

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Nicolas Reiß

**Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz  
in agilen Prozessen der PGE -  
Produktgenerationsentwicklung**

Approaches to increase the acceptance of methods  
in agile processes of PGE – Product Generation  
Engineering

Band 112

Systeme ■ Methoden ■ Prozesse

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. A. Albers  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. S. Matthiesen  
(Hrsg.)





Forschungsberichte



Dipl.-Wirtsch.-Ing. Nicolas Reiß

**Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz  
in agilen Prozessen der PGE -  
Produktgenerationsentwicklung**

Approaches to increase the acceptance of methods  
in agile processes of PGE – Product Generation  
Engineering

Band 112

Herausgeber: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. A. Albers  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. S. Matthiesen

Copyright: IPEK ▪ Institut für Produktentwicklung, 2018  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft

Alle Rechte vorbehalten

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

ISSN 1615-8113

# **Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz in agilen Prozessen der PGE - Produktgenerationsentwicklung**

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

genehmigte  
**Dissertation**

von  
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Nicolas Reiß  
aus Simmern

Tag der mündlichen Prüfung: 16. Juli 2018  
Hauptreferent: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Albert Albers  
Korreferent: Prof. Dr. h.c. Dr. h.c. Dr.-Ing. Herbert Birkhofer



## **Vorwort der Herausgeber (Stand: Juli 2017)**

Wissen ist einer der entscheidenden Faktoren in den Volkswirtschaften unserer Zeit. Der Unternehmenserfolg wird 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 seit mehr als 20 Jahren als eine Plattform zum Transfer und macht damit das Wissenspotenzial aus aktuellen Forschungsarbeiten am IPEK - Institut für Produktentwicklung Karlsruhe\* am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) verfügbar. Die Forschung des IPEK ist dabei strukturiert in die Kategorien Systeme, Methoden und Prozesse, um so der Komplexität heutiger Produktentwicklung ganzheitlich gerecht zu werden. Erst die Verknüpfung dieser drei Kategorien ermöglicht die Synthese innovativer Systeme durch Nutzung neuester Methoden und Prozesse. Gleichzeitig werden durch die Systemsynthese die erforschten neuen Methoden und Prozesse validiert und deren Mehrwert für die Praxis abgesichert. Dieses Forschungskonzept prägt nicht nur das IPEK-Leitbild sondern auch den Charakter dieser Schriftenreihe, da immer alle drei Kategorien und deren Wechselwirkungen berücksichtigt werden. Jeder Band setzt hier individuelle Schwerpunkte und adressiert dabei folgende Forschungsgebiete des IPEK:

- das Entwicklungs- und Innovationsmanagement,
- die Entwicklungs- und Konstruktionsmethodik,
- der Leichtbau von der Ebene des ganzen Systems bis hinunter zur Optimierung des Bauteils,
- die Validierung technischer Systeme auch unter Berücksichtigung der NVH Aspekte (Noise, Vibration, Harshness) mit dem Fokus auf Schwingungen und Akustik an Komponenten und in den Gesamtsystemen sowie deren subjektiver Beurteilung durch den Menschen,
- die Antriebssystemtechnik mit den Schwerpunkten komplette Antriebslösungen für Fahrzeuge und Maschinen,
  - das Design, die Tribologie und Erprobung von Kupplungen und Bremsen sowie
  - die Gerätetechnik mit dem Schwerpunkt auf Power-Tools.

Die Forschungsberichte stellen Ergebnisse unserer Forschung sowohl anderen Wissenschaftlern als auch den Unternehmen zu Verfügung um damit die Produktentwicklung in allen ihren Facetten mit innovativen Impulsen zu optimieren.

Albert Albers und Sven Matthiesen

\* Eh.: Institut für Maschinenkonstruktionslehre und Kraftfahrzeugbau, Universität Karlsruhe (TH)

## **Vorwort zu Band 112**

Das Entwickeln von technischen Lösungen zur Befriedigung von Bedürfnissen der Menschen sowohl im privaten als auch im gesellschaftlichen, sowie unternehmerischen Umfeld ist ein Kernprozess der Ingenieur Tätigkeit. Dabei ist dieser Prozess durch die zum Teil sprunghafte Entwicklung der technologischen Möglichkeiten – sowohl im Bereich der Mechanik als auch der Elektronik und Informationstechnologie – zunehmend komplexer geworden, da die Lösungsräume über alle Grenzen wachsen. In diesem Prozess des Erdenkens oder Erfindens von neuen Lösungskonzepten sowie deren Realisierung und Validierung ist nach meiner Überzeugung der Mensch – der Entwickler – das zentrale Element. Mit seinen kreativen und analytischen Fähigkeiten zur Synthese und Analyse ist er sowohl der Erzeuger neuer Lösungen als auch der Planer und Gestalter des Prozesses zu ihrer Realisierung. Grundsätzlich kann diese Tätigkeit als Problemlösungsprozess beschrieben werden. Ausgehend von einem zunächst beliebig vagen Ist-Zustand muss durch gezielte und strukturierte, aber auch agile Vorgehensweisen ein zukünftig geplanter, oft auch noch beliebig vager Soll-Zustand für ein technisches System erreicht werden. Dabei ist die für die Problemlösung zur Verfügung stehende Zeit – die Projektlaufzeit, oder Entwicklungszeit – oft ein kritisches Element, da durch den globalen Wettbewerb und die Wandlung der Märkte hin zu Käufermärkten ein hoher Druck auf eine schnelle Erneuerungsrate in der Produktentwicklung für die Produktprogramme der Unternehmen gegeben ist.

Wenn man den Produktbegriff nun auch noch adäquat erweitert, wie ich das in meiner Forschung konsequent realisiere, das heißt, das Produkt ist nicht nur die technische Lösung oder das technische System, sondern kann gleichzeitig auch zugehörige Services sowie gegebenenfalls auch noch neue Geschäftsmodelle enthalten, ist sofort klar, dass diese Entwicklungsaufgabe eine große Herausforderung darstellt.

Seit vielen Jahrzehnten versuchen die Ingenieurwissenschaften, insbesondere im Umfeld der Konstruktionswissenschaften, aber auch auf anderen Gebieten den Synthese- und Analyseprozess in der Produktentwicklung durch geeignete Methoden zu unterstützen. Dabei sind eine große Anzahl unterschiedlicher Methoden und Methodiken sowie mögliche Vorgehensweisen erforscht und formuliert worden. Allerdings sind diese Methoden häufig in einem akademischen Umfeld und unter akademischen Randbedingungen abgeleitet worden. Wie unter anderem BIRKHOFER in seinen Untersuchungen festgestellt hat, ist das Ankommen der Methoden in der praktischen Produktentwicklung noch immer als

ungenügend anzusehen. Obwohl – wenn im geeigneten Kontext und mit geeigneter Unterstützung eingesetzt – die Methoden erfolgreich genutzt worden sind, gibt es keine allgemeine Verbreitung und Akzeptanz gerade auch von komplexeren Methoden, die über das berühmte Brainstorming hinausgehen. Hier einen neuen Weg des Zugangs und der Vermittlung – und zwar situations- und bedarfsgerecht – zu finden, ist eine wichtige Forschungsfrage, die für die gesamte wissenschaftliche Entwicklungsmethodik von großer Bedeutung ist, um so auch einen nachhaltigen Umsetzungserfolg zu erreichen.

An dieser Stelle setzt die wissenschaftliche Arbeit von Herrn Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing Nicolas Reiß an. So hat Herr Reiß mit einer sehr strukturierten Forschung Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz in agilen Prozessen der PGE – Produktgenerationsentwicklung entwickelt und ihre Leistungsfähigkeit evaluiert. Dazu untersucht er, wie Methoden innerhalb agiler Prozesse der PGE - Produktgenerationsentwicklung verortet werden können, wie diese beschrieben werden müssen, um dem Entwickler schnell zur Verfügung zu stehen und wie sie im Sinne einer nachhaltigen Prägung des Entwicklers motiviert erlernt und erlebt werden können. Die Arbeit leistet einen hervorragenden Beitrag um die Fragestellung der Methodenakzeptanz besser zu verstehen und Konzepte zu Steigerung der Methodenakzeptanz in der Praxis aufzuzeigen. Die Arbeit wird sicher als Grundlage und Ausgangspunkt für weitere Forschung eine große Beachtung finden und gleichzeitig der Praxis Hilfestellungen für die Verbesserung der Methodenakzeptanz liefern.

Juli, 2018

Albert Albers



## Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich damit, wie der Methodeneinsatz in der PGE - Produktgenerationsentwicklung unterstützt und damit gefördert werden kann.

Die PGE nach Albers betrachtet die Produktentwicklung auf eine ganzheitliche Art. Die Tatsache, dass Methoden im Sinne der PGE generationenübergreifend eingesetzt werden können, birgt hierbei große Potentiale. Zusätzlich führt die Forderung nach einer komplett agilen Arbeitsweise im Entwicklungsprozess zu einem Bedarf nach immer leichter zugänglichen und flexibleren Methoden. Dies setzt allerdings eine erhöhte Methodenkompetenz und –akzeptanz in Entwicklungsteams voraus.

Der Schlüsselgedanke dieser Arbeit ist es daher, den Methodeneinsatz in der PGE - Produktgenerationsentwicklung gezielt durch eine Steigerung der Methodenakzeptanz und –kompetenz zu unterstützen.

Auf Basis einer Literaturrecherche und empirischen Untersuchungen werden Gründe für einen Mangel an Akzeptanz von Entwicklungsmethoden abgeleitet. Hierzu zählen unter anderem eine geringe Transparenz über relevante, situations- und bedarfsgerechte Methoden, Defizite bei der nutzergerechten Aufbereitung, und ein Mangel an Erfolgserlebnissen bei der Anwendung von Methoden im Alltag.

