimensional. Bei der Explikation findet eine Modellbildung (also eine gezielte Vernachlässigung bestimmter Dimensionen) des ursprünglichen Wissens statt. Für den Transfer von Erfahrungswissen bedeutet das, dass ein vollständiger Transfer nie erreicht werden kann, unabhängig davon ob auf mittelbarem (z. B. externer Informationsspeicher) oder auf unmittelbarem (d. h. von Wissensträger zu Wissensempfänger) Wege.
- *Motivation:* Die Motivation beinhaltet sowohl die Motivation des Wissensträgers, sein Erfahrungswissen weiterzugeben als auch die Motivation des Wissensempfängers dieses Wissen aufzunehmen. Maßnahmen zur Erschließung von Erfahrungswissen sollten deshalb so gestaltet werden, dass die Leistungen des Wissensträgers weiterhin wertgeschätzt werden, die Motivation des Wissensempfängers im Idealfall intrinsischer Art ist und die Interessen beider nicht verletzt werden. Bei der Anwendung von Instrumenten des Wissensmanagements muss sozialen Aspekten eine hohe Bedeutung zugemessen werden. „*Fachexpertentum und Informationsaustausch muss auch durch hierarchische Maßnahmen und entsprechende Anerkennungsmodelle im Unternehmen strukturiert abgesichert werden*“<sup>436</sup>.

---

<sup>435</sup> Wallace, Ahmed, and Bracewell (2005), S.330

<sup>436</sup> Zitat ALBERT ALBERS

## 7.5 Zwischenfazit

Erfahrungswissen kommt eine große Bedeutung in der Produktentwicklung zu. Erfahrungswissen kann wie andere Wissensarten nicht in betriebswirtschaftlichen Kenngrößen abgebildet werden, da Erfahrungswissen schwer greifbar und aufgrund des subjektiven, personengebundenen Charakters kaum messbar ist. Dennoch ist es für die langfristige Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens von großer Bedeutung.

Theoretisches Fach- oder Faktenwissen befähigt nicht ohne weiteres zum Handeln. Aber genau dieses Handlungswissen wird für die Problemlösung benötigt. Dabei ist Erfahrungswissen nicht als grundlegend anderes Wissen als Faktenwissen zu verstehen. Die Informationen des theoretischen, expliziten Faktenwissens werden zusätzlich mit anderen Elementen realer Situationen weiter vernetzt.

Ein vollständiger Erfahrungstransfer ist nicht möglich. Deshalb muss das explizit gemachte Erfahrungswissen eines Wissensträgers über eine erfahrungsgeleitete Lernsituation vertieft werden. Somit entsteht im Wissensempfänger wiederum Erfahrungswissen, das niemals eins zu eins dem Erfahrungswissen des ursprünglichen Wissensträgers gleicht. Erfahrungsgeleitete Lernsituationen sind deshalb für die Kompetenzbildung nicht weniger wichtig als fachliche Weiterbildungsmaßnahmen, die meist immer noch durch eine fachliche Wissensvermittlung geprägt sind. Insbesondere dem kollektiven Erfahrungswissen kommt in der arbeitsteiligen Produktentwicklung eine wichtige Rolle zu. Es äußert sich beispielsweise in Situationen, in denen Kollegen angesprochen werden, um gemeinsam mit ihnen produktiv und lösungsorientiert zusammenarbeiten zu können.

Das größte Hindernis für die Weitergabe von Erfahrungswissen ist Zeitmangel (siehe Kapitel 4.3.7). Der Transfer von Erfahrungswissen muss eine größere Priorität und eine langfristige Orientierung seitens des Managements haben. Für eine Nutzung des vorhandenen Erfahrungswissens ist das Verständnis des Entstehungsprozesses wesentlich. Wenn der Entstehungsprozess und die Wirkungen von Erfahrungswissen verstanden wurden, ist ein zielgerichteter Eingriff in die Bildung von Erfahrungswissen möglich.

## 8 Bedeutung der Arbeit

### 8.1 Bedeutung für die Lehre

Jede Lehre hat zum Ziel, Lernenden Wissen und Fähigkeiten zu vermitteln. Die Hochschullehre erlebte in letzter Zeit eine Wandlung von einer Belehrungsdidaktik zu einer Ermöglichungsdidaktik<sup>437</sup>. Letztere kann auch als kompetenzorientierte Lehre bezeichnet werden und zielt darauf ab, die Handlungskompetenz der zukünftigen Ingenieure unter den Bedingungen der Berufspraxis zu erhöhen, denn Handlungskompetenz kann nicht durch bloßes Zuhören in Hörsälen erlangt werden. Kompetent sein bedeutet, in neuen und komplexen Situationen problemlösend handeln zu können. Hierfür ist Erfahrungswissen notwendig.

Anhand des in dieser Arbeit erarbeiteten Verständnisses von Erfahrungswissen kann Studierenden vermittelt werden, warum Lernen ein höchstgradig individueller Prozess ist, in dem eine selbstständige oder begleitete Aneignung von Erfahrungswissen ermöglicht werden muss und warum hierfür Case-Based-Learning-Ansätze zu verwenden sind. Es kann erklärt werden, wie neues Wissen an bestehendes Wissen anknüpft, darin integriert wird und weshalb die Aufnahme, die Speicherung und die Verarbeitung von neuem Wissen stark von dem Vorwissen, den Erwartungen und der Motivation des Lernenden abhängen.

Anhand des Stufenmodells für die Expertise kann die Expertisestufe jedes einzelnen Studierenden bestimmt werden. Dies ermöglicht Lehrenden, den Studierenden zu kommunizieren, auf welcher Expertisestufe sie sich zu Beginn einer Lehrveranstaltung befinden und welche Expertisestufe nach der Lehrveranstaltung erreicht werden soll. So können Lehr- und Lernziele gemeinsam mit Studierenden erarbeitet werden. Das Stufenmodell für die Expertise kann somit bei der didaktischen Planung einer Lehrveranstaltung zur Erreichung von gemeinsam definierten Lehr- und Lernziele helfen. So können, beispielsweise bei Kleingruppenarbeiten, die Gruppen basierend auf den zuvor bestimmten Expertisestufen gezielt gebildet werden, so dass Studierende niedrigerer Expertisestufen von Studierenden höherer Expertisestufen lernen können.

Die Arbeit zeigt, warum Studierende bereits frühzeitig in ihrer Ausbildung mit physischen Modellen in Kontakt kommen sollten. Damit wird der Austausch von mentalen Modellen zwischen Lehrenden und Lernenden gefördert. Diese sind für

---

<sup>437</sup> Arnold (2003)

den Transfer von – für den ersten Einstieg in die Industrie – notwendigem Erfahrungswissen wichtig. Techniken für den systematischen Austausch von stillschweigendem Wissen, insbesondere Erfahrungswissen, sollten Bestandteil der Ingenieursmethoden und der Ausbildung von Ingenieuren werden.

## **8.2 Bedeutung für die Forschung**

„Jeder Produktentstehungsprozess ist einzigartig und individuell“<sup>438</sup>. Eine Möglichkeit für den besseren Umgang mit dieser Komplexität von Produktentstehungsprozessen ist das gezielte Einsetzen von Erfahrungswissen bzw. von Experten. Diese Arbeit hebt die Bedeutung des Produktentwicklers als Mensch in der Produktentwicklung hervor und plädiert für eine menschenzentrierte Betrachtung von ihr. Heutige Forschungsaktivitäten in der Konstruktions- und Entwicklungswissenschaft versuchen eher Methoden, Werkzeuge und Modelle (weiter) zu entwickeln, die den Produktentwickler lediglich als Endanwender berücksichtigen. Dieser muss bei der Modellierung noch mehr berücksichtigt werden.

Aus Sicht des Wissensmanagements wird implizites Wissen bei der Externalisierung von seinem spezifischen Kontext gelöst und in eine verbale oder visuelle Form abstrahiert, die von der Begriffs- über die Modell- bis zur Theoriebildung reicht. Dadurch entsteht neues explizites Wissen. Das Verständnis von Erfahrungswissen in dieser Arbeit zeigt, dass eine Anhäufung und Speicherung von Informationen nicht ausreicht, um Erfahrungswissen und insbesondere seine impliziten Anteile in Informationsmanagementprozessen organisatorisch zu verankern. Erfahrungswissen ist stets kontextbezogen und kann deshalb nur teilweise expliziert werden. Ein Teil davon bleibt immer absolut implizit und muss sich individuell in der Anwendung angeeignet werden.

Mit dem Stufenmodell für die Expertise in der Produktentwicklung kann erklärt werden, warum das „Heranreifen“ eines Produktentwicklers zu einem Experten Zeit braucht und dass die Leistungsüberlegenheit eines Experten immer themenbereichsspezifisch ist. Zudem stellt das Modell eine Hilfestellung bei der Definition benötigter Kompetenzen dar, z. B. bei der Bildung eines Problemlösungsteams. Diese Arbeit bedient sich der Kompetenz- und Expertiseforschung der Psychologie und wendet diese in der Konstruktions- und Entwicklungswissenschaft an. Oft sind solche Arbeiten notwendig, um diese allgemeintheoretischen Ansätze und Theorien an die Gegebenheiten der Produktentwicklung anzupassen bzw. diese zu schärfen.

---

<sup>438</sup> Albers (2010)

Das in dieser Arbeit entwickelte Stufenmodell für die Expertise wurde für Studierende der Produktentwicklung entwickelt und beinhaltet unterschiedliche Kompetenzstufen, die für eine andere Zielgruppe z. B. Konstruktionsleiter oder Detailkonstruktoren erweitert oder angepasst werden müssen. *„Analog zu den technischen Systemen gibt es auch unterschiedlichen Systemebenen für Kompetenzträger, in denen wieder individuell das Stufenmodell für die Expertise in der Produktentwicklung angewendet werden kann“*<sup>439</sup>.

Diese Arbeit adressiert unter anderem die Lehreforschung in der Konstruktions- und Entwicklungswissenschaft. Hochschulabsolventen müssen heutzutage handlungskompetenter sein als früher. Neue Lehr- und Lernmethoden wie z. B. problemorientiertes Lernen oder Projektarbeit in interdisziplinären Teams werden benötigt, um Erfahrungswissen bereits im Laufe des Studiums aufzubauen.

### **8.3 Bedeutung für die Praxis**

Diese Arbeit liefert ein umfassendes Verständnis für den Begriff der Erfahrung in der Produktentwicklung. Erfahrung kann einerseits als Zustand und andererseits als Prozess gesehen werden. Erfahrung als Zustand („Erfahrung haben“) wird als Erfahrungswissen bezeichnet. Erfahrung als Prozess („Erfahrung machen“) bezeichnet einen Lernprozess. Beide gemeinsam führen zu einer Erweiterung der individuellen Wissensbasis.

Das Verständnis von Erfahrungswissen in dieser Arbeit berücksichtigt implizites Wissen als natürlichen, nicht vollständig explizierbaren Bestandteil von Erfahrungswissen. Erfahrungswissen ist Teil des menschlichen Wissens und ist zudem kontextbezogen und situationsspezifisch. Es unterscheidet sich von anderen Wissensformen durch seine Entstehung, also durch das Erleben einer Situation und ist damit stark personengebunden. Mit dieser Arbeit wird erneut ersichtlich, warum Wissen und insbesondere Erfahrungswissen mit einem Wissensmanagementsystem nicht vollständig gemanagt werden kann. Ein Teil dieses Wissens bleibt individueller Bestandteil eines jeden Menschen und kann sich nur als solcher stetig weiterentwickeln werden.

Eine weitere Bedeutung dieser Arbeit für die Praxis liegt in der Entwicklung eines Stufenmodells für die Expertise in der Produktentwicklung. Dieses bietet eine Hilfestellung bei der Identifikation von vorhandenen Experten und ihrer jeweiligen Expertisetiefe. So können in einer Organisation beispielsweise Experten-Landkarten oder Expertise-Portfolios erstellt werden. Das Modell ermöglicht eine gezielte, auf die

---

<sup>439</sup> Zitat ALBERT ALBERS

Problemstellung angepasste Zusammenstellung von Problemlöseteams. Zukünftige Kompetenzen können mit dem Modell langfristig geplant und gezielt aufgebaut werden. Weiterhin kann das Modell bei Zielvereinbarungen zwischen Vorgesetzten und Mitarbeiter eingesetzt werden.

Mit dieser Arbeit kann erklärt werden, warum das „Experte werden“ Zeit braucht und weshalb wenig erfahrenen Mitarbeitern die Chance gegeben werden muss, sowohl direkt aus eigenen Erfahrungen als auch aus Fremderfahrungen zu lernen. Lernen ist ein Prozess, der vor allem Zeit braucht. Der Transfer von Erfahrungswissen ist somit planbar und sollte daher systematisch unterstützt werden. Weiterhin ist nicht nur eine Planung auf der Ebene von Individuen möglich, sondern auch auf organisationaler Ebene. So kann neben dem horizontalen Transfer von Erfahrungswissen zwischen Individuen auch der vertikale Transfer von mehreren individuellen Wissensinseln zu einer effizienten und kollektiven Wissensbasis gefördert werden.

## 9 Zusammenfassung und Ausblick

### 9.1 Zusammenfassung

Heutige Problemstellungen in der Produktentwicklung sind so komplex, dass sie nur noch durch die Zusammenarbeit von Experten mit unterschiedlichem Wissenshintergrund gelöst werden können. Aufgrund verkürzter Produktlebenszyklen, eines globalisierten Wettbewerbs und begrenzt verfügbaren Ressourcen müssen technische Lösungen zeit- und kosteneffizient entwickelt werden. Das sind nur einige Beispiele einer Reihe von Problemen, die zu einer steigenden Komplexität sowohl der technischen Lösungen selbst als auch der dazugehörigen Prozesse führen und die das gezielte Einsetzen von Experten im Produktentstehungsprozess unabdingbar machen. Charakteristisch für einen Experten ist sein Erfahrungswissen. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den folgenden Forschungsfragen nachzugehen:

- Was ist Erfahrungswissen in der Produktentwicklung und welche Bedeutung hat es für die Arbeit des Produktentwicklers heute?
- Wie kann der Expertisegrad von Systemkonstruktoren gemessen werden? Und wie kann dies methodisch unterstützt werden?
- Wird Erfahrungswissen in der Produktentwicklung generiert, genutzt und transferiert?

Dazu wurde in **Kapitel 2** der aktuelle Forschungsstand zu Verständnis und Bedeutung von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung aufgezeigt. Erfahrungswissen wird in dieser Arbeit nicht als Routine verstanden, die möglicherweise auch Hemmnis für die Bewältigung neuer komplexer Situationen sein kann, sondern als Ergänzung wissenschaftlich fundierten Fachwissens, in erster Linie durch praktische Anwendung und Umsetzung dieses Fachwissens. Als grundlegende Ansätze für diese Arbeit wurden ebenfalls die Themen Lernen und Wissenserwerb und mentale Modelle aufgeführt und diskutiert. Darauf basierend wurde in **Kapitel 3** die vorliegende Arbeit in dem aktuellen Stand der Forschung eingeordnet. Dabei wurden folgende Forschungsziele abgeleitet:

- Ein vertieftes Verständnis des Begriffes „Erfahrungswissen“ in der Produktentwicklung sowie die Bedeutung dieses Wissen für die Produktentwicklung heute zu erarbeiten,

- Ein Stufenmodell für die Beschreibung der Expertise in der Produktentwicklung sowie Handlungsempfehlungen für den Einsatz dieses Modells in der Produktentwicklung zu entwickeln,
- Und eine mentalmodellbasierte Beschreibung des Transferprozesses von Erfahrungswissen sowie Handlungsempfehlungen zur Gestaltung dieses Prozesses zu erarbeiten.