Das Ziel der Arbeit besteht in der Entwicklung und Evaluierung eines Ansatzes zur Steigerung der Methodenakzeptanz in agilen Prozessen der PGE - Produktgenerationsentwicklung. Dazu wird untersucht, wie Methoden innerhalb agiler Prozesse der PGE - Produktgenerationsentwicklung verortet werden können, wie diese beschrieben werden müssen, um den Entwicklern schnell zur Verfügung zu stehen, und wie sie im Sinne einer nachhaltigen Prägung des Entwicklers motiviert, erlernt und erlebt werden können.

Auf Basis einer empirischen Studie, Prozessanalysen in acht Unternehmen und einer Fallstudie zum Methodeneinsatz, sowie des herausgearbeiteten Bedarfs aus dem Stand der Forschung, werden Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz entwickelt und evaluiert. Um eine durchgängige Lösung zur Verbesserung der identifizierten Akzeptanzbarrieren zu erreichen, werden hierbei die Stufen "Wissen", "Verstehen" und "Anwenden" von Methoden durch einen aufeinander aufbauenden Ansatz zur Steigerung der Methodenakzeptanz im Agile Systems Design adressiert. Die Elemente des Ansatzes werden im Anschluss in mehreren LiveLabs, Fallstudien in Projekten und einer durchgängigen Fragebogenstudie evaluiert.



## **abstract**

The present work deals with how the use of methods in PGE - product generation engineering can be supported and thus promoted.

The PGE according to Albers considers product development in a holistic way. The fact that methods in the sense of the PGE can be used across generations holds great potential here. In addition, the demand for a more agile way of working in the development process leads to a need for ever more easily accessible and flexible methods. However, this requires increased methodological competence and acceptance in development teams.

The key idea of this work therefore deals with how the use of methods in PGE product generation engineering can be supported by increasing the acceptance and competence of methods.

Based on literature research and empirical studies, reasons for a lack of acceptance of development methods are derived. These include, among other things, a lack of transparency regarding relevant, situation- and demand-oriented methods, deficits in user-oriented processing, and a lack of experience of success in the application of methods in everyday life.

The aim of the work is to develop and evaluate an approach to increase method acceptance in agile processes of PGE product generation engineering. To this end, it is investigated how methods can be located within agile processes of PGE product generation engineering, how these must be described in order to be quickly available to developers, and how they can be motivated, learned and experienced in the sense of a sustainable shaping of the developer.

Based on an empirical study, process analyses in eight companies and a case study on the use of methods as well as the identified needs from the state of research, approaches for increasing the acceptance of methods are developed and evaluated. In order to achieve an integrated solution to improve the identified acceptance barriers, the levels "knowledge", "understanding" and "application" of methods are addressed by a sequential approach to increase method acceptance in Agile Systems Design.

The elements of the approach are then evaluated in several LiveLabs, case studies in projects and a continuous questionnaire study.



## Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen meiner Tätigkeiten als akademischer Mitarbeiter am IPEK – Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

Im Besonderen möchte ich meinem Doktorvater Herrn Prof. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Albert Albers danken, der mir die notwendigen Gestaltungsfreiräume, das Vertrauen und den Ansporn gab, wodurch ich mich in einer Art verwirklichen konnte, die mich wissenschaftlich, fachlich und auch persönlich in großem Maße vorangebracht hat.

Für die Übernahme des Korreferats bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. h.c. Dr. h.c. Dr.-Ing. Herbert Birkhofer, der mir wichtige Impulse und Inspiration für die Arbeit gegeben hat.

Bedanken möchte ich mich beim gesamten IPEK-Team für die gegenseitige Unterstützung, die freundschaftliche, kritische und stets produktive Atmosphäre und insgesamt für die so bereichernde Zeit.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Dr.-Ing. Nikola Bursac für den tollen freundschaftlichen Umgang, die Motivation immer noch einen Schritt weiter zu gehen und das Beste aus mir heraus zu holen.

Zudem möchte ich mich bei Jan Breitschuh und Sebastian Schmidt und Jonas Heimicke für die vielen anregenden, produktiven und immer unterhaltsamen Forschungsgespräche bedanken.

Dank geht außerdem an alle Projektpartner und Studienteilnehmer sowie an die Verfasser der betreuten Abschlussarbeiten für die vielen anregenden Gespräche und Impulse.

Der wesentliche Beitrag zum Gelingen dieser Arbeit wurde aber durch meine Familie – meine Frau Jenny und unserer Tochter Amelie sowie meinen Eltern Regina und Helmut – geleistet, die mir zuweilen die nötige Motivation, zuweilen die ebenso wichtige Ablenkung und vor allem auch immer die notwendigen Freiräume zur Realisierung dieser Arbeit verschaffte. Hierfür bedanke ich mich von ganzem Herzen.

Karlsruhe, den 23.07.2018



*„Es ist nicht Deine Schuld, dass die Welt ist, wie sie ist  
Es wär nur Deine Schuld, wenn sie so bleibt“*

-Die Ärzte

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1	Motivation .....	2
1.2	Fokus der Arbeit .....	5
1.3	Aufbau der Arbeit .....	7
<b>2</b>	<b>Grundlagen und Stand der Forschung.....</b>	<b>9</b>
2.1	Der Prozess der Produktentstehung .....	9
2.1.1	Produktentstehung und Produktentwicklung - Begriffsdefinition und Historie .....	10
2.1.2	Prozessmodelle in der Produktentstehung.....	10
2.1.3	Das Integrierte Produktentstehungsmodell iPeM .....	20
2.2	Agile Ansätze der Produktentwicklung.....	28
2.2.1	Scrum .....	30
2.2.2	Kanban .....	35
2.2.3	Design Thinking .....	36
2.2.4	Zwischenfazit agile Prozesse.....	39
2.2.5	Der Ansatz Agile Systems Design – ASD .....	42
2.3	Der Mensch im Handlungssystem der Produktentstehung.....	50
2.3.1	Der Problembegriff.....	51
2.3.2	Der problemlösende Mensch .....	56
2.4	Die SPALTEN Problemlösungsmethodik .....	60
2.4.1	Grundlagen der SPALTEN Problemlösungsmethodik .....	60
2.4.2	Empirische Untersuchung zum Einsatz der SPALTEN Problemlösungsmethodik in der Praxis .....	67
2.5	Methoden in der Produktentstehung .....	76
2.6	Methodenakzeptanz .....	88
<b>3</b>	<b>Forschungsprofil der Arbeit.....</b>	<b>92</b>
3.1	Forschungsbedarf und Zielsetzung.....	92
3.2	Forschungshypothesen .....	97
3.3	Forschungsfragen .....	98
3.4	Forschungsmethodik .....	99
3.4.1	Einordnung der methodischen Vorgehensweise in die Design Research Methodology .....	99
3.4.2	Empirische Methoden .....	101
<b>4</b>	<b>Untersuchung des Methodeneinsatzes.....</b>	<b>105</b>
4.1	Empirische Untersuchung zum Methodeneinsatz in der Praxis.....	105
4.1.1	Studiendesign der empirischen Erhebung.....	106

4.1.2	Ergebnisse der empirischen Erhebung zum Methodeneinsatz in der Praxis.....	109
4.2	Analyse realer Produktentstehungsprozesse.....	115
4.2.1	Studiendesign der Prozessanalyse .....	115
4.2.2	Aufnahme von real ablaufenden Produktentstehungsprozessen..	117
4.2.3	Ergebnisse der Prozessanalyse.....	122
4.3	Fallstudie zum Methodeneinsatz.....	126
4.3.1	Studiendesign .....	126
4.3.2	Ergebnisse.....	127
4.4	Zwischenfazit zum Methodeneinsatz in der Praxis .....	129
<b>5</b>	<b>Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz .....</b>	<b>132</b>
5.1	Das iPeM als Ontologie des Methodeneinsatzes.....	133
5.1.1	Bedarfsermittlung.....	134
5.1.2	Das iPeM - integriertes Produktentstehungsmodell im Kontext der Produktgenerationsentwicklung .....	136
5.1.3	Modellierung und Gestaltung von agilen Prozessen am Beispiel der Entwicklung einer neuen E-Fahrzeug-Architektur mithilfe des integrierten Produktentstehungsmodelles – iPeM .....	144
5.1.4	Zwischenfazit zum integrierten Produktentstehungsmodell als Ontologie der Methodenverortung.....	149
5.2	Methodenempfehlung und Bereitstellung durch den „InnoFox“ .....	151
5.2.1	Die Wissensbasis der InnoFox Applikation .....	152
5.2.2	Der Methodenauswahlalgorithmus im InnoFox .....	161
5.2.3	Validierung der InnoFox-Applikation .....	169
5.3	Multimediale Aufbereitung von Methodeninhalten .....	174
5.3.1	Grundlagen zum Einsatz von Lern- und Erklärvideos.....	175
5.3.2	Portfolio der Erklärvideos zur Vermittlung von Methodenwissen ..	184
5.3.3	Evaluationsstudie zum Mehrwert von Methodenvideos in der Produktentwicklung.....	189
5.3.4	Leitfaden zur Erstellung von Methodenvideos im Kontext der Produktentwicklung.....	194
5.3.5	Zwischenfazit zur Nutzung von Methodenvideos zur Vermittlung von Methodenwissen.....	199
5.4	Akzeptanzsteigerung durch Erfahrungen und Erfolgserlebnisse .....	201
5.4.1	Grundlagen der „Gamification“ und des „Game Based Learnings“.....	203
5.4.2	Entwickelten Methodenspielformate.....	207

5.4.3	Evaluation der Methoden-Lernspiele.....	239
5.4.4	Leitfaden zur Erstellung von Methoden-Lernspielen.....	246
5.4.5	Zwischenfazit zur Nutzung von Spielformaten für die Vermittlung von Erfahrungen und Methodenwissen.....	251
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>253</b>
6.1	Zusammenfassung.....	253
6.2	Ausblick .....	259
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>266</b>
<b>8</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>286</b>



# 1 Einleitung

Vor knapp sieben Millionen Jahren begann in Afrika die Evolution des Menschen. Mit vielen Zwischenstufen wurde daraus der heutige Mensch. Neben seinen physischen Besonderheiten zeichnet sich der moderne Mensch (*Homo sapiens*) nach KANT im Gegensatz zu den anderen Lebewesen dadurch aus, dass er über die Gabe des Bewusstseins und des Verstandes verfügt.<sup>1</sup> Abwägen und Urteilsvermögen, Nachdenken, Planungsfähigkeit, vorausschauendes Denken, Vorsichtsmaßnahmen treffen, den Überblick haben, zielorientiertes Handeln und Ähnliches sind Eigenschaften, die ausschließlich dem Menschen zu eigen sind. Diese Eigenschaften operationalisierte der Mensch in Handlungsfolgen, welche seit jeher ein für die menschliche Evolution grundlegendes Hilfsmittel darstellen, um für das jeweilige Individuum komplizierte und komplexe Problemstellungen in einzelne Teilschritte besser handhaben zu können. Doch erst der Erwerb von Sprache und die damit verbundene Fähigkeit zur Explikation und Weitergabe dieses Handlungswissens ermöglichte die rasante menschliche Evolution<sup>2</sup>:

So sammelten Menschen bereits in der Steinzeit erste technische Erfahrungen in der arbeitsteiligen Herstellung von Werkzeugen. Diese wurden zunächst verbal weitergegeben.

In der griechischen und römischen Antike wurde die Eisenverarbeitung als Abfolge bestimmter Handlungsschritte entwickelt. Im Gegensatz zu Kupfer, welches in metallischer Form in der Natur vorkommt, muss man Eisen erst in mehreren Schritten aus Erzen erschmelzen. Diese verfahrenstechnischen Methoden wurden dokumentiert und über Generationen weitergegeben.

Im Kontext der Mechanik beschrieb Aristoteles erste wissenschaftliche Regeln, Abläufe und Naturgesetze, welche noch heute für uns zugänglich sind.<sup>3</sup>

Die Ausführungen Aristoteles' wurden im Mittelalter im Wesentlichen beibehalten und es kam zu einer langsamen, aber kontinuierlichen Weiterentwicklung der Technik und des Baus Selbiger.<sup>4</sup> Mit Mühlen wurde beispielsweise die Nutzung neuer Energiequellen ermöglicht, welche die Muskelkraft ersetzen konnten. Waffentechnische Neuerungen haben im europäischen Mittelalter den Erfolg oder Misserfolg von Völkern und Staaten bestimmt. Die Dokumentation und Weitergabe der

---

<sup>1</sup> Kant, Becker, und Ebeling, 1983.

<sup>2</sup> Biesalski, 2006.

<sup>3</sup> Simonyi, 2001.

<sup>4</sup> Hägermann u. a., 2003.

zum Bau notwendigen Kompetenz der technischen Problemlösung war daher von großer Bedeutung.

In der Renaissance entwarf Leonardo da Vinci eine Vielzahl von Maschinen. Hierbei entstanden auch seine sogenannten Maschinenbücher, in denen er diese im Detail beschrieb.<sup>5</sup>

In England kam es Mitte des 18. Jahrhunderts zur ersten Industriellen Revolution. Thomas Newcomen baute 1712 die erste funktionierende Dampfmaschine, die in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts durch James Watt entscheidend verbessert wurde und ab 1800 schnell Verbreitung fand.<sup>6</sup> Um gegenüber der Industrialisierung in England aufzuholen, kam es in Deutschland im 19. Jahrhundert zu zahlreichen Gründungen sogenannter Polytechnischer Schulen und Technischer Universitäten. Hierbei lag der Schwerpunkt der intensiven Ingenieurausbildung sowohl auf der Vermittlung von System- und Fachwissen, als auch im Erwerb von Handlungswissen im Bereich der technischen Problemlösung. Etwa in dieser Zeit wies Redtenbacher in seinen „Prinzipien der Mechanik und des Maschinenbaus“ auf Merkmale und Grundsätze hin, die noch heute von großer Bedeutung sind.<sup>7</sup>

### 1.1 Motivation

Wie in der vorherigen Einführung beschrieben, ist die Evolution der technischen Problemlösung seit ihren Anfängen von einer stetigen Weiterentwicklung innovativer Technologien geprägt. Bei der Betrachtung fällt auf, dass sich mit dem technischen Fortschritt auch das technische Problemlösen weiterentwickelt. So sind nur wenige Errungenschaften reine intuitive Zufallserfindungen. Die allermeisten sind vielmehr das Resultat geistigen Bemühens und der Zusammenarbeit mehrerer Akteure über viele Generationen hinweg. Folglich kann davon ausgegangen werden, dass die Fähigkeit zur technischen Problemlösung eine fundamentale Grundeigenschaft der menschlichen Natur darstellt.<sup>8</sup> Die Fähigkeit einzelne Schritte der technischen Problemlösung voranzuplanen und diese an Artgenossen weiterzugeben ist ein

---

<sup>5</sup> Mach, 2012.

<sup>6</sup> Paulinyi und Troitzsch, 1997.

<sup>7</sup> Redtenbacher und Krosigk, 2007.

<sup>8</sup> Funke, 1986.

Zeichen menschlicher Intelligenz und wichtiger Pfeiler evolutionärer Entwicklung. Methoden stellen hierbei ein für die menschliche Evolution grundlegendes Hilfsmittel dar, um für das jeweilige Individuum komplizierte und komplexe Problemstellungen in einzelnen Teilschritten besser handhaben zu können. Bei der Bereitstellung von Methoden zur technischen Problemlösung müssen daher die natürlichen Fähigkeiten des Menschen beachtet und gezielt unterstützt werden.

Auch Produktentwicklung ist Problemlösung.<sup>9</sup> Hierbei ist der Entwickler aufgrund der Einzigartigkeit eines jeden Produktentstehungsprozesses, der Interdisziplinarität innerhalb der Entwicklungsteams und immer komplexer werdender Systeme mit Unsicherheit konfrontiert.<sup>10</sup> Agile Ansätze versuchen zwar dieser Unsicherheit durch die Forderung nach schnellen Iterationszyklen und kontinuierlicher Validierung gerecht zu werden, bieten jedoch selten ausreichend methodische Unterstützung in den einzelnen Aktivitäten.<sup>11</sup>

Aufgrund der Arbeiten der klassischen Entwicklungs- und Konstruktionsmethodikforschung der vergangenen Jahrzehnte existiert eine Vielzahl an Methoden, die ein Produktentwickler über den gesamten Produktentstehungsprozess hinweg einsetzen kann, um in seiner Arbeit unterstützt zu werden und den gesamten Prozess effektiver und effizienter gestalten zu können.<sup>12</sup>

Die Vorteile des Methodeneinsatzes in der technischen Problemlösung sind hierbei vielfältig und werden im Verlauf der vorliegenden Arbeit diskutiert. Bei all den zu erwähnenden Vorteilen des Methodeneinsatzes ist jedoch stets der Pragmatismus des Einsatzes zu hinterfragen. Dabei sollten Methoden nie ihrem Selbstzweck dienen, sondern stets mit der Erwartung einer positiven Wirkung auf das Produkt oder den Prozess pragmatische, also auch mit der Betrachtung des damit verbundenen Aufwandes eingesetzt werden. Unter dem Aufwand sollten sowohl die Ressourcen für die Implementierung, als auch diese für die Durchführung einer Methode verstanden werden.

---

<sup>9</sup> Albers, 2010b.

<sup>10</sup> Ebd.

<sup>11</sup> Albers, Reiss, u. a., 2016.

<sup>12</sup> Ehrlenspiel und Meerkamm H., 2013.

Jedes Jahr werden von den Konstruktions- und Produktentwicklungslehrstühlen und den Methodenabteilungen in Firmen neue innovative Methoden zur Unterstützung und Entlastung von Produktentwicklern entwickelt und publiziert. So enthielten von den 1050 Beiträgen auf der International Conference on Engineering Design 2017<sup>13</sup> 409 das Schlagwort Methode und in 221 wurde eine neue oder angepasste Methode vorgestellt.

Trotz der hohen Quantität und Vielfalt qualitativ hochwertiger Methoden zeigen Untersuchungen, dass diese nur begrenzt von Unternehmen und Entwicklern akzeptiert und angewandt werden.<sup>14</sup>

Gründe dafür, dass die Methoden nicht häufig genug zum Einsatz kommen, sind eine zu geringe Transparenz über relevante, situations- und bedarfsgerechte Methoden, Defizite bei der nutzergerechten Aufbereitung der Methode, und ein Mangel an Erfolgserlebnissen beim Einsatz und der Anwendung von Methoden im Alltag.<sup>15</sup>

Die Anwendung von Methoden ist außerdem mit einem bestimmten zeitlichen Aufwand und der Nutzung von Ressourcen verbunden. Insbesondere ist bei komplexeren Methoden zusätzlich zum Durchführungsaufwand auch ein initialer Aufwand zum Aufbau der nötigen Handlungskompetenz erforderlich. Für die erfolgreiche Methodenanwendung ist so gut wie immer eine gewisse Übung und Erfahrung notwendig, damit die Methode die gewünschten Effekte erzielt. Unternehmen gehen daher meist in Vorleistung, da sich Aufwände bei der Methodeneinführung häufig erst bei der Entwicklung zukünftiger Produktgenerationen amortisieren.

Die PGE – Produktgenerationsentwicklung nach ALBERS<sup>16</sup> greift diesen Sachverhalt auf und betrachtet die Produktentwicklung auf eine ganzheitliche Art. Der Ansatz baut hierbei auf den Hypothesen auf, wonach zum einen neue Produkte und technische Lösungen immer auf Grundlage von bestehenden Referenzprodukten entwickelt werden und die Entwicklung einer neuen Produktgeneration immer durch die gezielte Teilsystemgestaltung, bestehend aus Anteilen von Übernahme- (ÜV), Gestalt- (GV) und Prinzipvariationen (PV) realisiert wird.<sup>17</sup>

---

<sup>13</sup> Proceedings of the 21st International Conference on Engineering Design (ICED17)

<sup>14</sup> Jänsch, 2007; Birkhofer, 2005.