**Kapitel 4** beschäftigte sich mit der ersten Forschungsfrage und beinhaltete die Durchführung und Auswertung einer Online-Umfrage mit Produktentwicklern und Konstrukteuren aus der Industrie zum Verständnis und zur Bedeutung von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung. Dabei wurde herausgefunden, dass der aus der Literaturrecherche identifizierte hohe Bedarf an Erfahrungswissen von den praktizierenden Produktentwicklern in der Industrie bestätigt wird. **Kapitel 5** setzte sich mit der zweiten Forschungsfrage auseinander und beinhaltete die Durchführung und Auswertung von problemzentrierten Interviews mit Studierenden des Maschinenbaus zum Thema der Beurteilung von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung. Dabei wurde ausgehend vom Dreyfus Modell<sup>440</sup> ein Stufenmodell für die Expertise in der Produktentwicklung entwickelt (siehe Abbildung 65) und an Studierenden evaluiert.

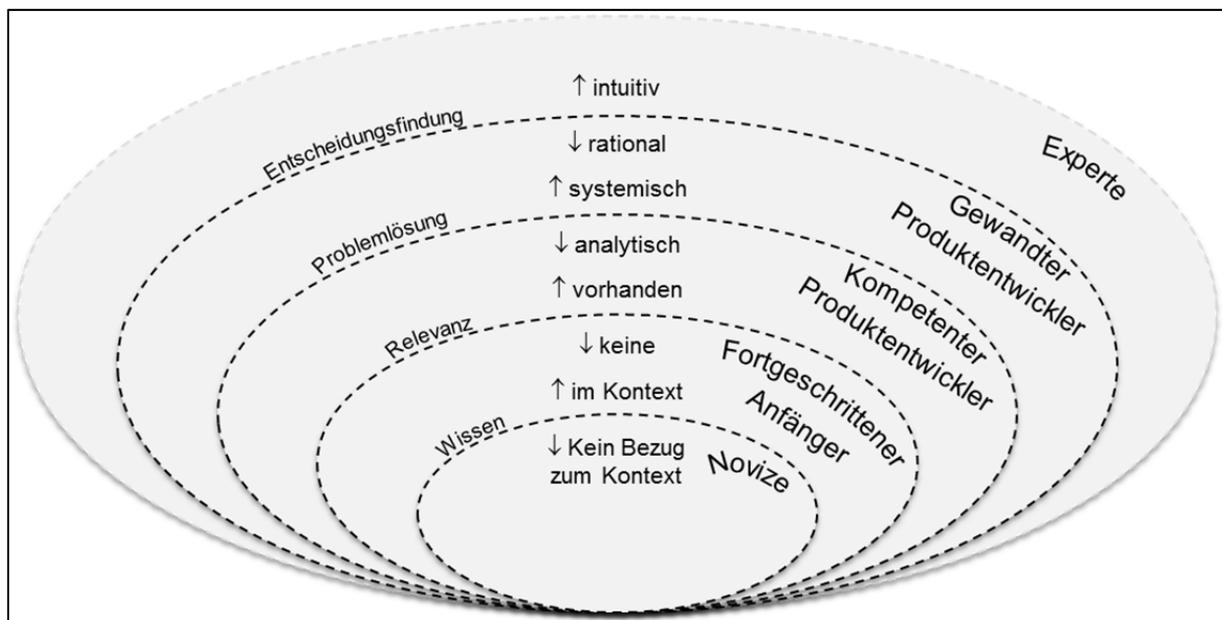


Abbildung 65: Stufenmodell für die Expertise in der Produktentwicklung

**Kapitel 6** beschäftigte sich mit der dritten Forschungsfrage und beinhaltet die Durchführung und Auswertung eines qualitativen Experiments mit einer „trainierten“

<sup>440</sup> Dreyfus and Dreyfus (1980)

und einer „nicht-trainierten“ Gruppe von Studierenden. Dabei wurde herausgefunden, dass das gezielte Einsetzen mentaler Modelle für den Transfer von Erfahrungswissen sehr hilfreich ist. In **Kapitel 7** wurden die Ergebnisse aus den drei Studien gebündelt diskutiert. Dabei wurden Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Erfahrungswissen in der Produktentwicklung vorgeschlagen. In **Kapitel 8** wurden die gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Forschung, die Praxis und die Lehre diskutiert. Dabei wurden Denkanstöße zur Anwendung der Ergebnisse in weiteren Arbeiten gegeben.

## **9.2 Ausblick**

Im Folgenden werden Möglichkeiten der theoretischen Weiterentwicklung des Forschungsansatzes aufgezeigt. Abschließend werden Anknüpfungspunkte an stärker praxisorientierte Fragestellungen vorgestellt.

### **9.2.1 Theoretische Weiterentwicklungsmöglichkeiten**

Eine wichtige Weiterentwicklung hinsichtlich einer verbesserten Nutzung und Bildung von Erfahrungswissen ist eine weitere Konkretisierung der folgenden Fragestellungen: Welche Erfahrungssituationen muss ein Systemkonstrukteur bzw. ein Validierungsingenieur erlebt haben, um seine Aufgaben kompetent bewältigen zu können? Wie oft müssen diese erlebt werden? Wie lange sollten diese dauern? Es müssen Lösungsansätze gefunden werden, die Erfahrungswissen gezielt entstehen lassen. Ziel ist dabei, das explizite Faktenwissen durch geeignete erfahrungsbasierte Lernsituationen so zu vertiefen, dass eine tiefe, handlungsbefähigende Verankerung der Wissensinhalte stattfindet. Weiterhin ist interessant zu klären, wie die reflexiven Prozesse bei der Entstehung von Erfahrungswissen besser in Organisationen verankert werden können. Dies ist eine Aufgabe, die schon in der Ausbildung beginnt: Wenn Studierende der Produktentwicklung schon während ihrer Ausbildung mit reflexiven Methoden erfolgreich gearbeitet haben, ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass sie diese Methoden trotz Zeitmangels auch in Zukunft beibehalten.

Als zentrales Ergebnis dieser Arbeit kann das Stufenmodell für die Expertise in der Produktentwicklung (siehe Abbildung 65) für die gezielte Zusammenstellung von Problemlösungsteams verwendet werden. Hierfür muss vorher geklärt werden, welche Kompetenzen für welche Produktentwicklungstätigkeiten benötigt werden, und wie ein Mix aus den vorhandenen individuellen Expertisestufen zur Erreichung der benötigten kollektiven Handlungskompetenz des Problemlösungsteams erstellt werden kann. Dazu müssen archetypische Produktentwicklungstätigkeiten (z. B. Aufgabenklärungsaktivitäten, gestalterische, schöpferische Aktivitäten, Bewertungsaktivitäten usw.) identifiziert werden.

Das in dieser Arbeit entwickelte Stufenmodell für die Expertise wurde für Studierende der Produktentwicklung entwickelt und beinhaltet unterschiedliche Kompetenzstufen, die für andere Zielgruppen (z. B. Konstruktionsleiter, Detailkonstrukteure oder Validierungsingenieure) erweitert oder angepasst werden müssen. Hierfür müssen Kompetenzträgertypen beschrieben werden. Die Stufen des Stufenmodells für die Expertise in der Produktentwicklung müssen an die Kompetenzträgertypen angepasst und validiert werden. Ein Studierender verfügt z. B. über Handlungskompetenz und kann als Studierender im Stufenmodell für Studierende durchaus als Experte eingestuft werden. Wenn er aber nach seinem Studium in die Industriewelt wechselt, wird von ihm eine erweiterte Handlungskompetenz gefordert. Er kann in dieser neuen Welt nicht mehr als Experte eingestuft werden. Eine Idee wäre hier, das Stufenmodell für die Expertise in der Produktentwicklung als fraktales kaskadiertes Modell zu sehen.

*„Analog zu den technischen Systemen gibt es auch unterschiedliche Systemebenen für Kompetenzträger, in denen wieder individuell das Stufenmodell für die Expertise in der Produktentwicklung angewendet werden kann“<sup>441</sup>.* Hierfür müssen Systemebenen für Kompetenzträger charakterisiert werden. Dazu muss noch untersucht werden, wie das Stufenmodell für die Expertise in der Produktentwicklung individuell in den verschiedenen Systemebenen angewendet werden kann.

In einer Organisation kann der Transfer von Erfahrungswissen nur bedingt erzwungen werden, vielmehr müssen die dafür notwendigen Kulturen, Prozesse und Bedingungen geschaffen werden. Hierfür muss untersucht werden, wie bzw. in wie weit diese Prozesse gefördert werden können. Dazu muss geklärt werden, welchen Einfluss welche Bedingungen auf den Transfer von Erfahrungswissen in diesem diffizilen Bereich der Produktentwicklung haben, der durch Hindernisse wie „Wissen ist Macht“ und „Mangel an Vertrauen“ geprägt ist. Um diese Fragestellungen zu klären ist eine Zusammenarbeit von Konstruktions- und Entwicklungsforschern mit Psychologen und Soziologen notwendig.

### **9.2.2 Praktische Anwendung**

Aus dem Verständnis von Erfahrungswissen heraus ist die Unterscheidung zwischen Erfahrung und Erfahrungswissen für die praktische Anwendung besonders hervorzuheben. Einer Erfahrung darf nur so viel Weisheit entnommen werden, wie in ihr steckt. Somit wird die ambivalente Wirkung von Erfahrung vermieden. Dabei können die bewusste Reflexion über bereits gemachten Erfahrungen und der Austausch mit anderen Experten besonders hilfreich sein.

---

<sup>441</sup> Zitat ALBERT ALBERS, Forschungsgespräch am 26.11.2013

In der Praxis wird meistens von Experten ohne Spezifizierung des jeweiligen Themenfelds der Expertise gesprochen. Immer wenn mehrere Personen miteinander kooperieren müssen (z. B. in einem interdisziplinären Problemlösungsteam), muss davon ausgegangen werden, dass jede Person – auch wenn sie in ihrem Themenfeld als Experte gilt, durchaus Laie in einem Themenfeld der anderen beteiligten Person sein kann. Diese Wissensunterschiede können mittels geteilter mentaler Modelle kompensiert werden. Diese können aus gemeinsamen Sprachen oder Modellen bestehen (z. B. iPeM<sup>442</sup>). Der Experte muss in diesem Fall schnell den gesamten Wissensstand der anderen Person antizipieren und bei der Kommunikation beachten.

Der Aufbau und Transfer von Erfahrungswissen kann als strategisches Ziel unter Berücksichtigung der heutigen und zukünftigen Effizienz in einer Organisation definiert werden. Jede Organisation muss für sich herausfinden, welchen Methodenmix aus aktiven Schulungen, Training-On-The-Job-Methoden usw. am sinnvollsten ist. Mit Hilfe des in dieser Arbeit entwickelten Stufenmodells für die Expertise können vorhandene Experten mit ihrer jeweiligen Expertisetiefe identifiziert werden. So können in einer Organisation beispielsweise Experten-Landkarten oder Expertise-Portfolios erstellt werden, die diese strategische Expertiseplanung ermöglichen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die in diesem Kapitel dargestellten Anknüpfungspunkte und Forschungsfragen noch einmal die Bedeutung dieser Arbeit sowohl für entwicklungsmethodische Fragestellungen als auch für praktische Anwendungen unterstreichen.

---

<sup>442</sup> Albers and Braun (2011b)

## 10 Literaturverzeichnis

- acatech. 2008. *Umgang mit Wissen im interkulturellen Vergleich : Beiträge aus Forschung und Unternehmenspraxis ; acatech-Workshop, Potsdam, 20. Mai 2008*. Edited by Norbert Gronau, *acatech diskutiert*. München {[u.a.]}: acatech, Deutsche Akademie der Technikwissenschaften.
- . 2012. *Faszination Konstruktion - Berufsbild und Tätigkeitsfeld im Wandel: Empfehlungen zur Ausbildung qualifizierter Fachkräfte in Deutschland (acatech POSITION)*. Edited by acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften.
- Ahmed, S., and B. T. Christensen. 2009. "An In Situ Study of Analogical Reasoning in Novice and Experienced Design Engineers." *Journal of Mechanical Design* no. 131 (11). doi: 10.1115/1.3184693.
- Ahmed, S., K. M. Wallace, and L. T. M. Blessing. 2003. "Understanding the differences between how novice and experienced designers approach design tasks." *Research in Engineering Design-Theory Applications and Concurrent Engineering* no. 14 (1):1-11. doi: DOI 10.1007/s00163-002-0023-z.
- Ahmed, Saeema, Lucienne Blessing, and Ken Wallace. 1999. The relationships between data, information and knowledge based on a preliminary study of engineering designers. In *ASME Design Theory and Methodology*. Las Vegas, Nevada, USA.
- Ahmed, Saeema, and Bo T. Christensen. 2008. Use of Analogies by Novice and Experienced Design Engineers. Paper read at Proceedings of the ASME 2008 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference IDETC/CIE 2008, August 3-6, 2008, at Brooklyn, New York, USA.
- Ahmed, Saeema, and Ken Wallace. 2004. "Understanding the knowledge needs of novice designers in the aerospace industry." *Design Studies* no. 25 (2):155-173. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.destud.2003.10.006>.
- Albers, A., B. Ebel, and C. Sauter. 2010. Combining Process Model and Semantic Wiki. Paper read at International Design Conference - Design 2010.
- Albers, A., Q. Lohmeyer, and H. Schmalenbach. 2010. Integration of validation activities in ontology development processes. Paper read at 8th International Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering TMCE 2010, Ancona, Italy.
- Albers, A., and C. Zingel. 2011. Interdisciplinary Systems Modeling using the Contact & Channel-Model for SysML. Paper read at Proceedings of the International Conference on Engineering Design ICED 2011.
- Albers, Albers, Marcus Saak, Norbert Burkardt, and Dirk Schweinberger. 2002. Gezielte Problemlösung bei der Produktentwicklung mit Hilfe der SPALTEN-Methode. Paper read at 47. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium, Technische Universität Illmenau, 23.-26. September 2002.
- Albers, Albers, and Eike Sadowski. 2013. "The Contact and Channel Approach (C&C<sup>2</sup>-A) – relating a system's physical structure to its functionality." In *An*