<sup>15</sup> Albers, Reiß, Bursac, Urbanec, u. a., 2014; Reiß, Albers, und Bursac, 2017.

<sup>16</sup> Albers, Bursac, und Wintergerst, 2015b.

<sup>17</sup> Ebd.; Albers, Rapp, u. a., 2017.

Die Tatsache, dass Methoden im Sinne der PGE generationenübergreifend eingesetzt werden können, birgt hierbei große Potentiale. So kann durch einen initialen Invest in den Aufbau adäquater Methodenkompetenz, der Prozess der Entwicklung mehrerer Produktgenerationen effektiver und effizienter gestaltet werden. Zusätzlich führt die Forderung nach einer immer agiler werdenden Arbeitsweise im Prozess zu einem Bedarf nach immer leichter zugänglichen und flexibleren Methoden. Dies setzt allerdings eine erhöhte Methodenkompetenz und –akzeptanz in Entwicklungsteams voraus. Der Schlüsselgedanke dieser Arbeit beschäftigt sich daher damit, wie der Methodeneinsatz in der PGE - Produktgenerationsentwicklung unterstützt und damit gefördert werden kann.

Um durch den bedarfsgerechten Methodeneinsatz bisher ungenutzte Potentiale entlang aller Aktivitäten des Produktentstehungsprozesses zu heben, bedarf es neue Ansätze, um die persönliche und organisationale Akzeptanz gegenüber den richtigen Entwicklungsmethoden zu steigern.

In der vorliegenden Arbeit wird sich daher damit beschäftigt, wie der Methodeneinsatz in der PGE - Produktgenerationsentwicklung unterstützt und damit gefördert werden kann. Das Ziel der Arbeit besteht daher in der Entwicklung und Evaluierung solcher Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz in agilen Prozessen der Produktgenerationsentwicklung. Dazu soll untersucht werden, wie Methoden innerhalb agiler Prozesse der PGE - Produktgenerationsentwicklung verortet werden können, wie diese beschrieben werden müssen, um den Entwicklern schnell zur Verfügung zu stehen, und wie sie im Sinne einer nachhaltigen Prägung des Entwicklers motiviert, erlernt und erlebt werden können.

## **1.2 Fokus der Arbeit**

Die vorliegende Arbeit widmet sich der Steigerung der Methodenakzeptanz in agilen Prozessen der PGE - Produktgenerationsentwicklung. Der Fokus liegt hierbei insbesondere auf Entwicklungsmethoden zur Unterstützung von Problemlösungsaktivitäten im Entwicklungsprozess. Neben prozessualen Aspekten wird durch die Arbeit insbesondere der Mensch im Mittelpunkt der PGE - Produktgenerationsentwicklung und als elementarer Teil des Handlungssystems

verstanden.<sup>18</sup> Daher werden insbesondere Maßnahmen zum Abbau persönlicher Akzeptanzbarrieren des Methodeneinsatzes adressiert.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollen daher Ansätze zum Erwerb von Methodenkompetenz näher untersucht werden, um die richtigen Methoden situations- und bedarfsgerecht in den Produktentstehungsprozess zu integrieren.

Hierbei wird der Methodeneinsatz nicht als Selbstzweck oder als Lösung aller Probleme gesehen. Insbesondere ist zu beachten, dass reale Entwicklungsprozesse nicht dogmatisch festgelegten Methoden zu unterwerfen sind, sondern die Anwendung und Ausführung soweit in der Verantwortung des Anwenders liegen, dass durch sein Handeln eine positive Wirkung auf Produkt und/oder Prozess unter effizienter Nutzung der verfügbaren Ressourcen im Prozess der PGE - Produktgenerationsentwicklung verbunden ist.

In Abbildung 1-1 sind die relevanten Forschungsfelder aufgeführt, welche im Kontext der vorliegenden Arbeit betrachtet werden und zu denen ein Beitrag geleistet wird.

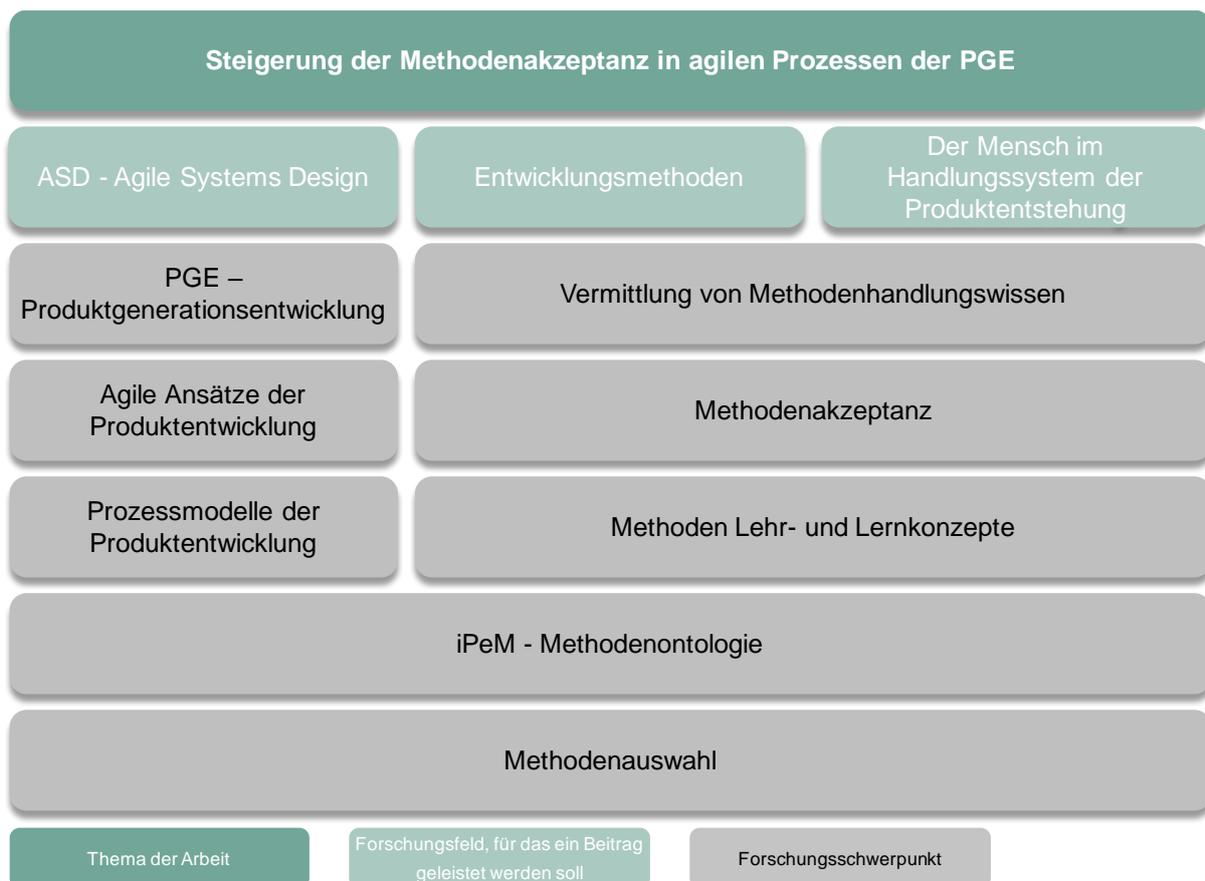


Abbildung 1-1: Forschungsfelder und relevante, angrenzenden Forschungsfelder

<sup>18</sup> Albers, 2010b.

### 1.3 Aufbau der Arbeit

Die Forschungsarbeit ist in sechs Kapitel gegliedert, welche in Abbildung 1-2 dargestellt sind und im Folgenden vorgestellt werden.



Abbildung 1-2: Aufbau der Arbeit

Nach der Einleitung wird in Kapitel 2 auf die, für die vorliegende Arbeit, relevanten Forschungsfelder näher eingegangen. Dazu werden zunächst die Grundlagen zu Prozessen der Produktentstehung näher betrachtet. Darauf aufbauend wird der Stand der Forschung zur PGE – Produktgenerationsentwicklung und den agilen Ansätzen der Produktentwicklung – Agile Systems Design erläutert. Anschließend wird der

problemlösende Mensch als Teil des Handlungssystems der Produktentstehung eingeführt. Dieses Verständnis dient als Basis, um die grundlegenden Ansätze und Methoden der Problemlösung zu spezifizieren. Im Anschluss wird das Forschungsfeld der Entwicklungsmethodik und insbesondere das Thema der Methodenakzeptanz vertieft.

In Kapitel 3 wird die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit konkretisiert, indem zunächst der Forschungsbedarf auf Basis des Stands der Forschung abgeleitet und anhand von Forschungshypothesen und Forschungsfragen präzisiert wird. Anschließend wird die für die Arbeit wissenschaftlich-methodische Vorgehensweise beschrieben.

In Kapitel 4 wird der Forschungsbedarf der vorliegenden Arbeit durch die Ergebnisse einer empirischen Studie, Prozessanalysen in Unternehmen und einer Fallstudie zum Methodeneinsatz bestätigt.

Auf Basis der Studien und des herausgearbeiteten Bedarfs aus Kapitel 4 werden in Kapitel 5 Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz entwickelt und evaluiert. In diesem Kapitel wird dargelegt, dass eine Steigerung der Methodenkompetenz über die Schritte "Wissen um Methoden", "Verstehen von Methoden" und "Anwenden von Methoden" erfolgt. Hierzu werden insgesamt vier Ansätze vorgestellt und evaluiert.