- Anthology of Theories and Models of Design: Philosophy, Approaches and Empirical Explorations*, edited by A. Chakrabarti and L. Blessing. Springer.
- Albers, Albert. 2010. Five Hypotheses about Engineering Processes and their Consequences. In *the Eighth International Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering - TMCE 2010*, , edited by Imre Horváth, Ferruccio Mandorli and Zoltán Rusák. Ancona, Italy.
- . 2012. *Begleithandbuch zur Vorlesung Maschinenkonstruktionslehre - Visualisierung und technisches Zeichnen*
- Albers, Albert , Peter Börsting, and Tarak Turki. 2011a. "Micro Gas Turbine Development: Design Improvements using Design Patterns." *Micro and Nanosystems* no. 3 (3):250-253. doi: 10.2174/1876402911103030250
- Albers, Albert, Herbert Birkhofer, and Sven Matthiesen. 1999. Neue Ansätze in der Maschinenkonstruktionslehre. Paper read at Beitz Kolloquium 09.07.99;Universität Berlin, 1999.
- Albers, Albert, Peter Börsting, and Tarak Turki. 2010. Application of Design Patterns for the Development of Primary Shaped Microsystems: a Case Study. Paper read at Multi-Material Micro Manufacture 4M 2010.
- . 2011b. "Elicitation of a reference process model for tool-based micro technologies for planning and controlling purposes and user support." *Microsystem Technologies* no. 17 (2):319-324. doi: 10.1007/s00542-011-1254-6.
- Albers, Albert, and Andreas Braun. 2011a. "Der Prozess der Produktentstehung." In *Handbuch Leichtbau : Methoden, Werkstoffe, Fertigung*, edited by Frank Henning and Elvira Moeller, 1-30. München: Hanser Verlag.
- . 2011b. "A generalised framework to compass and to support complex product engineering processes." *International Journal of Product Development* no. 15 (1/2/3):6-25.
- Albers, Albert, and Norbert Burkardt. 1998. Experience with the new education model Integrated Product Development at the University of Karlsruhe. Paper read at 4th International Symposium on Product Development in Engineering Education, 10-11 December 1998, at Lohmar, Germany.
- Albers, Albert, Norbert Burkardt, and Claudia Becke. 2012. "KaLeP: Karlsruher Lehrmodell für Produktentwicklung. Ein Ansatz zur Kompetenzerfassung in der Ingenieurausbildung." In *Kompetenzen in der Kompetenzerfassung: Ansätze und Auswirkungen der Vermessung von Bildung*, edited by Michaela Pfadenhauer and Alexa-M. Kunz, 192. Weinheim ; Basel: Beltz Juventa.
- Albers, Albert, Norbert Burkardt, Tobias Deigendesch, and Gerhard Robens. 2009. Das Karlsruher Lehrmodell für Produktentwicklung (KaLeP) als Beispiel zur ganzheitlichen Integration von Projektarbeit in die universitäre Lehre. Paper read at 1. Darmstädter Ingenieurskongress.
- Albers, Albert, Norbert Burkardt, and Sven Matthiesen. 2001. New education concepts for the training of creative engineers – The Karlsruhe education model for industrial product development – KaLeP. Paper read at The 23rd SEED Annual Design Conference and 8th National Conference on Product Design Education, 12 July 2001, at Derby, United Kingdom.

- Albers, Albert, Norbert Burkardt, Mirko Meboldt, and Marcus Saak. 2005. SPALTEN Problem Solving Methodology in the Product Development. Paper read at 15th International Conference on Engineering Design.
- Albers, Albert, Tobias Deigendesch, and Tarak Turki. 2009a. Design Patterns in Microtechnology. Paper read at 17th International Conference on Engineering Design -- ICED'09.
- . 2009b. Patterns for Design in Microtechnology. Paper read at International Workshop on High-Aspect-Ratio Micro-Structure Technology HARMST 2009.
- Albers, Albert, Tobias Deigendesch, Tarak Turki, and Tobias Müller. 2010. "Patterns for design in microtechnology." *Microsystem Technologies* no. 16 (8):1537-1545. doi: 10.1007/s00542-010-1042-8.
- Albers, Albert, Berend Denkena, and Sven Matthiesen. 2012. *Faszination Konstruktion : Berufsbild und Tätigkeitsfeld im Wandel, acatech STUDIE*. Berlin [u.a.]: Springer Berlin.
- Albers, Albert, Björn Ebel, and Quentin Lohmeyer. 2012. Systems of objectives in complex product development. Paper read at 9th International Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering TMCE 2012, Karlsruhe, Germany.
- Albers, Albert, Martin Geier, and Philipp Merkel. 2011. Validation activities in the X-in-the-loop framework. In *VPV Vehicle Property Validation* Bad Nauheim Vincentz.
- Albers, Albert, and Quentin Lohmeyer. 2012. Advanced systems engineering – towards a model-based and human-centered methodology. Paper read at 9th International Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering TMCE 2012, Karlsruhe, Germany.
- Albers, Albert, Philipp Merkel, Martin Geier, and Sascha Ott. 2009. Validation of powertrain systems on the example of real and virtual investigations of a dual mass flywheel in the X-in-the-Loop (XiL) environment. Paper read at 8. Internationales CTI Symposium Innovative Fahrzeug-Getriebe, at Berlin.
- Albers, Albert, Aline Radimersky, and Tarak Turki. 2012. Verbesserte Ausschöpfung vorhandener Innovationspotentiale durch Kopplung von Prozess-, Wissens- und Methodenmanagement. Paper read at 8. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, at Berlin.
- Albers, Albert, Eike Sadowski, and Leif Marxen. 2011. "A New Perspective on Product Engineering Overcoming Sequential Process Models." In *The Future of Design Methodology*, edited by Herbert Birkhofer, 199-209.
- Albers, Albert, Alexander Schwarz, Christian Zingel, Jens Schroeter, Matthias Behrendt, Andreas Zell, Carmelo Leone, and Antonio Arcati. 2013. "System-Oriented Validation Aspects of a Driver Assistance System Based on an Accelerator-Force-Feedback-Pedal." In *Proceedings of the FISITA 2012 World Automotive Congress*, 221-233. Springer Berlin Heidelberg.
- Albers, Albert, and Tarak Turki. 2011a. Abbildung von Erfahrungswissen zur Unterstützung des Entwurfsprozesses in der Mikrotechnik. Paper read at Mikrosystemtechnik-Kongress.
- . 2011b. Supporting Microsystem Technology Design through provision of Experience. Paper read at High Aspect Ratio Microstructure Technology.

- . 2012. *Wissenschaftliches Gespräch mit Herrn Prof. Albert Albers im März 2012*. IPEK - Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
- . 2013. "Bedeutung von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung " *Konstruktion : Zeitschrift für Produktentwicklung und Ingenieur-Werkstoffe (akzeptiert und noch nicht veröffentlicht - Stand November 2013)*.
- Albers, Albert, Tarak Turki, and Philipp Hoppen. 2013. "Ensuring functional reliability of molded micro components." *Microsystem Technologies* no. 19 (3):395-402. doi: 10.1007/s00542-012-1634-6.
- Albers, Albert, Tarak Turki, and Quentin Lohmeyer. 2012a. Assessment of design competencies by a five level model of expertise. Paper read at 14th International Conference on Engineering and Product Design Education E&PDE 2012, Antwerp, Belgium.
- Albers, Albert, Tarak Turki, and Hannes Schmalenbach. 2012. Improving Acces to micro-specific Knowledge with Ontologies. Paper read at TMCE 2012 International Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering Karlsruhe, Germany 07.05 – 1105.2012.
- Albers, Albert, Turki Turki, and Quentin Lohmeyer. 2012b. Transfer of engineering experience by shared mental models. Paper read at 14th International Conference on Engineering and Product Design Education E&PDE 2012, Antwerp, Belgium.
- Alink, Thomas. 2010. *Bedeutung, Darstellung und Formulierung von Funktion für das Lösen von Gestaltungsproblemen mit dem C&C-Ansatz = Meaning and notation of function for solving design problems with the C&C-Approach*, Forschungsberichte IPEK; 48.
- Arnold, Rolf. 2003. *Lernkulturwandel und Ermöglichungsdidaktik - Wandlungstendenzen in der Weiterbildung: Arbeitsgemeinschaft Qualifikations-Entwicklungs-Management*.
- Atteslander, Peter. 2010. *Methoden der empirischen Sozialforschung*. Edited by Jürgen Crome. 13., neu bearb. und erw. Aufl. ed, *ESV basics*. Berlin: Schmidt.
- Auer, P., and Rüdiger von der Weth. 1994. "Wie klären Konstrukteure ein Problem - die Entwicklung von Erfahrung und das Vorgehen bei der Analyse von Konstruktionsproblemen." *Konstruktion: Zeitschrift für Produktentwicklung und Ingenieur-Werkstoffe* no. 45 (5):175-180.
- Badke-Schaub, Petra, and Eckart Frankenberger. 1999. "Analysis of design projects." *Design Studies* no. 20 (5):465-480. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0142-694X\(99\)00017-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0142-694X(99)00017-4).
- . 2004. *Management kritischer Situationen : Produktentwicklung erfolgreich gestalten, Engineering online library*. Berlin: Springer.
- Badke-Schaub, Petra, Andre Neumann, Kristina Lauche, and Susan Mohammed. 2007. "Mental models in design teams: a valid approach to performance in design collaboration?" *CoDesign* no. 3 (1):5-20. doi: 10.1080/15710880601170768.
- Baecker, Dirk. 1999. *Organisation als System : Aufsätze*. 1. Aufl., Orig.-Ausg. ed, *Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft ; 1434*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

- Bandura, Albert. 1976. *Lernen am Modell : Ansätze zu einer sozial-kognitiven Lerntheorie*. 1. Aufl. ed. Stuttgart: Klett.
- Baumgartner, Peter, and Sabine Payr. 1994. *Lernen mit Software, Digitales Lernen ; 1*. Innsbruck: Österr. Studien-Verl.
- Birkhofer, Herbert. 2011. "From design practice to design science: the evolution of a career in design methodology research." *Journal of Engineering Design* no. 22 (5):333-359. doi: 10.1080/09544828.2011.555392.
- Bleicher, Knut. 1972. *Organisation als System*. Edited by Knut Bleicher, *Organisation und Führung ; 1*. Wiesbaden: Betriebswirtschaftl. Verl. Gabler.
- Bodrow, Wladimir, and Philipp Bergmann. 2003. *Wissensbewertung in Unternehmen : Bilanzieren von intellektuellem Kapital*. Berlin: E. Schmidt.
- Böhle, Fritz, Annegret Bolte, Wolfgang Dunkel, Sabine Pfeiffer, Stephanie Porschen, and Nese Sevsay-Tegethoff. 2004. "Der gesellschaftliche Umgang mit Erfahrungswissen - Von der Ausgrenzung zu neuen Grenzziehungen." In *Entgrenzung und Entscheidung: Was ist neu an der Theorie reflexiver Modernisierung?*, edited by Ulrich Beck, S. 95-122. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Böhm, Winfried. 2005. *Wörterbuch der Pädagogik*. Edited by Frithjof Grell. 16., vollst. überarb. Aufl. ed. Stuttgart: Kröner.
- Brockhaus. 2013. *Brockhaus-Enzyklopädie online*, Brockhaus. Leipzig: Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG.
- Bunk, Gerhard P. 1994. "Kompetenzvermittlung in der beruflichen Aus- und Weiterbildung in Deutschland." *Berufsbildung: Europäische Zeitschrift / Kompetenz: Begriff und Fakten*:9-15.
- Cannon-Bowers, Janis-A., Edurado Salas, and Scharolyn Converse. 1993. "Shared Mental Models in Expert Team Decision Making." In *Individual and group decision making : current issues*, edited by N. John Castellan, 221-246. Hillsdale, NJ [u.a.]: Erlbaum.
- Chi, Michelene T. H., Paul J. Feltovich, and Robert Glaser. 1981. "Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices\*." *Cognitive Science* no. 5 (2):121-152. doi: 10.1207/s15516709cog0502\_2.
- Cooper, Robert G. 2002. *Top oder Flop in der Produktentwicklung: Erfolgsstrategien: Von der Idee zum Launch*. 1 ed. Weinheim; New York: Wiley-VCH Verlag GmbH.
- Craik, Kenneth J. 1943. *The nature of explanation*: Cambridge : Univ. Press , 1943. - VIII, 123 S.
- Davenport, Thomas H., and Laurence Prusak. 1998. *Wenn Ihr Unternehmen wüßte, was es alles weiß ... : das Praxisbuch zum Wissensmanagement*. Landsberg/Lech: mi, Verl. Moderne Industrie.
- Decker, Björn , Ina Finke, Michael John, Martina Joisten, Kathrin Schnalzer, Stefan Voigt, Michael Wesoly, and Markus Will. 2005. *Wissen und Information 2005*. Translated by Community Fraunhofer Wissensmanagement. Edited by Björn Decker. Stuttgart: Fraunhofer-IRB-Verlag.

- Deigendesch, Tobias. 2009. *Kreativität in der Produktentwicklung und Muster als methodisches Hilfsmittel = Creativity in Product Development and Patterns as a Methodological Means of Support*, Forschungsberichte IPEK; 41.
- Deken, F., M. Kleinsmann, M. Aurisicchio, K. Lauche, and R. Bracewell. 2012. "Tapping into past design experiences: knowledge sharing and creation during novice-expert design consultations." *Research in Engineering Design* no. 23 (3):203-218. doi: DOI 10.1007/s00163-011-0123-8.
- Der Europäische Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen (EQR)*. 2008. Edited by Europäische Kommission. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
- Diekmann, Andreas. 2011. *Empirische Sozialforschung : Grundlagen, Methoden, Anwendungen*. Vollst. überarb. und erw. Neuausg., 5. Aufl. ed, *Rororo ; 55678 : Rowohlt's Enzyklopädie*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- DIN. 2013. *Chronik*. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 2013 [cited 01.03.2013 2013]. Available from <http://www.din.de/cmd?level=tpl-unterrubrik&cmssubrubid=47520&languageid=de&bcrumblevel=2>.
- Dörner, Dietrich. 1979. *Problemlösen als Informationsverarbeitung*. 2. Aufl. ed, *Kohlhammer-Standards Psychologie : Studentext : Teilgebiet Denkpsychologie*. Stuttgart [u.a.]: Kohlhammer.
- Dreyfus, Hubert L., and Stuart E. Dreyfus. 1986. *Mind over machine : the power of human intuition and expertise in the era of the computer*. Oxford : Basil Blackwell.
- . 1987. *Künstliche Intelligenz : von den Grenzen der Denkmaschine und dem Wert der Intuition*, *Rororo ; 8144 : Computer*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Dreyfus, Stuart-E., and Hubert-L. Dreyfus. 1980. *A Five-Stage Model of the Mental Activities Involved in Directed Skill Acquisition*. Washington, DC: California univ berkeley operations research center.
- Drucker, Peter F. 1993. *Die postkapitalistische Gesellschaft*. Düsseldorf [u.a.]: ECON-Verl.
- Dylla, Norbert. 1991. *Denk- und Handlungsabläufe beim Konstruieren*, *Konstruktionstechnik München ; 5*, Hanser, München.
- Ehrlenspiel, Klaus. 1995. *Integrierte Produktentwicklung : Methoden für Prozeßorganisation, Produkterstellung und Konstruktion*. München: Hanser.
- . 2009. *Integrierte Produktentwicklung : Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit*. 4., aktualisierte Aufl. ed. München: Hanser.
- Ehrlenspiel, Klaus, and Norbert Dylla. 1991. "Untersuchung des individuellen Vorgehens beim Konstruieren." *Konstruktion: Zeitschrift für Produktentwicklung und Ingenieur-Werkstoffe* no. 43 (51):43-51.
- Ericsson, K. A., and A. C. Lehmann. 1996. "Expert and exceptional performance: Evidence of maximal adaptation to task constraints." *Annual Review of Psychology* no. 47:273-305. doi: DOI 10.1146/annurev.psych.47.1.273.
- Erpenbeck, John, and Lutz von Rosenstiel. 2007. *Handbuch Kompetenzmessung : Erkennen, Verstehen und Bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis*. Edited by John Erpenbeck. 2., überarb. und erw. Aufl. ed. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

- Feldhusen, Jörg, Frederik Bungert, Nils Macke, Boris Gebhardt, and Erwin-Zahari Nurcahya. 2006. A Concept for Supplying Engineering Design with Context-Sensitive Knowledge. In *Tools and methods of competitive engineering - TMCE 2006*. Ljubljana, Slovenia.
- Feldhusen, Jörg, and Frank Dehen. 2008. "Kostenprognose in sehr frühen Stadien der Produktentwicklung." In *Nachhaltige und effiziente Produktentwicklung, KT, Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik*, 6, 73-83. Aachen: Shaker.
- Fischer, Martin. 2000. "Arbeitsprozesswissen." In *Handbuch Berufsbildungsforschung*, edited by Felix Rauner. Bielefeld: WBV.
- Flick, Uwe. 2009. *Sozialforschung : Methoden und Anwendungen; ein Überblick für die BA-Studiengänge*. Originalausg. ed, *Rowohlts enzyklopädie ; 55702*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch-Verl.
- Frankenberger, Eckart. 1997. *Arbeitsteilige Produktentwicklung : empirische Untersuchung und Empfehlungen zur Gruppenarbeit in der Konstruktion*, Fortschrittberichte VDI : Reihe 1, Konstruktionstechnik, Maschinenelemente ; 291, VDI-Verl., Düsseldorf.
- Fricke, Gerd, and Gerhard Pahl. 1991. Zusammenhang zwischen personenbedingtem Vorgehen und Lösungsgüte. Paper read at The International Conference of Engineering Desing ICED 91, 27-29 August 1991, at ETH Zürich.
- Friege, Gunnar. 2001. *Wissen und Problemlösen : eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs*, Studien zum Physiklernen ; 19, Logos-Verl., Berlin.
- Friege, Gunnar, and G. Lind. 2000. "Begriffsnetze und Expertise." In *Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie*, edited by Helmut Fischler, 147-178. Berlin: Logos-Verl.
- Fürstenau, Bärbel, Johanna Langfermann, Fritz Klauser, and Volker Born. 2005. Erfahrungswissen sichern und aufbereiten – Zur effizienten Gestaltung von Wissensmanagementprozessen bei der BMW AG im Projekt „Werksaufbau Leipzig“. Paper read at Wirtschaftsinformatik 2005 : eEconomy, eGovernment, eSociety; mit 118 Tab, at Heidelberg.
- Geier, Martin , Steffen Jaeger, Christian Stier, and Albert Albers. 2012. Combined Real and Virtual Domain Product Validation Using Top-Down Strategies. In *ASME 2012 Verification and Validation Symposium (V&V2012)*. Las Vegas, Nevada, USA.
- Geis, Christian. 2011. *Behavioral marker in der Produktentwicklung : Unterstützung und Training erfolgreichen Verhaltens von Entwicklungsteams*, Fortschrittberichte VDI : Reihe 1, Konstruktionstechnik, Maschinenelemente ; 410, VDI-Verl., Düsseldorf.
- Geldermann, Brigitte 2006. "wissensmanagement - kapital in den köpfen nutzen - eine neue aufgabe von dauer." *Arbeit und Arbeitsrecht, die Zeitschrift für den Personal-Profi* no. 6:320 - 325.

- Gentner, Dedre, and Donald-R. Gentner. 1983. "Flowing waters and teeming crowds: Mental models of electricity." In *Mental models*, edited by Dedre Gentner, 99–129. Hillsdale, NJ [u.a.]: Erlbaum.
- Gero, John-S, and Manolya Kavakli. 2003. "Strategic knowledge differences between an expert and a novice designer." In *Human behaviour in design : individuals, teams, tools*, edited by Udo Lindemann, 303 S. Berlin: Springer.
- Glossary E - Elo Rating*. 2013. Chess Network Company 2013 [cited 07.01.2013 2013]. Available from <http://www.chessnc.com/glossary/letter-4-E.html>.
- Göranzon, Bo. 1988. Knowledge, skill and artificial intelligence : [proceedings of a conference on the topic of knowledge, skill, and new technology, held in London in March 1987]. Paper read at Foundations and applications of artificial intelligence, at London.
- Greif, Siegfried, and Annette Kluge. 2004. "Lernen in Organisationen." In *Organisationspsychologie : Grundlagen und Personalpsychologie*, edited by Heinz Schuler, XXXI, 1250 S. Göttingen: Hogrefe, Verl. für Psychologie.
- Grewer, Hans-Günter, Ingrid Matthäi, and Josef Reindl. 2007. *Der innovative Ältere: Warum die Entwickleruhr länger als sieben Jahre tickt (Studie im Auftrag des BMBF)*.
- Gruber, Hans. 1994. *Expertise : Modelle und empirische Untersuchungen, Beiträge zur psychologischen Forschung ; 34*. Opladen: Westdt. Verl.
- . 1999. *Erfahrung als Grundlage kompetenten Handelns*. 1. Aufl. ed, *Aus dem Programm Huber: Psychologie-Forschung*. Bern: Huber.
- . 2010. "Expertise." In *Handwörterbuch pädagogische Psychologie*, edited by Detlef H. Rost, 183-189. Weinheim: Beltz.
- Grundmann, Matthias. 2006. *Sozialisation: Skizze einer allgemeinen Theorie*: UTB GmbH.
- Günther, Joachim. 1998. *Individuelle Einflüsse auf den Konstruktionsprozeß: eine empirische Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung von Konstrukteuren aus der Praxis*: Shaker.
- Haberfellner, Reinhard , Olivier L. de Weck, Ernst Fricke, and Siegfried Vössner. 2012. *Systems Engineering : Grundlagen und Anwendung*. Edited by Reinhard Haberfellner. 12., völlig neu bearb. und erw. Aufl. ed. Zürich: Orell Füssli.
- Hacker, Winfried. 1992. *Expertenkönnen : erkennen und vermitteln, Arbeit und Technik ; 2*. Göttingen: Verl. für Angewandte Psychologie.
- . 1996. "Handlungsleitende psychische Abbilder ("Mentale Modelle")." In *Enzyklopädie der Psychologie: Motivation, Volition und Handlung*, edited by Julius Kuhl, 769-794. Göttingen [u.a.]: Hogrefe, Verl. für Psychologie.
- . 2005. *Allgemeine Arbeitspsychologie : psychische Regulation von Wissens-, Denk- und körperlicher Arbeit*. 2., vollst. überarb. u. erg. Aufl. ed, *Schriften zur Arbeitspsychologie ; 58*. Bern: Huber.
- Hartig, Johannes, and Eckhard Klieme. 2006. "Kompetenz und Kompetenzdiagnostik." In *Leistung und Leistungsdiagnostik*, edited by Karl Schweizer, 127–143. Heidelberg: Springer.

- Herbig, Britta, and André Büssing. 2003. "Implizites Wissen und erfahrungsgeleitetes Arbeitshandeln: Perspektiven für Arbeit und Organisation." *Zeitschrift Arbeit* no. Heft 1:16-35.
- Ho, Chun-Heng. 2001. "Some phenomena of problem decomposition strategy for design thinking: differences between novices and experts." *Design Studies* no. 22 (1):27-45. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0142-694X\(99\)00030-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0142-694X(99)00030-7).
- Hoffman, R. R., B. Crandall, and N. Shadbolt. 1998. "Use of the critical decision method to elicit expert knowledge: A case study in the methodology of cognitive task analysis." *Human Factors* no. 40 (2):254-276. doi: Doi 10.1518/001872098779480442.
- Hubka, Vladimir, and Wolfgang Ernst Eder. 1992. *Einführung in die Konstruktionswissenschaft : Übersicht, Modell, Anleitungen*. 1. Aufl. ed. Berlin: Springer.
- Jänsch, Judith. 2007. *Akzeptanz und Anwendungen von Konstruktionsmethoden im industriellen Einsatz : Analyse und Empfehlungen aus kognitionswissenschaftlicher Sicht*, Fortschrittberichte VDI : Reihe 1, Konstruktionstechnik, Maschinenelemente ; 396, VDI Verl., Düsseldorf.
- Jasper, Gerda, and Sybille Fitzne. 2000. "Innovatives Verhalten Jüngerer und Älterer: Einfluss von Arbeitsumfeld und Erfahrungswissen." In *Innovation und Leistung mit älterwerdenden Belegschaften*, edited by Annegret Köchling, 140-188. München: Hampp.
- Johnson-Laird, Philip-N. 1983. *Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness*: Harvard University Press.
- Jones, Natalie A., Helen Ross, Timothy Lynam, Pascal Perez, and Anne Leitch. 2011. "Mental Models: An Interdisciplinary Synthesis of Theory and Methods." *Ecology and Society* no. 16 (1).
- Kavakli, Manolya, and John-S Gero. 2002. "The structure of concurrent cognitive actions: A case study of novice and expert designers." *Design Studies* no. 23 (1):25-40.
- Kerres, Michael, and Claudia de Witt. 2002. "Quo vadis Mediendidaktik? Zur theoretischen Fundierung von Mediendidaktik." In *MedienPädagogik : Online-Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, Online-Ressource. Zürich: Pestalozzianum.
- Kesselring, Fritz. 1954. *Technische Kompositionslehre : Anleitung zu technisch-wirtschaftlichem und verantwortungsbewußtem Schaffen*. Berlin: Springer.
- Kirchhoff, Sabine, Sonja Kuhnt, Peter Lipp, and Siegfried Schlawin. 2010. *Der Fragebogen: Datenbasis, Konstruktion und Auswertung*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Kirshner, David, and James A. Whitson. 1997. *Situated Cognition: Social, Semiotic, and Neurological Perspectives*: Taylor & Francis Group.
- Kleining, Gerhard. 1986. "Das qualitative Experiment." *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie : KZfSS* no. 38 (4):724-750.
- Klimoski, Richard, and Susan Mohammed. 1994. "Team Mental Model: Construct or Metaphor?" *Journal of Management* no. 20 (2):403-437. doi: 10.1177/014920639402000206.

- Klippert, Heinz. 2007. *Übungsbausteine für den Unterricht : Methoden-Training*. 17., unveränd. Aufl. ed, *Übungsbausteine für den Unterricht ; [1]*. Weinheim: Beltz.
- Kluwe, Rainer-H. 1988. "Methoden der Psychologie zur Gewinnung von Daten über menschliches Wissen." In *Wissenspsychologie*, edited by Heinz Mandl and Hans Aebli, 359-385. München [u.a.]: Psychologie-Verl.-Union.
- Köck, Anna Maria, and Reinhard Willfort. 2007. "Creative Knowledge Work for Innovation." *Journal der Österreichischen Gesellschaft für Artificial Intelligence* no. 26 (1):9-13.
- Kopp, Ralf, and Fredmund Malik. 2002. "Wissen in Nutzen verwandeln - Interview mit Fredmund Malik." *Journal Arbeit* no. 2 (2):4-5.
- Kratzer, Martin, Michael Rauscher, Hansgeorg Binz, and Peter Göhner. 2011. "Konzept eines Wissensintegrationssystems zur benutzerfreundlichen, benutzerspezifischen und selbstständigen Integration von Konstruktionswissen." In *Symposium Design for X*, 22, 21-32. Hamburg: TuTech Verlag.
- Kuhlen, Rainer. 1995. *Informationsmarkt : Chancen und Risiken der Kommerzialisierung von Wissen, Schriften zur Informationswissenschaft ; 15*. Konstanz: UVK, Univ.-Verl.
- Lamnek, Siegfried. 2010. *Qualitative Sozialforschung : Lehrbuch; [Online-Materialien]*. 5., überarb. Aufl. ed. Weinheim: Beltz.
- Lang, Rudolf Walter. 2000. *Schlüsselqualifikationen : Handlungs- und Methodenkompetenz, personale und soziale Kompetenz*. Orig.-Ausg. ed, dtv ; 50842 : Beck-wirtschaftsberater. München: Deutscher Taschenbuchverl.
- Lave, Jean, and Etienne Wenger. 1991. *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge University Press.
- Lester, Stan 2005. Novice to Expert: the Dreyfus model of skill acquisition.
- Lindemann, Udo. 2009. *Methodische Entwicklung technischer Produkte : Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden*. Edited by Udo Lindemann, *VDI-Buch*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Lohmeyer, Quentin. 2013. *Menschzentrierte Modellierung von Produktentstehungssystemen unter besonderer Berücksichtigung der Synthese und Analyse dynamischer Zielsysteme*, IPEK - Institut für Produktentwicklung, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.
- Lüdcke, Robert. 2003. *Effizienzverbesserung durch gezielte Führung in der Produktentwicklungspraxis: von der Beobachtung zum Reflexionskonzept*, Fortschrittberichte VDI : Reihe 1, Konstruktionstechnik, Maschinenelemente ; 367, VDI-Verl., Düsseldorf.
- Lutterjohann, Martin. 2004. *KulturSchock Japan*: Reise-Know-How-Verlag Rump.
- Marinov, Milan, Dan Gutu, Janet Todorova, Miklós Szotz, András Simonyi, and Jivka Ovtcharova. 2011. Representation of Cross-Domain Design Knowledge through Ontology Based Functional Models. In *Proceedings of the 18th International Conference on Engineering Design (ICED11)*.
- Marsh, Richard. 1997. *The capture and utilisation of experience in engineering design*: University of Cambridge.