Abschließend werden die Ergebnisse in Kapitel 6 zusammengefasst und ein Ausblick auf künftige Forschungsaktivitäten gegeben, die im Kontext der Steigerung der Methodenakzeptanz anknüpfen können.

## 2 Grundlagen und Stand der Forschung

Im Stand der Forschung wird in Kapitel 2.1 zunächst ein Überblick über Prozesse und Prozessmodelle der Produktentstehung gegeben. Anschließend werden in Kapitel 2.2 agile Ansätze der Produktentwicklung vorgestellt. In Kapitel 2.3 wird genauer auf den Menschen als elementares Element des Handlungssystems<sup>19</sup> der Produktentstehung eingegangen. Basierend auf dem hieraus entstehenden Verständnis der Problemlösung wird in Kapitel 2.4 die SPALTEN Problemlösungsmethodik näher betrachtet. Der Stand der Forschung wird im Kapitel 2.5 durch die genauere Erläuterung der Rolle von Methoden in der Produktentstehung abgeschlossen.

### 2.1 Der Prozess der Produktentstehung

Der Erfolg von Unternehmen wird entscheidend bestimmt durch eine erfolgreiche Entwicklung neuer Produkte. Der Prozess der Produktentstehung ist dabei charakterisiert durch einen zunehmenden interdisziplinären Ansatz, da moderne Systeme immer auch mechatronische Systeme sind.<sup>20</sup> Sowohl die Globalisierung und die zunehmende Sättigung in den Märkten und damit Wandlung zu Käufermärkten, als auch dieser verstärkt integrierte Ansatz bei der Lösungsgenerierung führt zu einer ständig steigenden Komplexität, sowohl der technischen Lösung selbst, als auch der Prozesse zu ihrer Generierung.<sup>21</sup>

Um diese Prozesse verstehen, analysieren und gestalten zu können, bedarf es Beschreibungsmodellen. In den folgenden Abschnitten werden daher zunächst relevante Begriffe definiert, anschließend wird der aktuelle Stand der Forschung zu Beschreibungsmodellen von Produktentstehungsprozessen dargelegt und im integrierten Produktentstehungsmodell iPeM vertieft.

---

<sup>19</sup> Albers, Lohmeyer, und Ebel, 2011; Lohmeyer, 2013.

<sup>20</sup> Oerding, Albers, 2009.

<sup>21</sup> Vorwort Albers in Meboldt, 2009.

### **2.1.1 Produktentstehung und Produktentwicklung - Begriffsdefinition und Historie**

Die Begriffe Produktentstehung und Produktentwicklung werden selten trennscharf voneinander verwendet. Die neue, 2018 überarbeitete VDI 2221<sup>22</sup> grenzt die beiden Begriffe folgendermaßen voneinander ab:

*„Die Produktentstehung ist ein Teil des Produktlebenszyklus, umfasst die Phasen der Produktplanung, der Produktentwicklung und der Produktionsentwicklung und mündet meist in der Produktion.“*

*„Unter Produktentwicklung wird ein interdisziplinärer Prozess im Unternehmen verstanden. Dieser Prozess baut auf der Produktplanung auf, startet mit der Entwicklung eines initialen Anforderungssystems, das innerhalb des Prozesses kontinuierlich weiterentwickelt wird, und endet mit einem produzierbaren und funktionsfähigen Produkt.“*

Im Kontext dieser Arbeit umfasst der Begriff Produktentstehung, wie im integrierten Produktentstehungsmodell iPeM nach ALBERS dargestellt, nicht nur eine Vielzahl von Aktivitäten, die die unterschiedlichsten Disziplinen der Produkt-, Validierungssystem- und Produktionssystementwicklung ganzheitlich zusammenführen, sondern auch die Schnittstellen zum operativen Management über Produktgenerationen hinweg.<sup>23</sup> Innerhalb dieses Rahmenwerks muss der Entwickler in seinem Tun eine Vielzahl von Anforderungen und Einschränkungen berücksichtigen, die häufig nicht explizit in einem Zielsystem formuliert sind.<sup>24</sup>

### **2.1.2 Prozessmodelle in der Produktentstehung**

Im Rahmen des Prozesses der Produktentwicklung muss vom Entwickler durch sein Handeln eine Vielzahl unterschiedlicher Arten an Informationen er- und verarbeitet werden, damit auf Basis eines wagen initialen Zielsystems ein später funktionsfähiges

---

<sup>22</sup> VDI 2221, 2018.

<sup>23</sup> Albers, Reiß, und Bursac, 2016.

<sup>24</sup> Albers und Meboldt, 2006; Deigendesch, 2009.

und herstellbares Produkt entstehen kann. Prozessmodelle helfen dabei, diesen Prozess zu strukturieren, indem sie diesen sowohl dem Management im Sinne der Prozessarbeit, als auch dem operativ agierenden Entwickler im Sinne der Wissensarbeit zugänglich machen. Aufgrund der Komplexität moderner Produktentstehungsprozesse wurden in der Vergangenheit systemische Ansätze zur Beschreibung dieser Prozesse entwickelt.<sup>25</sup> Laut einer ersten Definition von HALL besteht ein System aus Elementen, die durch Beziehungen untereinander und mit ihren jeweiligen Attributen verknüpft sind.<sup>26</sup> Nach ROPOHL können Systeme mit unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtet werden.<sup>27</sup> In seiner Arbeit leitet er auf Basis der allgemeinen Systemtheorie die elementaren Systeme der Produktentstehung ab. Demzufolge wird die Produktentstehung als Transformation eines Zielsystems durch ein mit Ressourcen ausgestattetes Handlungssystem, in ein Objektsystem verstanden. Dieser Ansatz wurde von ALBERS<sup>28</sup> weitergeführt und daraus das integrierte Produktentstehungsmodell (iPeM) entwickelt.

In Forschung und Praxis existiert eine große Anzahl an Modellen zur Modellierung von Prozessen und Vorgehensweisen in der Produktentstehung. Prozessmodelle dienen, wie alle anderen Modelle auch, immer einem gewissen Zweck.<sup>29</sup> Daher existieren diese Modelle in unterschiedlichen Formen der Repräsentation und in unterschiedlichen Perspektiven der Betrachtungsebenen.<sup>30</sup> Sie können als Kommunikationsgrundlage innerhalb der Prozesse eines Unternehmens dienen<sup>31</sup>.

Von dargelegten Zwecken, einschließlich der denkpsychologischen Erkenntnisse, sind Modelle für die Produktentwicklung ableitbar, die auf die speziellen Rahmenbedingungen bei der Entwicklung technischer Produkte zugeschnitten sind. An solche Modelle muss der Anspruch gestellt werden, für die Vielfalt der Produktentwicklungsaufgaben anwendbar zu sein.

---

<sup>25</sup> Albers, 2010b.

<sup>26</sup> Hall, 1962.

<sup>27</sup> Ropohl, 1975.

<sup>28</sup> Albers und Meboldt, 2007a.

<sup>29</sup> Stachowiak, 1973.

<sup>30</sup> Eckert und Stacey, 2010.

<sup>31</sup> Albers und Braun, 2011.

Sie gliedern den Prozess in sinnvoll zusammenhängende Cluster.<sup>32</sup> In So können Prozessmodelle Entscheidungsträgern die für ihre Entscheidungen notwendige Transparenz schaffen<sup>33</sup>, sie bündeln Erfahrungswissen<sup>34</sup> und dienen somit als Referenz für den aktuellen Prozess.<sup>35</sup> Darüber hinaus bieten sie eine gemeinsame Ontologie für Forscher.<sup>36</sup> Wie die unterschiedlichen Zwecke variieren, variieren auch die Ausprägungen der Prozessmodelle. In einer ausgiebigen Recherche von WYNN und CLARKSON<sup>37</sup> konnten unterschiedliche Arten an Prozessmodellen identifiziert werden. Diesen Modellen ist meist gemein, dass sie die Abläufe in der Produktentwicklung in eine idealisierte Form von einzelnen, meist sequentiell aneinandergereihten Arbeitsschritten mit einer Hierarchie von Phasen und untergeordneten Aktivitäten, sowie dabei entstehende Zwischenergebnisse untergliedern. Dabei werden Details zu zeitlichen Aspekten, wie die tatsächliche Dauer, der Aufwand, sowie die Überlappung oder die Anzahl an Wiederholungen von einzelnen Arbeitsschritten oftmals vereinfacht, da diese insbesondere sehr stark von den angesprochenen personen-, produkt- und unternehmensspezifischen Einflussfaktoren abhängen. Je nach Verwendungszweck existieren somit unterschiedliche Inhalte, Umfänge, Abstraktionsgrade und letztlich auch verschiedene Darstellungsformen der Produktentwicklungsmodelle. In Abbildung 2-1 wird ein Überblick über die unterschiedlichen Darstellungsformen der Vorgehensmodelle gegeben. In dieser Überblicksdarstellung beschreibt die Ordinatenachse den Detailgrad, welcher die höchstmögliche Auflösung des Prozesses darstellt. Die horizontale Abszissenachse beschreibt den Grad der Formalisierung des Prozessmodells, jedoch nicht den des Prozesses an sich.

---

<sup>32</sup> Hubka, 1984.

<sup>33</sup> Cooper, 1994.

<sup>34</sup> Albers und N. Burkardt, 2007; Albers und Meboldt, 2007b.

<sup>35</sup> Albers und Meboldt, 2007a; Albers, Braun, und Muschik, 2010b.

<sup>36</sup> Albers, Reiß, und Bursac, 2016.

<sup>37</sup> Wynn und Clarkson, 2005.

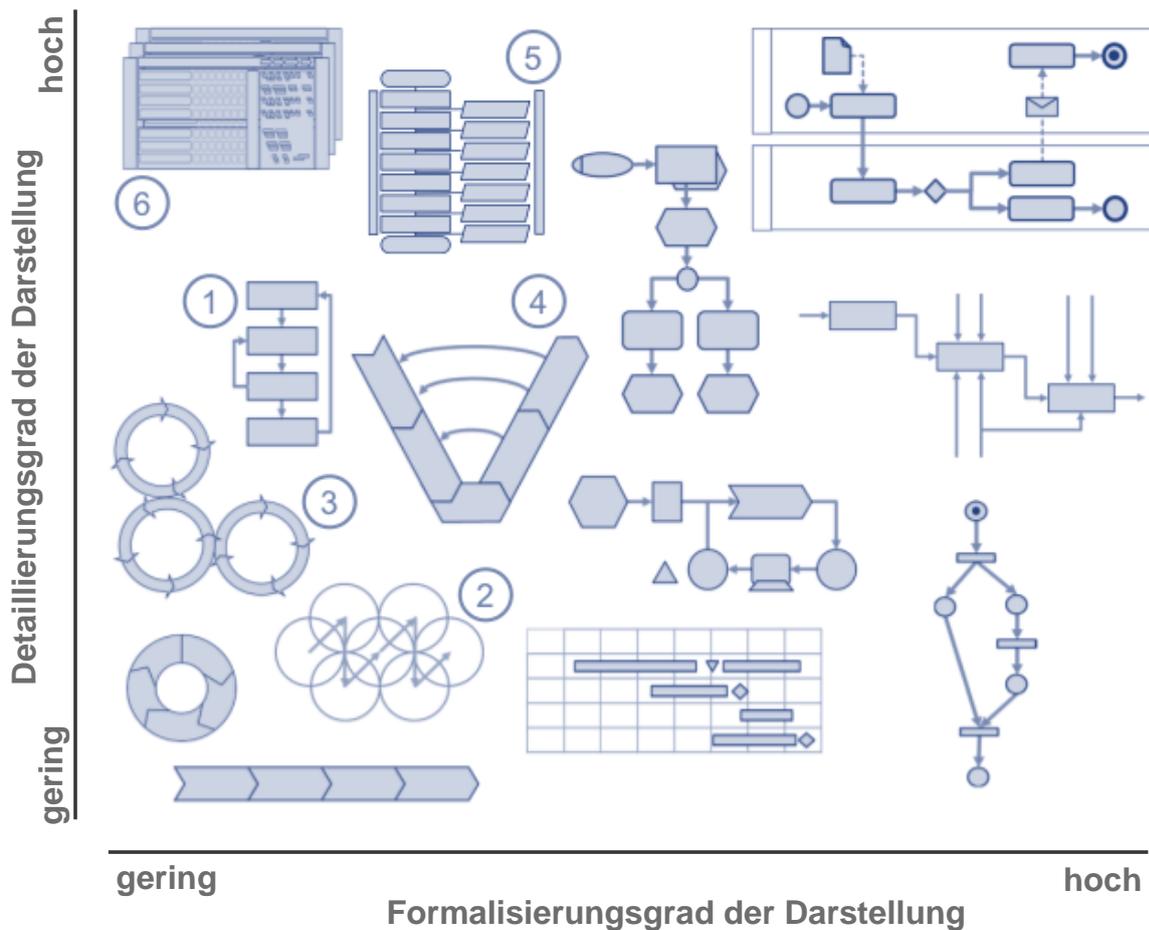


Abbildung 2-1: Vorgehensmodelle im Überblick<sup>38</sup>

Im Rahmen der Modellierung und Beschreibung von Entwicklungsprozessen haben PAHL und BEITZ in den 1960er-Jahren mit ihrem Phasenmodell der Produktentstehung<sup>39</sup> (1 in Abbildung 2-1) einen der ersten phasenorientierten Modellierungsansätze entwickelt. Dieser hat auch heute noch einen großen Einfluss auf Lehre und Praxis, da er sehr anwendungsorientiert ist und eine Vielzahl an Methoden und konkreten Anleitungen beinhaltet.<sup>40</sup> Der Ansatz der anwendungsorientierten Modellierung von Prozessen wurde von LINDEMANN<sup>41</sup> fortgeführt. Er entwickelte mit seiner Forschungsgruppe das Münchener Vorgehensmodell (MVM) (2 in Abbildung 2-1), welches den

<sup>38</sup> Eigene Darstellung nach VDI 2221, 2018.

<sup>39</sup> Pahl und Beitz, 2013.

<sup>40</sup> Braun, 2013.

<sup>41</sup> Lindemann, 2009.

Produktentwicklungsprozess in die folgenden sieben Elemente gliedert: Ziel planen, Ziel analysieren, Eigenschaften ermitteln, Zielerreichung absichern, Entscheidungen herbeiführen, Probleme strukturieren und Lösungsideen ermitteln (Abbildung 2-2).

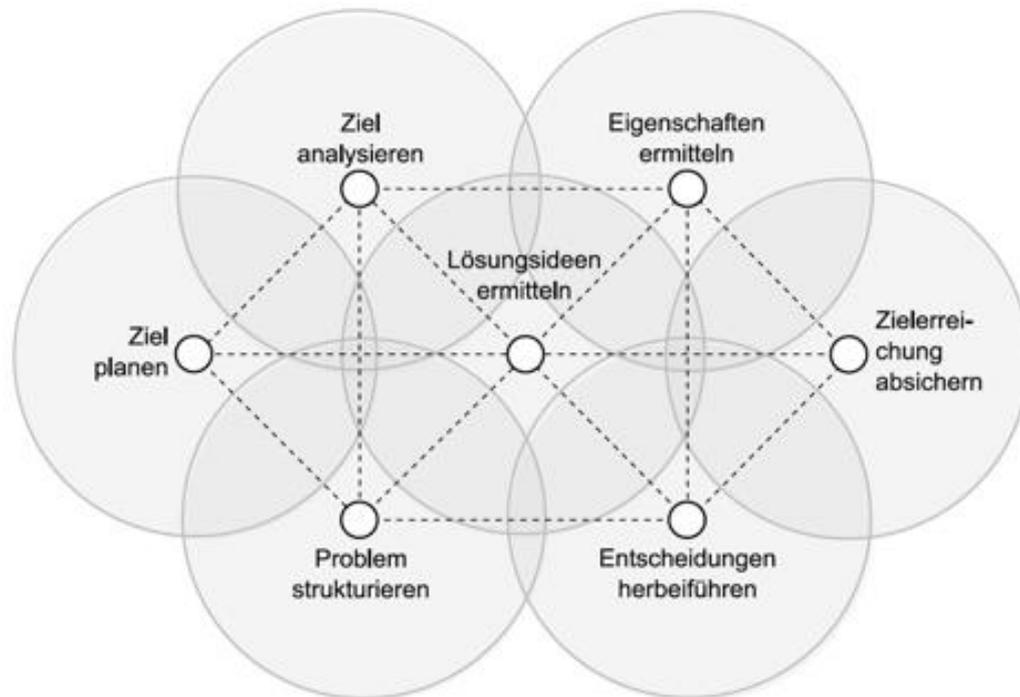


Abbildung 2-2: Münchener Vorgehensmodell (MVM)<sup>42</sup>

Hierbei sind die Elemente nicht sequenziell angeordnet, sondern können situativ eingesetzt werden.<sup>43</sup> Dieser „Netzwerkcharakter“ führt zu einer größeren Flexibilität und ermöglicht eine bessere Anpassung des individuellen Prozesses. Dadurch soll zum einen die konkrete Planung von Produktentwicklungsprozessen unterstützt werden. Zum anderen soll eine schnelle Orientierung in kritischen Situationen ermöglicht werden, da das Modell in der Darstellung sehr einfach gehalten ist und immer auf den nächstmöglichen logischen Schritt verwiesen wird. Im Gegensatz zur rein sequenziellen Durchführung eines Prozesses, können so auch strukturierte Iterationen aufgezeigt werden.

Gausemeier erforschte Ende des 20. Jahrhunderts die Koexistenz des Produktentstehungs- und Produktentwicklungsprozesses. Er entwickelte das 3-

<sup>42</sup> Ebd.

<sup>43</sup> Ebd.

Zyklen-Modell der Produktentstehung<sup>44</sup> (3 in Abbildung 2-1), das den Zusammenhang von Produkt- und Technologieplanung, Produktentwicklung und Produktionssystementwicklung beschreibt.