- Matthiesen, Sven. 2002. *Ein Beitrag zur Basisdefinition des Elementmodells Wirkflächenpaare & Leitstützstrukturen zum Zusammenhang von Funktion und Gestalt technischer Systeme = A contribution to the basis definition of the element model Working surface pairs & channel and support structures about the correlation between layout and function of technical systems*, Forschungsberichte / Institut für Maschinenkonstruktionslehre und Kraftfahrzeugbau, Universität Karlsruhe (TH) ; 6, Institut für Maschinenkonstruktionslehre und Kraftfahrzeugbau, Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe.
- Maurer, M., and H. Kesper. 2010. Knowledge transfer applying the structural Complexity Management approach. Paper read at Information Retrieval & Knowledge Management, (CAMP), 2010 International Conference on, 17-18 March 2010.
- Mayring, Philipp. 2002. *Einführung in die qualitative Sozialforschung : eine Anleitung zu qualitativem Denken*. 5., überarb. und neu ausgestattete Aufl. ed, *Reihe Beltz-Studium*. Weinheim: Beltz.
- . 2010. *Qualitative Inhaltsanalyse : Grundlagen und Techniken*. 11., aktualisierte u. überarb. Aufl. ed, *Beltz Pädagogik*. Weinheim: Beltz.
- Meboldt, Mirko. 2008. Mentale und formale Modellbildung in der Produktentstehung als Beitrag zum integrierten Produktentstehungs-Modell (iPeM). In *Forschungsberichte / IPEK*. Karlsruhe: Universität Karlsruhe, Institut für Produktentwicklung.
- Mielke, Rosemarie. 2001. *Psychologie des Lernens : eine Einführung, Urban-Taschenbücher ; 420*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Mohammed, Susan, Lori Ferzandi, and Katherine Hamilton. 2010. "Metaphor No More: A 15-Year Review of the Team Mental Model Construct." *Journal of Management* no. 36 (4):876-910. doi: 10.1177/0149206309356804.
- Moser, Karin-S. 2003. "Mentale Modelle und ihre Bedeutung." In *Sinnbildlich schief : Missgeschicke bei Symbolgenese und Symbolgebrauch*, edited by Ursula Ganz-Blättler, 181-205. Bern: Lang.
- Müller, Johannes, Peter Praß, and Wolfgang Beitz. 1992. Modelle beim Konstruieren. *Konstruktion : Zeitschrift für Produktentwicklung und Ingenieur-Werkstoffe* 319-324.
- Nagel, Peter, Mario Becker, Reinhard Haberfellner, and Fritz Huber. 2002. *Systems engineering : Methodik und Praxis*. Edited by Walter F. Daenzer and Fritz Huber. 11. durchges. Aufl. ed. Zürich: Verl. Industrielle Organisation.
- Neumann, André, Petra Badke-Schaub, and Kristina Lauche. 2006. "A framework for measuring team mental models in design." In *Proceedings of the 9th International Design Conference DESIGN 2006*, edited by D. Marjanovic, 1491-1498.
- Nonaka, Ikujiro. 1991. "The Knowledge-Creating Company." *Harvard business review : HBR* no. 69 (6):96-104.
- . 1994. "A dynamic theory of organizational knowledge creation." *Organization Science* no. 5 (1):14-37.

- Nonaka, Ikujiro, and Hirotaka Takeuchi. 2012. *Die Organisation des Wissens : wie japanische Unternehmen eine brachliegende Ressource nutzbar machen*. Frankfurt [u.a.]: Campus-Verl.
- North, Klaus. 2011. *Wissensorientierte Unternehmensführung : Wertschöpfung durch Wissen*. 5., aktualisierte und erweiterte Auflage ed, *SpringerLink : Bücher*. Wiesbaden: Gabler Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden.
- Oerding, Jochen. 2009. *Ein Beitrag zum Modellverständnis der Produktentstehung : Strukturierung von Zielsystemen mittels C&CM*, Forschungsberichte IPEK; 37.
- Orth, Ronald, Ina Finke, and Stefan Voigt. 2008. *Wissen greifbar machen: Den Umgang mit Wissen beschreiben und bewerten - ProWis-Projektstudie Nr. 2*. Berlin/Magdeburg: Fraunhofer Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik & Fraunhofer Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung.
- Pahl, Gerhard. 1994. *Psychologische und pädagogische Fragen beim methodischen Konstruieren : Ergebnisse des Ladenburger Diskurses vom Mai 1992 bis Oktober 1993*. Translated by Diskurs Ladenburger. Edited by Gerhard Pahl. Köln: Verl. TÜV Rheinland.
- Pahl, Gerhard, and Wolfgang Beitz. 1977. *Konstruktionslehre : Handbuch für Studium und Praxis*. Berlin: Springer.
- Pahl, Gerhard, Wolfgang Beitz, Jörg Feldhusen, and Karl-Heinrich Grote. 2007. *Konstruktionslehre : Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung; Methoden und Anwendung*. Edited by Gerhard Pahl. 7. Aufl. ed. Berlin: Springer.
- PAS-1062. 2006. *Einführung von Wissensmanagement in kleinen und mittleren Unternehmen*. Deutsches Institut für Normung (DIN).
- Patzak, Gerold. 1982. *Systemtechnik, Planung komplexer innovativer Systeme : Grundlagen, Methoden, Techniken*. Berlin [u.a.]: Springer.
- Pawlow, Iwan-Petrowitsch, and Hans Drischel. 1972. *Die bedingten Reflexe*. Edited by Gerhard Baader, *Kindler-Studienausgabe*. München: Kindler.
- Piaget, Jean, and Bärbel Inhelder. 1987. *Die Psychologie des Kindes*. Ungekürzte Ausg., 2. Aufl. ed, *dtv ; 15021 : dtv-Klett-Cotta : Dialog und Praxis*. München: Klett-Cotta im Dt. Taschenbuch-Verl.
- Plath, Hans-Eberhard. 2002. "Erfahrungswissen und Handlungskompetenz - Konsequenzen für die berufliche Weiterbildung." In *IAB-Kompendium Arbeitsmarkt- und Berufsforschung*, edited by Gerhard Kleinhenz, V, 630 S. Nürnberg: Inst. für Arbeitsmarkt- u. Berufsforschung d. Bundesanstalt für Arbeit.
- Polanyi, Michael. 1958. *Personal knowledge : towards a post-critical philosophy*. London: Routledge & Kegan Paul.
- . 1985. *Implizites Wissen*. 1. Aufl. ed, *Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft ; 543*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Porschen, Stephanie. 2008. *Austausch impliziten Erfahrungswissens : neue Perspektiven für das Wissensmanagement*. 1. Aufl. ed. Wiesbaden: VS, Verl. für Sozialwissenschaften.

- Probst, G., and K. Romhardt. 2010. *Wissen managen : Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen*. Edited by S. Raub and K. Romhardt. 6., überarbeitete und erweiterte Auflage ed, *SpringerLink : Bücher*. Wiesbaden: Gabler Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden.
- Redtenbacher, Ferdinand. 1852. *Prinzipien der Mechanik und des Maschinenbaues*. Mannheim: Bassermann.
- Reetz, Lothar. 2006. "Kompetenz." In *Wörterbuch Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, edited by Franz-Josef Kaiser, 245-246. Bad Heilbrunn/Obb.: Klinkhardt.
- Reinmann-Rothmeier, Gabi. 2003. *Didaktische Innovation durch Blended Learning : Leitlinien anhand eines Beispiels aus der Hochschule*. 1. Aufl. ed, *Huber Psychologie Praxis : Lernen mit Neuen Medien*. Bern: Huber.
- Reinmann, Gabi. 2005. Individuelles Wissensmanagement – ein Rahmenkonzept für den Umgang mit personalem und öffentlichem Wissen (Arbeitsbericht Nr. 5). Universität Augsburg, Medienpädagogik.
- Reinmann, Gabi, and Frank Vohle. 2005. Erzählen und Zuhören in Organisationen (Arbeitsbericht Nr. 8). Universität Augsburg, Medienpädagogik.
- Renzl, Birgit. 2003. *Wissensbasierte Interaktion : selbst-evolvierende Wissensströme in Unternehmen*, Dt. Univ.-Verl., Wiesbaden.
- Romhardt, Kai. 1998. *Die Organisation aus der Wissensperspektive : Möglichkeiten und Grenzen der Intervention*, Neue betriebswirtschaftliche Forschung ; 245, Gabler, Wiesbaden.
- Ropohl, Günter. 1975. "Einleitung in die Systemtechnik." In *Systemtechnik, Grundlagen und Anwendung*, edited by Günter Ropohl and Béla Aggteleky, S. 1-77. München: Hanser.
- . 1979. *Eine Systemtheorie der Technik : zur Grundlegung der allgemeinen Technologie*, Hanser, München.
- . 2009. *Allgemeine Technologie : eine Systemtheorie der Technik*, Universitätsverlag, Karlsruhe.
- Rückert, C, F Schroda, and O Gaedeke. 1997. "Wirksamkeit und Erlernbarkeit der Konstruktionsmethodik." *Konstruktion : Zeitschrift für Produktentwicklung und Ingenieur-Werkstoffe* no. 49:26-31.
- Rüdiger, Mathias, and Sven Vanini. 1998. "Das Tacit knowledge-Phänomen und seine Implikationen für das Innovationsmanagement." *DBW - Die Betriebswirtschaft* no. Band 58 (4):467-480.
- Rutz, Andreas. 1985. *Konstruieren als gedanklicher Prozess*.
- Ryle, Gilbert, Kurt Baier, Günther Patzig, and Ulrich Steinvorth. 1992. *Der Begriff des Geistes*. Stuttgart: Reclam.
- Saak, Marcus. 2007. Entwicklung eines Konzeptes und eines Prototypen für ein rechnergestütztes Werkzeug zum effizienten Einsatz der Problemlösungsmethodik SPALTEN. In *Forschungsberichte / IPEK*. Karlsruhe: Universität Karlsruhe Institut für Produktentwicklung.
- Salustri, Filippo A. . 2005. Using pattern languages in design engineering (ICED). In *International conference on engineering design*. Melbourne.

- Sanford, Anthony J., and Simon C. Garrod. 1981. *Understanding written language : explorations of comprehension beyond the sentence*. Chichester [u.a.]: Wiley.
- Sauter, Christian. 2012. *Ein Beitrag zur Integration von Wikis und Social Tagging in die Produktentstehung = A contribution to the integrated of wikis an social tagging into product engineering*, Forschungsberichte IPEK; 54, IPEK Institut für Produktentwicklung, Karlsruhe.
- Schaper, Niclas, Karin Westphal, and Charlotte Pähler. 2009. "Ansätze zur Förderung der Kompetenzentwicklung und des Wissenstransfers in altersgemischten Belegschaften." In *Bildungsperspektiven in alternden Gesellschaften*, edited by Alexandra Dehmel, H.-Hugo Kremer, Niclas Schaper and Peter-F.-E. Sloane, 185-210. Frankfurt am Main: Lang.
- Schewe, Gerhard, and Ann-Marie Nienaber. 2011. "Explikation von implizitem Wissen: Stand der Forschung zu Barrieren und Lösungsansätzen." *Journal für Betriebswirtschaft* no. 61 (1):37-84. doi: 10.1007/s11301-011-0073-2.
- Schilling, Tanja. 2008. *Mentale Modelle der Benutzer von Fahrerinformationssystemen*, Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät II, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin.
- Schmitt, Günter, and Ansgar-A. Plassmann. 2013. *Lern-Psychologie*. Universität Duisburg-Essen - Fachbereich Bildungswissenschaften 2007 [cited 10.01.2013 2013]. Available from <http://www.lern-psychologie.de/>.
- Schneider, Michael. 2001. *Methodeneinsatz in der Produktentwicklungs-Praxis : empirische Analyse, Modellierung, Optimierung und Erprobung*, Fortschrittberichte VDI : Reihe 1, Konstruktionstechnik, Maschinenelemente ; 346, VDI-Verl., Düsseldorf.
- Scholl, Wolfgang. 2004. *Innovation und Information : wie in Unternehmen neues Wissen produziert wird, Schriftenreihe Wirtschaftspsychologie*. Göttingen: Hogrefe.
- Schreyögg, Georg, and Daniel Geiger. 2005. "Zur Konvertierbarkeit von Wissen - Wege und Irrwege im Wissensmanagement." *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* no. 75 (5):433-454.
- Schüppel, Jürgen. 1997. *Wissensmanagement : organisatorisches Lernen im Spannungsfeld von Wissens- und Lernbarrieren*, Gabler Edition Wissenschaft, Dt. Univ.-Verl., Wiesbaden.
- Simon, Herbert A., and William G. Chase. 1973. "Skill in Chess: Experiments with chess-playing tasks and computer simulation of skilled performance throw light on some human perceptual and memory processes." *American Scientist* no. 61 (4):394-403. doi: 10.2307/27843878.
- Skinner, Burrhus F. 1978. *Was ist Behaviorismus?* 1. Aufl. ed. Reinbek b. Hamburg: Rowohlt.
- Sonntag, Karlheinz, and Niclas Schaper. 2006. "Förderung beruflicher Handlungskompetenz." In *Personalentwicklung in Organisationen*, edited by Karlheinz Sonntag, 435 S. Göttingen: Hogrefe.
- Stachowiak, Herbert. 1973. *Allgemeine Modelltheorie*. Wien: Springer Verlag.
- Stehr, Nico. 2001. "Moderne Wissensgesellschaften." *Aus Politik und Zeitgeschichte* no. B36.

- Suhm, Alexander. 1993. *Produktmodellierung in wissensbasierten Konstruktionssystemen auf der Basis von Lösungsmustern*, Reihe Konstruktionstechnik, Shaker, Aachen.
- Sveiby, Karl Erik. 1998. *Wissenskapital - das unentdeckte Vermögen : immaterielle Unternehmenswerte aufspüren, messen und steigern*. Landsberg/Lech: mi, Verl. Moderne Industrie.
- Tillmann, Klaus-Jürgen. 2010. *Sozialisationstheorien: Eine Einführung in den Zusammenhang von Gesellschaft, Institution und Subjektwerdung*. Rowohlt Taschenbuch Verla.
- VDI-2220. 1980. Produktplanung; Ablauf, Begriffe und Organisation. Verein Deutscher Ingenieure (VDI).
- VDI-2221. 1993. Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. Verein Deutscher Ingenieure (VDI).
- VDI-2223. 2004. Methodisches Entwerfen technischer Produkte. Verein Deutscher Ingenieure (VDI).
- VDI-3790. 2000. Technikbewertung - Begriffe und Grundlage. Verein Deutscher Ingenieure (VDI).
- VDI-5610. 2009. Wissensmanagement im Ingenieurwesen: Grundlagen, Konzepte, Vorgehen. Verein Deutscher Ingenieure (VDI).
- von Bertalanffy, Ludwig 1948. "Zu einer allgemeinen Systemlehre." *Biologia Generalis* no. 195:114–129.
- von der Weth, Rüdiger. 1998. "Having a nose of good solutions – the development of individual strategies for the design process." In *Designers : the key to successful product development*, edited by Eckart Frankenberger, Petra Badke-Schaub and Herbert Birkhofer, XII, 319 S. London: Springer.
- von der Weth, Rüdiger. 1994. "konstruieren: heuristische kompetenz, erfahrung und individuelles vorgehen." *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie : A & O* no. 38 (3):102-111.
- Wallace, Ken, Saeema Ahmed, and Rob Bracewell. 2005. "Engineering knowledge management." In *Design Process Improvement: A Review of Current Practice*, edited by John Clarkson and Claudia Eckert, 324-343. Springer-Verlag London.
- Wallace, Ken M., and Saeema Ahmed-Kristensen. 2003. "How engineering designers obtain information." In *Human behaviour in design : individuals, teams, tools*, edited by Udo Lindemann, 184-194. Munich, Germany: Springer-Verlag.
- Weber, Harald. 2010. *Erstellung nutzerindividueller Dokumente für die Vermittlung von Produktentwicklungswissen durch den Einsatz von Topic Maps*: Düsseldorf : VDI-Verl. , 2010. - XII, 151 S.
- Weber, Harald, Marko Lenhart, and Herbert Birkhofer. 2008. User Specific Supply of Documents for Product Development Knowledge by Means of a Comprehensive Topic Map Application. In *Proceedings of the 10th International Design Conference - DESIGN 2008*. Dubrovnik, Croatia.
- Weinert, Franz-E. 1999. *Konzepte der Kompetenz*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).

- Welp, Ewald, Tim Sadek, Ralf Theiß, and Matthias Köster. 2008. Ansatz einer wissensbasierten Beschreibungssprache zur funktionsorientierten Beschreibung von hybriden Leistungsbündeln. In *Proceedings of the 19. Symposium "Design for X"*. Neukirchen.
- Wertheimer, Max. 1964. *Produktives Denken*. 2. Aufl. ed. Frankfurt a. M.: Kramer.
- Wesoly, Michael, Peter Ohlhausen, and Michael Bucher. 2009. "Wissensmanagement." In *Handbuch Unternehmensorganisation : Strategien, Planung, Umsetzung*, edited by Hans-Jörg Bullinger, Dieter Spath, Hans-Jürgen Warnecke and Engelbert Westkämper, Online-Ressource (digital). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Willke, Helmut. 2001. *Systemisches Wissensmanagement : 9 Tabellen*. 2., neubearb. Aufl. ed, *UTB ; 2047 : Soziologie, Wirtschaftswissenschaften*. Stuttgart: Lucius und Lucius.
- Wögerbauer, Hugo. 1943. *Die Technik des Konstruierens*. 2. Aufl. ed. München: Oldenbourg.
- Zingel, Christian, Albert Albers, Sven Matthiesen, and Michael Maletz. 2012. "Experiences and Advancements from One Year of Explorative Application of an Integrated Model-Based Development Technique Using C&C<sup>2</sup>-A in SysML." *International Journal of Computer Science* no. 34-39 (2):165-181.

### **Betreute Studien-, Diplom-, Bachelor- und Masterarbeiten**

- Schrieck, Volker, Tarak Turki (Co-Betreuer), and Albert Albers (Betreuer). 2009. Recherche der Methoden und Verfahren zur Auslegung, Gestaltung und Validierung mikroskopischer Gleitlager hinsichtlich des Umbaus des Mikrosystemprüfstandes. Studienarbeit, IPEK - Institut für Produktentwicklung, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.
- Ingenhoven, Benjamin, Tarak Turki (Co-Betreuer), and Albert Albers (Betreuer). 2010. Weiterentwicklung eines Mikrozahnradprüfstandes zu einem Mikrogleitlagerprüfstand. Studienarbeit, IPEK - Institut für Produktentwicklung, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.
- Rosianu, Paul-Theodor, Tarak Turki (Co-Betreuer), and Albert Albers (Betreuer). 2010. Entwicklung einer Methode zur Identifikation von Entwurfsmustern für die urformende Mikrosystemtechnik mittels des Contact and Channel Models. Diplomarbeit, IPEK - Institut für Produktentwicklung, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.
- Wald, Felix, Tarak Turki (Co-Betreuer), and Albert Albers (Betreuer). 2010. Entwickeln einer Methode zur Identifikation und Darstellung von Prozessmustern.

Diplomarbeit, IPEK - Institut für Produktentwicklung, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.

Ewen, Christian, Tarak Turki (Co-Betreuer), and Albert Albers (Betreuer). 2012. Wissensmanagementaspekte beim Austausch von Erfahrung in der Produktentwicklung. Diplomarbeit, IPEK - Institut für Produktentwicklung, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.

Gruener, Florian, Tarak Turki (Co-Betreuer), and Albert Albers (Betreuer). 2013. Transfermodell von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung. Diplomarbeit, IPEK - Institut für Produktentwicklung Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.

Hampel, Tobias, Tarak Turki (Co-Betreuer), and Albert Albers (Betreuer). 2013. Ansatz zur Beurteilung von Erfahrungswissen – Dreyfus Modell für die Produktentwicklung. Studienarbeit, IPEK - Institut für Produktentwicklung, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.

## 11 Anhang

### Anhang 1: Angeschriebene Unternehmen für die Online-Umfrage

- ABM Greiffenberger Antriebstechnik GmbH
- Adam Opel AG
- aichele Group GmbH + Co. KG
- Andreas Stihl AG & Co. KG
- AUDI AG
- Automatisierungs-und Fördertechnik GmbH & Co. KG
- AVL List GmbH
- BLANCO GmbH + Co. KG
- BMW AG
- Bosch Rexroth AG
- Bremskerl - Reibbelagwerke Emmerling GmbH & Co.KG
- Brita GmbH
- BRP-Rotax GmbH & Co. KG
- BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH
- Chr. Mayr GmbH + Co. KG
- Continental
- Daimler AG
- Danfoss GmbH
- Denso Automotive Deutschland GmbH
- Dr. Ing. h.c. F.Porsche AG
- FIX Maschinenbau GmbH
- FM Systeme Förder- u. Montagetechnik
- Ford Werke AG
- FUCHS Europe Schmierstoffe GmbH
- GSA Automation GmbH
- Heidelberger Druckmaschinen AG
- Heinrich Mack GmbH & Co.
- Hilti Entwicklungsgesellschaft mbH
- Hymmen GmbH
- ifc composite GmbH
- INA-Schäffler KG
- iwis Antriebssysteme GmbH
- J. Eberspächer GmbH & Co. KG

- John Deere Werke Mannheim
- Kässbohrer Geländefahrzeug AG
- KaVo Innovations Gesellschaft mbH
- Klüber Lubrication München KG
- Kostal Kontakt Systeme GmbH
- Liebherr-Elektronik GmbH
- LMS Deutschland GmbH
- Lorch Schweißtechnik GmbH
- LuK Friction GmbH
- LuK GmbH & Co. KG
- MANN+HUMMEL GMBH
- MBtech Powertrain GmbH
- Mercedes-AMG GmbH
- Metabowerke GmbH & Co.
- miCos GmbH
- Mubea Tellerfedern GmbH
- Müller + Klein Ingenieurbüro für Bauwesen GmbH
- OPEL Powertrain GmbH
- Ortlinghaus- Werke GmbH
- Palfinger Hebetchnik GmbH
- pawisda systems GmbH
- phi GmbH
- Porsche Engineering Services GmbH
- PTC - Parametric Technology GmbH
- Raybestos Industrie-Produkte GmbH
- Renk AG
- Ricardo Deutschland GmbH
- Robert Bosch GmbH
- Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG
- Rosenbauer International AG
- Schaeffler Friction Products GmbH
- Schaeffler KG
- Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG
- SEW-Eurodrive GmbH & Co. KG
- SGL Brakes GmbH
- Siemens AG
- SMS Demag AG
- SPX Flow Technology

- Thales Rail Signalling Solutions GmbH
- TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG
- TRW Fahrwerksysteme GmbH & Co. KG
- Vibracoustic GmbH & Co. KG
- Voith Paper Fiber & Environmental Solutions GmbH & Co. KG
- Voith Turbo GmbH & Co. KG
- Volkswagen AG
- Westinghouse Electric Germany GmbH
- ZF Friedrichshafen AG
- ZF Getriebe GmbH
- ZF Lemförder Fahrwerktechnik GmbH & Co. KG
- ZF Lenksysteme GmbH
- ZF Sachs AG
- Ziegler Produktionssysteme GmbH & Co. KG

## **Anhang 2: Anschreiben der Online-Umfrage**

Sehr geehrter Herr Mustermann,

darf ich Sie als langjährigen Partner und Freund des IPEK herzlich um Unterstützung bei unserer Forschung bitten?

Am IPEK - Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) erforschen wir unter anderem die Bedeutung von Erfahrungswissen im Produktentwicklungsprozess. Dabei ist es uns ein besonderes Anliegen, dass unsere Forschungsergebnisse einen Nutzen in der praktischen Anwendung haben. Ihre fachkundige Meinung kann uns dazu wertvolle Einsichten aus der Praxis liefern.

Deshalb bitten wir Sie um etwa 10-15 Minuten Ihrer Zeit, um an unserer Online-Umfrage zum Thema Erfahrungswissen bis zum 31. März 2012 teilzunehmen.

Die Umfrage ist anonym und Sie können einzelne Fragen jederzeit überspringen.

Nach Beendigung der Umfrage werden die Ergebnisse vom 1. bis zum 30. Juni 2012 unter [http://www.ipek.kit.edu/21\\_882.php](http://www.ipek.kit.edu/21_882.php) veröffentlicht. Für Fragen zur Umfrage oder zum Forschungsgebiet dürfen Sie sich gerne an Herrn Tarak Turki wenden.

Wir freuen uns, wenn Sie Ihre Kollegen im Bereich der Entwicklung auf diese Umfrage aufmerksam machen und bedanken uns herzlich für Ihre Unterstützung.

Mit freundlichen Grüßen,

## Anhang 3: Fragebogen der Online-Umfrage



Mit dieser Umfrage wollen wir erkunden, welchen Stellenwert Erfahrungswissen im Entwicklungsprozess einnimmt und welche Ansätze zur Förderung des Erfahrungsaustauschs am meisten Erfolg versprechen.

Diese Umfrage besteht aus 14 Fragen.  
Für eine vollständige Bearbeitung dieser Umfrage benötigen Sie etwa 10-15 Minuten. Sie können einzelne Fragen überspringen oder nur teilweise beantworten. Wir sind an einer möglichst vollständigen Bearbeitung der Umfrage interessiert.

**Willkommen am IPEK bei der Umfrage zum Thema Erfahrungswissen in der Produktentwicklung.**

**Eine Bemerkung zum Datenschutz**  
Dies ist eine anonyme Umfrage.  
Die Daten mit Ihren Antworten enthalten keinerlei auf Sie zurückzuführende/identifizierende Informationen, es sei denn bestimmte Fragen haben Sie explizit danach gefragt. Wenn Sie für diese Umfrage einen Zugangsschlüssel benutzt haben, so können Sie sicher sein, dass der Zugangsschlüssel nicht zusammen mit den Daten abgespeichert wurde. Er wird in einer getrennten Datenbank aufbewahrt und nur aktualisiert, um zu speichern, ob Sie diese Umfrage abgeschlossen haben oder nicht. Es gibt keinen Weg die Zugangsschlüssel mit den Umfrageergebnissen zusammenzuführen.

[Zwischengespeicherte Umfrage laden](#) [Weiter >>](#) [Umfrage verlassen und löschen](#)



Mit dieser Umfrage wollen wir erkunden, welchen Stellenwert Erfahrungswissen im Entwicklungsprozess einnimmt und welche Ansätze zur Förderung des Erfahrungsaustauschs am meisten Erfolg versprechen.

Diese Umfrage besteht aus 14 Fragen.  
Für eine vollständige Bearbeitung dieser Umfrage benötigen Sie etwa 10-15 Minuten. Sie können einzelne Fragen überspringen oder nur teilweise beantworten. Wir sind an einer möglichst vollständigen Bearbeitung der Umfrage interessiert.

### Allgemein

**Frage 1: Wie viele Mitarbeiter hat Ihr Unternehmen?**

1 - 49

50 - 499

Mehr als 500

keine Antwort

**Frage 2: Welcher Branche kann man Ihr Unternehmen zuordnen?**

Automobilindustrie

Bauwesen

Chemische Industrie

Elektroindustrie

Maschinen- oder Anlagenbau

Staatliches Unternehmen oder öffentliche Einrichtung

Keine Angabe

Andere:

**Frage 3: Welche Produktart oder Dienstleistung bietet Ihr Unternehmen hauptsächlich an?**

Großserie

Mittlere Stückzahlen oder Kleinserie

Individuelle Lösungen (z.B. im Anlagenbau oder im Bauwesen)

keine Antwort

**Frage 4: Welche Position haben Sie im Unternehmen?**

Geschäftsführung

Personalverantwortung für mehr als 10 Mitarbeiter

Personalverantwortung für 1 bis 10 Mitarbeiter

Keine Personalverantwortung

keine Antwort



Mit dieser Umfrage wollen wir erkunden, welchen Stellenwert Erfahrungswissen im Entwicklungsprozess einnimmt und welche Ansätze zur Förderung des Erfahrungsaustauschs am meisten Erfolg versprechen.

Diese Umfrage besteht aus 14 Fragen.  
Für eine vollständige Bearbeitung dieser Umfrage benötigen Sie etwa 10-15 Minuten. Sie können einzelne Fragen überspringen oder nur teilweise beantworten. Wir sind an einer möglichst vollständigen Bearbeitung der Umfrage interessiert.

### Erfahrungswissen

**Frage 5: Bitte wählen Sie die Elemente aus, die Sie mit *Erfahrungswissen* in Verbindung bringen. Sie können im Textfeld darunter eigene Stichworte oder kurze Sätze hinzufügen.**

<input type="checkbox"/> explizites Wissen	<input type="checkbox"/> umfasst Werte und Ideale
<input type="checkbox"/> implizites Wissen	<input type="checkbox"/> gut verbalisierbar
<input type="checkbox"/> personengebunden	<input type="checkbox"/> schlecht verbalisierbar
<input type="checkbox"/> nicht personengebunden	<input type="checkbox"/> kontextbezogen
<input type="checkbox"/> umfasst Gefühle	<input type="checkbox"/> kontextunabhängig

**Beschreibung Erfahrungswissen (Stichworte oder kurze Sätze):**

Später Fortfahren<< ZurückWeiter >>Umfrage verlassen und löschen

Mit dieser Umfrage wollen wir erkunden, welchen Stellenwert Erfahrungswissen im Entwicklungsprozess einnimmt und welche Ansätze zur Förderung des Erfahrungsaustauschs am meisten Erfolg versprechen.

Diese Umfrage besteht aus 14 Fragen.

Für eine vollständige Bearbeitung dieser Umfrage benötigen Sie etwa 10-15 Minuten. Sie können einzelne Fragen überspringen oder nur teilweise beantworten. Wir sind an einer möglichst vollständigen Bearbeitung der Umfrage interessiert.

### Wissensmanagement

#### Frage 6: Wie wichtig ist Erfahrungswissen?

	sehr wichtig	wichtig	eher wichtig	eher unwichtig	unwichtig	sehr unwichtig	keine Antwort
Für Ihre tägliche Arbeit	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					
Für Ihren Unternehmensbereich	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					
Für Ihr Unternehmen	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					
Für Ihre Branche	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					

#### Frage 7: Wie bewerten Sie die Effektivität der Nutzung von vorhandenem Erfahrungswissen?

	sehr gut	gut	eher gut	eher schlecht	schlecht	sehr schlecht	keine Antwort
In Ihrem Unternehmensbereich	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					
In Ihrem Unternehmen	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					
In Ihrer Branche	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					

Die folgenden 2 Fragen helfen uns, den Erfahrungsaustausch in den Gesamtkontext Ihres Unternehmens zu stellen.