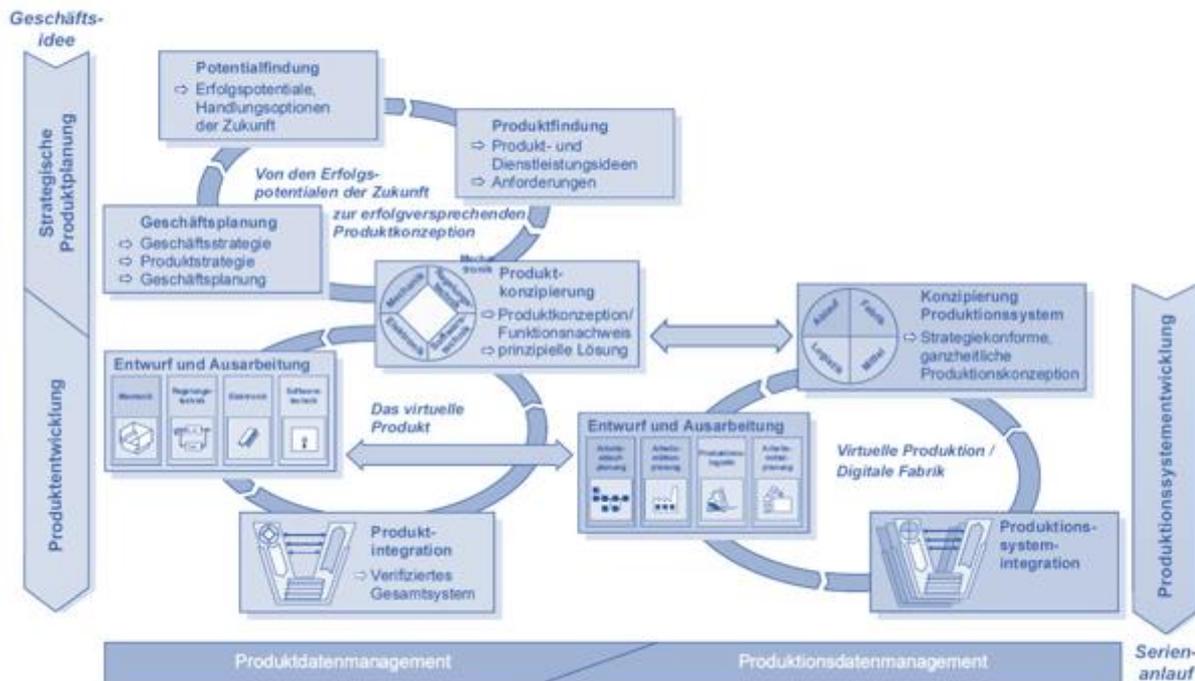


Abbildung 2-3: 3-Zyklus-Modell der Produktentstehung<sup>45</sup>

Der erste Zyklus des Modells (Abbildung 2-3) beschreibt die strategische Produktplanung. Mithilfe des Modells sollen künftige Erfolgspotenziale aufgezeigt werden und die Ermittlung von, beziehungsweise die Entscheidung für entsprechende Handlungsoptionen erleichtert werden. Daraus können dann in der Produktfindung neue Produkt- und Dienstleistungs-ideen abgeleitet werden. In der Geschäftsplanung wird die Geschäfts- und Produktstrategie zur Umsetzung neuer Ideen entwickelt. Der zweite Modell-Zyklus - die Produktentwicklung - umfasst die interdisziplinäre Produktkonzipierung, den fachgebiets-spezifischen Entwurf und die entsprechende Ausarbeitung, sowie die Integration der Ergebnisse der einzelnen Fachgebiete zu einer Gesamtlösung. Der dritte Modell-Zyklus - die Produktionssystementwicklung -

<sup>44</sup> Gausemeier, Ebbesmeyer, und Kallmeyer, 2001.

<sup>45</sup> Ebd.

beinhaltet die Planung und Konzipierung des Produktionssystems, dessen Integration in die Unternehmensprozesse, sowie die Realisierung des Produktes.

Branchenspezifische Vorgehensmodelle, wie beispielsweise das V-Modell der VDI-Richtlinie 2206<sup>46</sup> (4 in Abbildung 2-1), verfügen über deutlich mehr Formalisierungen. Sie ermöglichen gleichzeitig die Betrachtung mechatronischer Systeme hinsichtlich ihres funktionalen Aufbaus aus Modulen, Systemelementen und Bauteilen.

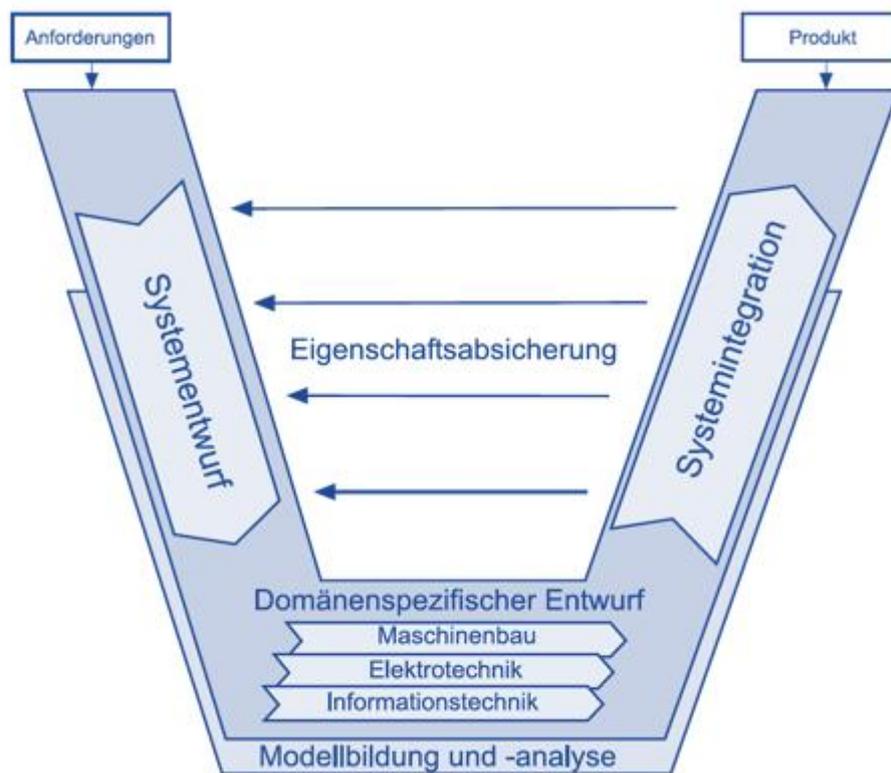


Abbildung 2-4: V-Modell für den Entwurf mechatronischer Systeme nach VDI 2206<sup>47</sup>

Der Entwicklungsprozess (Abbildung 2-4) wird hierbei in drei Phasen unterteilt: In den Systementwurf, den domänenspezifischen Entwurf und die Systemintegration, welche die Eigenschaftensicherung enthält.

Dahinter steht die Idee der getrennten Entwicklung auf System- und Subsystemebene und der anschließenden Zusammenführung der domänenspezifischen Synthesergebnisse.<sup>48</sup> Die Verifikation gegen die Anforderungen spielen im V-Modell eine zentrale Rolle. In der Prozessintegration werden die definierten Anforderungen

<sup>46</sup> VDI 2206: *Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme*, 2004.

<sup>47</sup> Ebd.

<sup>48</sup> Bröhl, 1993.

als Bewertungsmaßstab verwendet, um die Systemeigenschaften mit den gewünschten Soll-Eigenschaften zu vergleichen.<sup>49</sup>

Die ursprüngliche VDI-Richtlinie-2221<sup>50</sup> (5 in Abbildung 2-1) ist ein weiteres Vorgehensmodell zur systematischen Entwicklung und Konstruktion im Maschinenbau<sup>51</sup> – und ist mit Stand 2018 das wohl am weitesten verbreitetste. Das Modell unterscheidet zwischen Arbeitsschritten und den daraus resultierenden Arbeitsergebnissen. Jedes Arbeitsergebnis stellt gleichzeitig die Grundlage für den nächsten Arbeitsschritt dar.

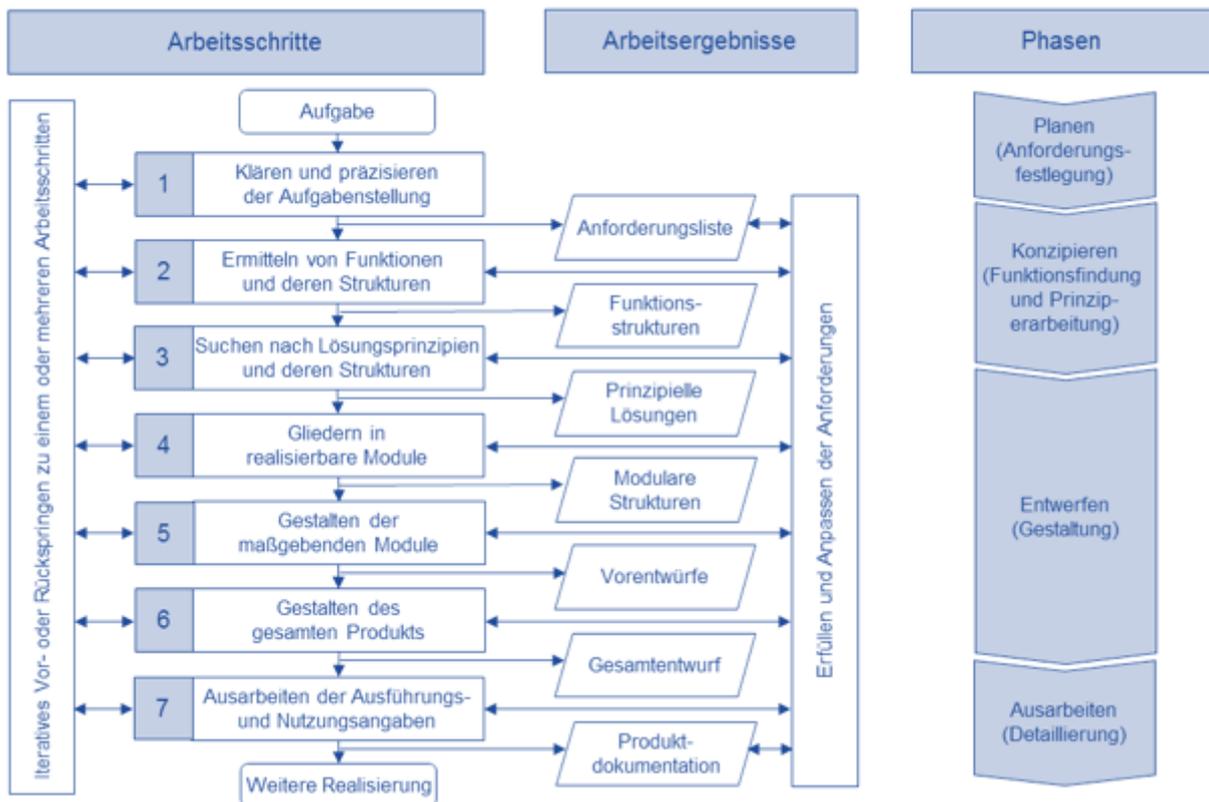


Abbildung 2-5: Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren nach VDI 2221<sup>52</sup>

Viele der hier vorgestellten Modellierungsformen weisen eine Gemeinsamkeit auf: Sie suggerieren darstellungsbedingt eine starre Sequentialität des Entwicklungsvorgehens. Dies entspricht weder der Intention der Darstellungen, noch der Realität. Entsprechend sind gedanklich Iterationsschleifen und Parallelisierungen zu ergänzen. Vor dem Hintergrund agiler, iterativer und individueller Prozesse in der

<sup>49</sup> Albers, Ebel, und Lohmeyer, 2012.