#### Frage 8: Wie beurteilen Sie Ihr Unternehmen bei folgenden Aktivitäten?

	sehr gut	gut	eher gut	eher schlecht	schlecht	sehr schlecht	keine Antwort
Gestaltung einer offenen Kommunikationskultur	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					
Aktive Förderung des Erfahrungsaustauschs	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					
Strategische Unternehmensplanung unter Berücksichtigung der vorhandenen und der zukünftig benötigten Kompetenzen	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					
Gezielte Entwicklung individueller Kompetenzen	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					
Frühzeitige Sicherung von Erfahrungswissen	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					
Förderung von Wissensnetzwerken	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					

#### Frage 9: Wie schätzen Sie den Handlungsbedarf in Ihrem Unternehmen bei den folgenden Aktivitäten ein?

	sehr hoch	hoch	eher hoch	eher niedrig	niedrig	sehr niedrig	keine Antwort
Gestaltung einer offenen Kommunikationskultur	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					
Aktive Förderung des Erfahrungsaustauschs	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					
Strategische Unternehmensplanung unter Berücksichtigung der vorhandenen und der zukünftig benötigten Kompetenzen	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					
Gezielte Entwicklung individueller Kompetenzen	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					
Frühzeitige Sicherung von Erfahrungswissen	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					
Förderung von Wissensnetzwerken	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					

**Frage 10: Welche Hindernisse für die Weitergabe von Erfahrungswissen können Sie in Ihrem Unternehmen identifizieren? Wie bewerten Sie den Einfluss dieser Hindernisse? Sie können in den Textfeldern darunter weitere Hindernisse und Anmerkungen hinzufügen.**

	sehr groß	groß	eher groß	eher klein	klein	sehr klein	keine Antwort
Mangel an Vertrauen	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					
Wissen ist Macht	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					
Mangelnde Kommunikationskompetenz	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					
Mangelndes <u>Sozialkapital</u>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					
Starre Organisationsstrukturen	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					
Zeitmangel	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					
Räumliche Distanz	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					

**Textfelder für weitere Hindernisse:**

1.
2.
3.
4.
5.
6.

**Textfeld für Ihre Anmerkungen zu den Hindernissen:**

[Später Fortfahren](#)

[<< Zurück](#)

[Weiter >>](#)

[Umfrage verlassen und löschen](#)

Mit dieser Umfrage wollen wir erkunden, welchen Stellenwert Erfahrungswissen im Entwicklungsprozess einnimmt und welche Ansätze zur Förderung des Erfahrungsaustauschs am meisten Erfolg versprechen.

Diese Umfrage besteht aus 14 Fragen.

Für eine vollständige Bearbeitung dieser Umfrage benötigen Sie etwa 10-15 Minuten. Sie können einzelne Fragen überspringen oder nur teilweise beantworten. Wir sind an einer möglichst vollständigen Bearbeitung der Umfrage interessiert.

### Instrumente 1

#### Frage 11: Welche Instrumente und Methoden werden in Ihrem Unternehmen eingesetzt?

	regel- mäßig	manch- mal	Einsatz geplant	wird nicht eingesetzt	kenne ich nicht	keine Antwort
Instrumente zur Stärkung des Face-to-Face-Austauschs ( <a href="#">Beispiele</a> )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Anreizinstrumente zur Förderung des gezielten Wissensaustauschs ( <a href="#">Beispiele</a> )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Instrumente zur Wissensfindung ( <a href="#">Beispiele</a> )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Aufbereitung von Erfahrung ( <a href="#">Beispiele</a> )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Wissenstransfer- und Bildung durch zielgerichtete Zusammenarbeit in Gruppen ( <a href="#">Beispiele</a> )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mentoring/Mentoren-Programme, Coaching ( <a href="#">Info</a> )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Instrumente für den Erfahrungstransfer kurz vor dem Ausscheiden eines Mitarbeiters ( <a href="#">Beispiele</a> )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Systematische Übersicht und Weiterentwicklung der fachlichen Kompetenzen der Mitarbeiter ( <a href="#">Beispiele</a> )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Kommunikationstraining der Mitarbeiter	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Überprüfung der Kommunikationskompetenzen ( <a href="#">Beispiele</a> )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Problemlösungsorientierte Simulationsinstrumente ( <a href="#">Beispiele</a> )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

[Später Fortfahren](#)

[<< Zurück](#)

[Weiter >>](#)

[Umfrage verlassen und löschen](#)

Mit dieser Umfrage wollen wir erkunden, welchen Stellenwert Erfahrungswissen im Entwicklungsprozess einnimmt und welche Ansätze zur Förderung des Erfahrungsaustauschs am meisten Erfolg versprechen.

Diese Umfrage besteht aus 14 Fragen.

Für eine vollständige Bearbeitung dieser Umfrage benötigen Sie etwa 10-15 Minuten. Sie können einzelne Fragen überspringen oder nur teilweise beantworten. Wir sind an einer möglichst vollständigen Bearbeitung der Umfrage interessiert.

**Frage 12: Bewerten Sie die Effektivität der Instrumente und Methoden hinsichtlich der Nutzung bzw. Erschließung von Erfahrungswissen. Welche Instrumente und Methoden schätzen Sie darüber hinaus als effizient ein?**

	sehr effektiv und effizient	sehr effektiv	effektiv	teils effektiv	schlechte Effektivität	nicht geeignet	keine Antwort
Instrumente zur Stärkung des Face-to-Face-Austauschs ( <a href="#">Beispiele</a> )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Anreizinstrumente zur Förderung des gezielten Wissensaustauschs ( <a href="#">Beispiele</a> )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Instrumente zur Wissensfindung ( <a href="#">Beispiele</a> )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Aufbereitung von Erfahrung ( <a href="#">Beispiele</a> )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Wissenstransfer- und Bildung durch zielgerichtete Zusammenarbeit in Gruppen ( <a href="#">Beispiele</a> )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mentoring/Mentoren-Programme, Coaching ( <a href="#">Info</a> )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Instrumente für den Erfahrungstransfer kurz vor dem Ausscheiden eines Mitarbeiters ( <a href="#">Beispiele</a> )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Systematische Übersicht und Weiterentwicklung der fachlichen Kompetenzen der Mitarbeiter ( <a href="#">Beispiele</a> )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Kommunikationstraining der Mitarbeiter	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Überprüfung der Kommunikationskompetenzen ( <a href="#">Beispiele</a> )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Problemlösungsorientierte Simulationsinstrumente ( <a href="#">Beispiele</a> )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

[Später Fortfahren](#)

[<< Zurück](#)

[Weiter >>](#)

[Umfrage verlassen und löschen](#)



KIT  
Karlsruher Institut für Technologie



IPEK  
Institut für Produktentwicklung  
am KIT • a. Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. A. Albers

Mit dieser Umfrage wollen wir erkunden, welchen Stellenwert Erfahrungswissen im Entwicklungsprozess einnimmt und welche Ansätze zur Förderung des Erfahrungsaustauschs am meisten Erfolg versprechen.

Diese Umfrage besteht aus 14 Fragen.  
Für eine vollständige Bearbeitung dieser Umfrage benötigen Sie etwa 10-15 Minuten. Sie können einzelne Fragen überspringen oder nur teilweise beantworten. Wir sind an einer möglichst vollständigen Bearbeitung der Umfrage interessiert.

**Persönliches und Feedback über die Umfrage**

**Frage 13: Auf wie viele Jahre Berufstätigkeit können Sie zurückblicken?**

**Frage 14: Wie viele Berufsjahre haben Sie davon im Bereich Konstruktion/Produktentwicklung gearbeitet?**

**Ihre Anmerkungen (zu einzelnen Fragen, zur Umfrage, Feedback, was Sie uns mitteilen möchten):**

Später Fortfahren<< ZurückAbsendenUmfrage verlassen und löschen

Vielen Dank für Ihre Teilnahme. Wir freuen uns, wenn Sie Ihre Kollegen in der Produktentwicklung auf diese Umfrage aufmerksam machen.

Nach Beendigung der Umfrage werden die Ergebnisse unter [http://www.ipek.kit.edu/21\\_882.php](http://www.ipek.kit.edu/21_882.php) veröffentlicht. Für Fragen zur Umfrage oder zum Forschungsgebiet wenden Sie sich bitte an Tarak Turki (tarak.turki@kit.edu).

### Anhang 3: Ergebnisse der Online-Umfrage

**Frage 1:** Wie viele Mitarbeiter hat ihr Unternehmen?

	Häufigkeit (Absolut)
1-49	2
50-499	5
Mehr als 500	51
Keine Antwort	0
Summe	58

**Frage 2:** Welcher Branche kann man Ihr Unternehmen zuordnen?

	Häufigkeit (absolut)
Automobilindustrie	30
Maschinen- oder Anlagenbau	19
Elektroindustrie	2
Bauwesen	2
Konsumgüterindustrie	2
Sonstige	3
Summe	58

**Frage 3:** Welche Produktart oder Dienstleistung bietet Ihr Unternehmen hauptsächlich an?

	Häufigkeit (absolut)
Großserie	33
Mittlere Stückzahlen oder Kleinserie	13
Individuelle Lösungen	11
Keine Antwort	1
Summe	58

**Frage 4:** Welche Position haben Sie im Unternehmen?

	Häufigkeit (absolut)
Geschäftsführung	4
Personalverantwortung für mehr als 10 Mitarbeiter	16
Personalverantwortung für 1 bis 10 Mitarbeiter	15
Keine Personalverantwortung	21
Keine Angabe	2
Summe	58

**Frage 5:** Bitte wählen Sie die Elemente aus, die Sie mit Erfahrungswissen in Verbindung bringen?

	Häufigkeit (absolut)
explizites Wissen	31
implizites Wissen	37
personengebunden	44
nicht personengebunden	6
umfasst Gefühle	19
umfasst Werte und Ideale	20
gut verbalisierbar	17
schlecht verbalisierbar	25
kontextbezogen	30
kontextunabhängig	8

**Frage 6:** Wie wichtig ist Erfahrungswissen?

	Für Ihre tägliche Arbeit	Für Ihren Unternehmensbereich	Für Ihr Unternehmen	Für Ihre Branche
sehr wichtig	27	23	21	13
wichtig	28	30	33	36
eher wichtig	2	4	4	7
eher unwichtig	1	1	0	1
unwichtig	0	0	0	0
sehr unwichtig	0	0	0	0
keine Antwort	0	0	0	1
Summe	58	58	58	58

**Frage 7:** Wie bewerten Sie die Effektivität der Nutzung von vorhandenem Erfahrungswissen?

	In Ihrem Unternehmensbereich	In Ihrem Unternehmen	In Ihrer Branche
sehr gut	11	5	3
gut	20	19	17
eher gut	13	15	18
eher schlecht	12	13	14
schlecht	2	5	1
sehr schlecht	0	0	0
keine Antwort	0	1	5
Summe	58	58	58

**Frage 8:** Wie beurteilen Sie Ihr Unternehmen bei folgenden Aktivitäten?

	Gestaltung einer offenen Kommunikationskultur	Aktive Förderung des Erfahrungsaustauschs	Strategische Unternehmensplanung	Gezielte Entwicklung individueller Kompetenzen	Frühzeitige Sicherung von Erfahrungswissen	Förderung von Wissensnetzwerken
<b>sehr gut</b>	9	5	7	4	1	3
<b>gut</b>	20	15	12	17	9	9
<b>eher gut</b>	12	18	14	20	11	18
<b>eher schlecht</b>	11	12	8	9	19	16
<b>schlecht</b>	4	6	8	5	10	6
<b>sehr schlecht</b>	0	1	4	1	6	4
<b>keine Antwort</b>	2	1	5	2	2	2
<b>Summe</b>	58	58	58	58	58	58

**Frage 9:** Wie schätzen Sie den Handlungsbedarf in Ihrem Unternehmen bei den folgenden Aktivitäten ein?

	Gestaltung einer offenen Kommunikationskultur	Aktive Förderung des Erfahrungsaustauschs	Strategische Unternehmensplanung	Gezielte Entwicklung individueller Kompetenzen	Frühzeitige Sicherung von Erfahrungswissen	Förderung von Wissensnetzwerken
<b>sehr hoch</b>	8	11	9	8	12	6
<b>hoch</b>	12	15	20	15	19	16
<b>eher hoch</b>	12	17	7	15	16	21
<b>eher niedrig</b>	14	9	11	13	6	8
<b>niedrig</b>	9	3	4	3	2	3
<b>sehr niedrig</b>	0	0	1	1	0	1
<b>keine Antwort</b>	3	3	6	3	3	3
<b>Summe</b>	58	58	58	58	58	58

**Frage 10:** Welche Hindernisse für die Weitergabe von Erfahrungswissen können Sie in ihrem Unternehmen identifizieren? Wie bewerten Sie den Einfluss dieser Hindernisse?

	Mangel an Vertrauen	Wissen ist Macht	Mangelnde Kommunikationskompetenz	Mangelndes Sozialkapital	Starre Organisationsstrukturen	Zeitmangel	Räumliche Distanz
<b>sehr groß</b>	3	3	5	2	5	13	5
<b>groß</b>	10	13	10	12	12	21	12
<b>eher groß</b>	6	7	13	5	14	15	13
<b>eher klein</b>	18	22	17	20	11	3	11
<b>klein</b>	11	5	6	11	6	3	6
<b>sehr klein</b>	4	4	2	2	5	1	8
<b>keine Antwort</b>	6	4	5	6	5	2	3
<b>Summe</b>	58	58	58	58	58	58	53

**Frage 11:** Welche Instrumente und Methoden werden in Ihrem Unternehmen eingesetzt?

	Face-to-Face-Austausch	Anreiz-instrumente	Wissens-findung	Aufbereitung von Erfahrung	Zusammenarbeit in Gruppen
regelmäßig	15	5	10	11	16
manchmal	30	15	20	28	17
Einsatz geplant	2	2	4	4	4
wird nicht eingesetzt	8	24	18	8	13
kenne ich nicht	0	6	2	3	5
keine Angabe	3	6	4	4	3
gesamt	58	58	58	58	58

Mentoring Coaching	Transfer vor dem Ausscheiden	Weiterentwicklung fachlicher Kompetenzen	Kommunikationstraining	Überprüfung Kommunikationskompetenzen	Simulationsinstrumente
9	8	10	7	6	3
27	13	30	27	14	17
0	4	6	3	3	1
11	19	8	15	24	23
3	9	0	2	7	10
8	5	4	4	4	4
58	58	58	58	58	58

**Frage 12:** Bewerten Sie die Effektivität der Instrumente und Methoden hinsichtlich der Nutzung bzw. Erschließung von Erfahrungswissen. Welche Instrumente und Methoden schätzen Sie darüber hinaus als effizient ein?

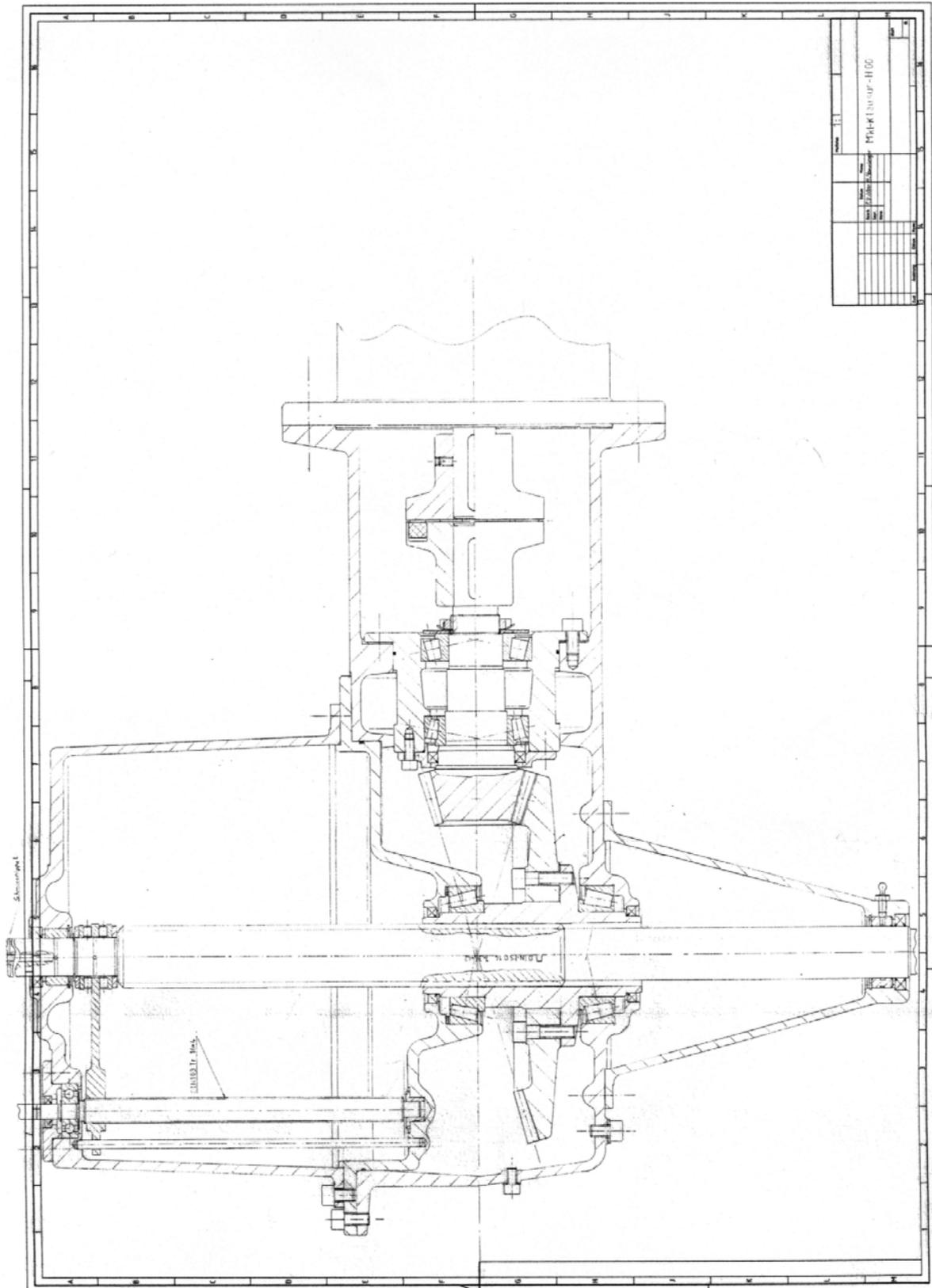
	Face-to-Face-Austausch	Anreiz-instrumente	Wissens-findung	Aufbereitung von Erfahrung	Zusammenarbeit in Gruppen
Sehr effektiv und effizient	13	3	1	3	9
Sehr effektiv	16	10	8	24	13
effektiv	15	16	21	20	13
teils teils	4	17	18	3	10
Schlechte Effektivität	1	1	3	0	1
nicht geeignet	0	2	0	0	0
keine Antwort	9	9	7	8	12
<b>Summe</b>	<b>58</b>	<b>58</b>	<b>58</b>	<b>58</b>	<b>58</b>

Mentoring Coaching	Transfer vor dem Ausscheiden	Weiterentwicklung fachlicher Kompetenzen	Kommunikationstraining	Überprüfung Kommunikationskompetenzen	Simulationsinstrumente
11	7	9	2	2	2
13	13	16	15	6	4
21	14	16	16	7	14
5	8	9	14	21	18
0	3	1	6	6	1
0	1	1	0	9	6
8	12	6	5	7	13
<b>58</b>	<b>58</b>	<b>58</b>	<b>58</b>	<b>58</b>	<b>58</b>

**Frage 13 und 14:** Berufserfahrung der Umfrageteilnehmer

	Berufserfahrung (Berufsjahre)	Davon Berufserfahrung in der Konstruktion/Produktentwicklung (Berufsjahre)
<b>Gesamtsumme</b>	<b>885</b>	<b>709</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>15,26</b>	<b>12,22</b>

## Anhang 4: Lösungsvorschlag für die Aufgabenstellung der Vorher-Nachher-Messung



**Anhang 5: Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Aufbau der Arbeit.....	5
Abbildung 2: Produktlebenszyklus nach ALBERS .....	8
Abbildung 3: Problem als Different zwischen dem IST und der Vorstellung vom SOLL .....	9
Abbildung 4: Problemarten nach ALBERS.....	10
Abbildung 5: SPALTEN Vorgehensmodell für Problemlösung.....	11
Abbildung 6: Konzepte der Systemtheorie nach ROPOHL .....	14
Abbildung 7: Durchgängigkeit als Bindeglied zwischen Ganzheitlichkeit und Anwendbarkeit.....	16
Abbildung 8: System der Produktentstehung.....	18
Abbildung 9: Zentrale Aktivitäten: Synthese und Validierung .....	18
Abbildung 10: Transformation von Zielen in Objekte im Problemlösungsprozess ....	19
Abbildung 11: ein vereinfachtes Contact & Channel Modell .....	20
Abbildung 12: Das integrierte Produktentstehungsmodell (iPeM) nach ALBERS .....	21
Abbildung 13: Systemkonstrukteur (v.a. synthetisierend tätig) und Validierungsingenieur (v.a. analysierend tätig) bilden die Gruppe der Entwicklungsingenieure.....	23
Abbildung 14: Beispiele für Kreativitätswolke-Übungen .....	26
Abbildung 15: Die Wissenstreppe nach NORTH .....	27
Abbildung 16: Die Beziehungen zwischen den Ebenen der Begriffshierarchie .....	28
Abbildung 17: Das Verhältnis von explizitem und implizitem Wissen .....	31
Abbildung 18: Innovationsparadoxen (schematische Darstellung) .....	37
Abbildung 19: Definition von Informationspathologien nach SCHOLL .....	39
Abbildung 20: Kompetenzmodell und die zentralen erfolgsdeterminierenden Einflussfaktoren nach BADKE-SCHAUB und FRANKENBERGER.....	51
Abbildung 21: Handlungskompetenz in der Produktentwicklung nach GEIS .....	53
Abbildung 22: Entstehung von Erfahrungswissen durch objektivierendes und subjektivierendes Arbeitshandeln .....	69
Abbildung 23: Der Lernprozess in der behavioristischen Lerntheorie.....	72
Abbildung 24: Der Lernprozess in der kognitivistischen Lerntheorie .....	73

---

Abbildung 25: Der Lernprozess in der konstruktivistischen Lerntheorie .....	74
Abbildung 26: Kategorien geteilter mentaler Modelle nach NEUMANN, BADKE-SCHAUB, und LAUCHE .....	81
Abbildung 27: Der Erkenntniswert empirischer Untersuchungen nach LÜDCKE .....	91
Abbildung 28: Berufserfahrung in Berufsjahren (Gesamtanzahl der Teilnehmer = 58) .....	102
Abbildung 29: Unternehmensgröße in Abhängigkeit der Anzahl der Teilnehmer (Anteile in Prozent der Teilnehmer) .....	102
Abbildung 30: Produktart (Anteile in Prozent der Teilnehmer).....	103
Abbildung 31: Branchenzugehörigkeit (Anzahl der Teilnehmer).....	103
Abbildung 32: Position der Teilnehmer im Unternehmen .....	104
Abbildung 33: Charakteristik von Erfahrungswissen (Anteile in Prozent der Teilnehmer, Mehrfachnennungen möglich) .....	106
Abbildung 34: Wichtigkeit von Erfahrungswissen (Anteile in Prozent der Teilnehmer) .....	107
Abbildung 35: Effektivität der Nutzung von vorhandenem Erfahrungswissen (Anteile in Prozent der Teilnehmer).....	108
Abbildung 36: Beurteilung des Unternehmens hinsichtlich wissensrelevanter Aktivitäten (Anteile in Prozent der Teilnehmer) .....	109
Abbildung 37: Einschätzung des Handlungsbedarfs im eigenen Unternehmen hinsichtlich wissensrelevanter Aktivitäten (Anteile in Prozent der Teilnehmer) .....	110
Abbildung 38: Bewertete Hindernisse für die Weitergabe von Erfahrungswissen im eigenen Unternehmen (Anteile in Prozent der Teilnehmer, relativ bezogen auf die Position und gesamt).....	112
Abbildung 39: Eingesetzte Instrumente und Methoden (Anteile in Prozent der Teilnehmer) .....	115
Abbildung 40: Bewertung der eingesetzten Instrumente und Methoden (Anteile in Prozent der Teilnehmer).....	116
Abbildung 41: Stufenmodell für die Expertise nach DREYFUS .....	119
Abbildung 42: Ableitung der vier Fragen zur Charakterisierung der Expertisestufen in der Produktentwicklung .....	119
Abbildung 43: Ablaufmodell des problemzentrierten Interviews nach MAYRING .....	124

---

Abbildung 44: Notenverteilung der Prüfung Maschinenkonstruktionslehre Konstruktionsteil im Sommersemester 2011 für alle Studierenden (links) und die eingeladenen Studierenden (rechts) .....	125
Abbildung 45: Vereinfachte Darstellung des Hubschraubergetriebes.....	126
Abbildung 46: Beispiel einer Konstruktionszeichnung aus dem Konstruktionsteil der Prüfung Maschinenkonstruktionslehre in DIN A1 Format.....	127
Abbildung 47: Auszug aus der Auswertungstabelle.....	132
Abbildung 48: Notenverteilung der Prüfung Maschinenkonstruktionslehre Konstruktionsteil für die eingeladenen Studierenden (links) und die interviewten Studierenden (rechts).....	133
Abbildung 49: Zuordnung der dreizehn Probanden in dem Stufenmodell für die Expertise in der Produktentwicklung in den Themenbereichen Lagerung und Schmierung .....	133
Abbildung 50: Der Übergang vom Novizen zum fortgeschrittenen Anfänger.....	135
Abbildung 51: Der Übergang vom fortgeschrittenen Anfänger zum kompetenten Produktentwickler .....	136
Abbildung 52: Der Übergang vom kompetenten zum gewandten Produktentwickler .....	138
Abbildung 53: Der Übergang vom gewandten Produktentwickler zum Experten....	140
Abbildung 54: Stufenmodell für die Expertise in der Produktentwicklung.....	141
Abbildung 55: Ablaufmodell des qualitativen Experiments nach MAYRING.....	147
Abbildung 56: Beispiel für eine vereinfachte Darstellung eines Kegelradgetriebes bestehend aus drei Wellen, drei Kegelrädern und drei Welle-Nabe-Verbindungen .....	149
Abbildung 57: Projektverlauf im Fach Maschinenkonstruktionslehre im Laufe eines Semesters .....	149
Abbildung 58: Versuchsanordnung und experimenteller Eingriff im Verlauf der Projektarbeit .....	150
Abbildung 59: Beispiel für die Übung Kreativitätswolke (links) und eine typische studentische Lösung (rechts) .....	151
Abbildung 60: Aufgabenstellung für die Vorher-Nachher-Messung .....	152
Abbildung 61: Eine Lösungsalternative für die Aufgabenstellung der Vorher-Nachher-Messung.....	153

Abbildung 62: Beispiele für Zeichnungsergebnisse aus Versuchsgruppe (links: Vorher-Messung; mitte: Nachher-Messung) und aus der Vergleichsgruppe (rechts) .	155
Abbildung 63: Häufigkeiten der verwendeten Darstellungsformen der Versuchsgruppe in der Vorher- und Nachher-Messung und der Vergleichsgruppe .....	157
Abbildung 64: Häufigkeiten der erfüllten Funktionen der Versuchsgruppe in der Vorher- und Nachher-Messung und der Vergleichsgruppe .....	159
Abbildung 65: Stufenmodell für die Expertise in der Produktentwicklung .....	174

**Anhang 6: Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Allgemeine Forschungsfragen der Arbeit.....	4
Tabelle 2: Elemente des Karlsruher Lehrmodells für Produktentwicklung.....	24
Tabelle 3: Kompetenzbereiche des Karlsruher Lehrmodells für Produktentwicklung	25
Tabelle 4: Dichotomische Wissenssystematisierungen nach ROMHARDT .....	30
Tabelle 5: Merkmale impliziten und expliziten Wissens.....	33
Tabelle 6: Vier Formen der Wissensumwandlung nach NONAKA und TAKEUCHI .....	33
Tabelle 7: Merkmale von individuellem und kollektivem Wissen .....	35
Tabelle 8: Definition von Wissen in dieser Arbeit.....	41
Tabelle 10: Beispiele für Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung der Entstehung oder der Vermittlung von Erfahrungswissen.....	46
Tabelle 11: Teilkompetenzen der Handlungskompetenz nach BUNK.....	50
Tabelle 12: Stufenmodell für die Expertiseentwicklung nach DREYFUS und DREYFUS	57
Tabelle 13: Lerntheorien im Vergleich .....	76
Tabelle 14: Beispiel für Metaphern als sprachliche Repräsentation mentaler Modelle .....	78
Tabelle 15: Unterschiede zwischen qualitativer und quantitativer Forschung .....	84
Tabelle 16: Forschungsfragen der Arbeit .....	94
Tabelle 17: Erwartete Ergebnisse der Arbeit .....	95
Tabelle 18: Zusätzlich genannte Hindernisse für die Weitergabe von Erfahrungswissen.....	113
Tabelle 19: Instrumentengruppen mit Beispielen und Hauptwirkungsrichtungen ...	114
Tabelle 20: Leitfadenfragen für die Interviews .....	129
Tabelle 21: Qualitative Inhaltsanalyse nach MAYRING .....	131
Tabelle 22: Vereinfachte Darstellung als Visualisierungswerkzeug für mentale Modelle.....	145
Tabelle 23: Eingriffstechniken des qualitativen Experiments.....	148
Tabelle 24: Anzahl der vereinfachten Darstellungen der Versuchs- bzw. der Vergleichsgruppe in der Vorher- bzw. in der Nachher-Messung .....	154
Tabelle 25: Kategoriensystem zur qualitativen Auswertung der Studie .....	156