<sup>50</sup> VDI 2221, 1993.

<sup>51</sup> Mantwill, 2014.

<sup>52</sup> VDI 2221, 1993.

Praxis, hat sich eine grundlegende Überarbeitung und Neugliederung der VDI als unabdingbar erwiesen.

In der neuen VDI-Richtlinie-2221 (Abbildung 2-6) wird der Entwicklungsprozess in generische Aktivitäten untergliedert, die das Vorgehen beim Entwickeln überschaubar, rational und branchenunabhängig machen.

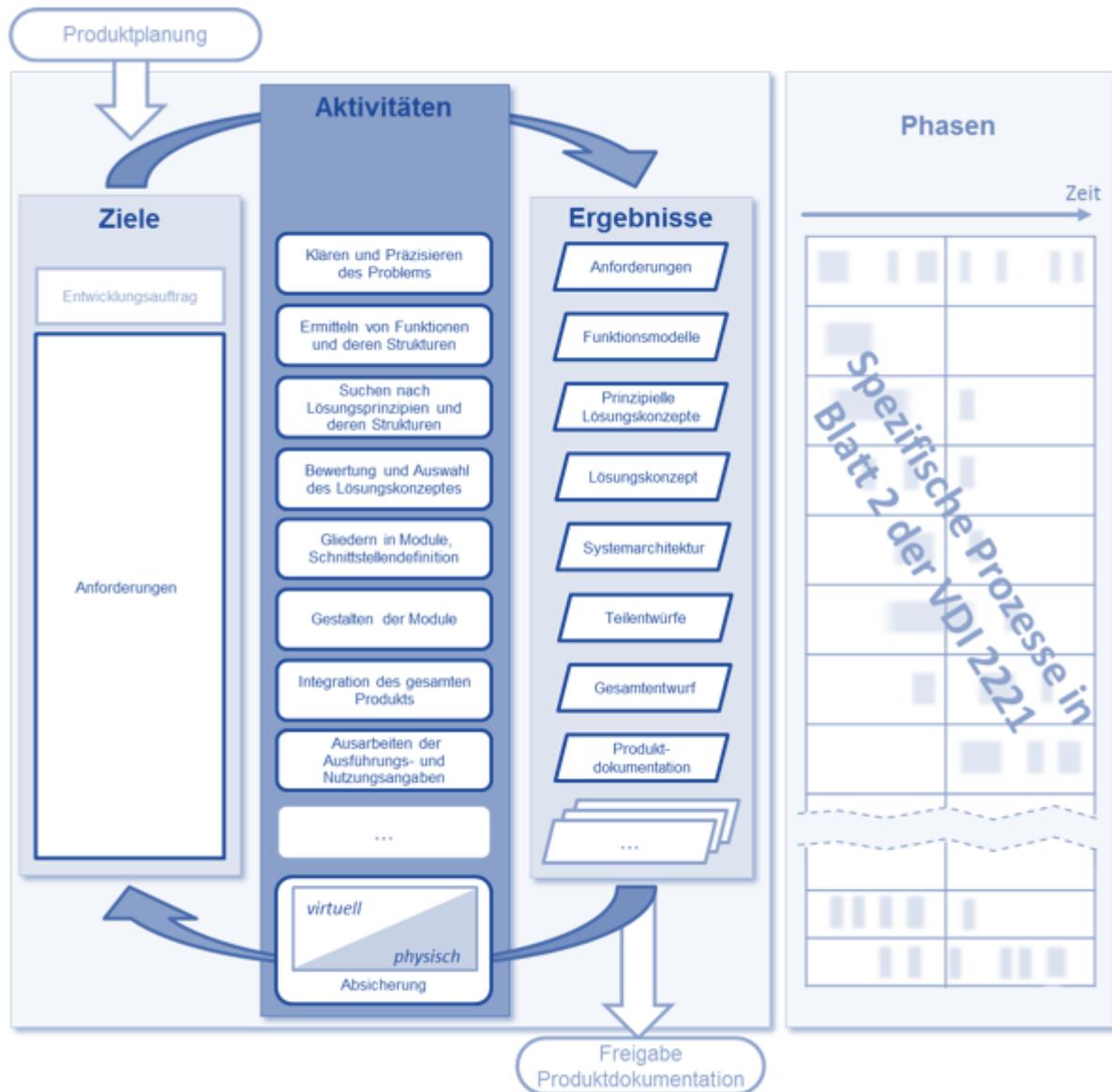


Abbildung 2-6: VDI-Richtlinie-2221 nach Überarbeitung<sup>53</sup>

Die Überarbeitung basiert auf der Grundversion der VDI2221<sup>54</sup> der 1970er-Jahre, welche 1993 zuletzt überarbeitet wurde. Viele Entwicklungen wurden in die aktuellste

<sup>53</sup> VDI 2221, 2018.

<sup>54</sup> VDI 2221, 1993.

Überarbeitung integriert: Hierzu zählen neue Vorschläge aus der Wissenschaft, wie beispielsweise die Axiomatic Design Theory von SUH<sup>55</sup>, der Function-Behaviour-Structure-Ansatz von GERO<sup>56</sup>, die Concept-Knowledge Theory von HATCHUEL UND WEIL<sup>57</sup>, das Entwerfen auf der Basis von Wirkflächenpaaren und Leit-Stützstrukturen nach ALBERS UND MATTHIESEN<sup>58</sup>, das eigenschaftsbasierte Entwickeln nach WEBER<sup>59</sup> sowie dem integrierten Produktentstehungsmodell im Kontext der PGE – Produktgenerationsentwicklung nach ALBERS<sup>60</sup>.

Durch einen Vergleich der Ansätze deutet vieles darauf hin, dass sie sich ergänzen, indem sie auf bestimmte Entwicklungsaufgaben oder bestimmte Tätigkeiten im Entwicklungsprozess fokussieren. Das Gesamtverfahren zur Konzeptentwicklung, Detaillierung und Ausarbeitung wird in Arbeitsabschnitte gegliedert, aus denen entsprechend Arbeitsergebnisse hervorgehen. Die (Zwischen-)Ergebnisse werden entlang des gesamten Prozesses jeweils mit den sich ebenfalls weiterentwickelnden Anforderungen abgeglichen und je nach Prozessfortschritt entweder virtuell anhand von Simulationen, durch reale Tests oder auch durch eine hybride Lösung aus beidem abgesichert.

Das integrierte Produktentstehungsmodell (iPeM) nach ALBERS (6 in Abbildung 2-1) ist ein ganzheitliches Rahmenwerk zur Erfassung und Unterstützung der Produktentstehung, das verschiedene Ansätze und Methoden der Produktentstehung integriert.<sup>61</sup> Das iPeM beschreibt die Produktentstehung auf Grundlage eines generischen Metamodells, als Überführung eines Zielsystems in ein Objektsystem mithilfe eines Handlungssystems.<sup>62</sup> Im Folgenden wird das iPeM detailliert beschrieben.

---

<sup>55</sup> Suh, 1990.

<sup>56</sup> Gero, 1990.

<sup>57</sup> Hatchuel, Weil, und others, 2003.

<sup>58</sup> Albers, Matthiesen, und Lechner, 2002.

<sup>59</sup> Weber, Werner, und Deubel, 2002.

<sup>60</sup> Albers u. a.o. J.

<sup>61</sup> Albers, 2010a.

<sup>62</sup> Albers und Braun, 2011.

### 2.1.3 Das Integrierte Produktentstehungsmodell iPeM

Reale Produktentstehungsprozesse zeichnen sich durch ein hohes Maß an Iterationen aus.<sup>63</sup> Wie das vorherige Kapitel gezeigt hat, lassen sich diese jedoch mit den meisten der verbreiteten Prozessmodelle nicht ausreichend abbilden und planen.<sup>64</sup> Das von ALBERS entwickelte Integrierte Produktentstehungsmodell (iPeM)<sup>65</sup> greift die wesentlichen Aspekte der Modell- und Systemtheorie auf - und füllt die Lücke zwischen operativ unterstützenden und agil planenden Aspekten der Prozessbeschreibung.

Die Grundlage des iPeM bilden demnach die Elemente aus dem ZHO-Modell. In diesem, auf die Systemtheorie nach ROPOHL<sup>66</sup> zurückzuführenden Ansatz, wird versucht, die Produktentstehung durch drei miteinander wechselwirkende Systeme zu beschreiben: Durch das Zielsystem, das Handlungssystem und das Objektsystem<sup>67</sup>. Den Zusammenhang von Ziel-, Handlungs- und Sachsystem beschreibt ROPOHL mit einem Regelkreis. In diesem wird durch das Handlungssystem gemäß einem Zielsystem ein Sachsystem verwirklicht.<sup>68</sup>

Diesen Sachverhalt griff ALBERS in der zweiten Grundhypothese der Produktentstehung auf. Die zweite Grundhypothese der Produktentstehung nach ALBERS besagt:

*„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>69</sup>

Im Kontext der Produktentstehung umfasst das Zielsystem alle geplanten Eigenschaften eines Produkts, also deren Anforderungen und Verknüpfungen. Weiterhin enthält es zu beachtende Restriktionen und Randbedingungen. Die enthaltenen Ziele beschreiben den gewünschten, künftigen Zustand, jedoch nicht die

---

<sup>63</sup> Wynn, Eckert, und Clarkson, 2007.

<sup>64</sup> Lohmeyer, 2013.

<sup>65</sup> Albers und Meboldt, 2007a.

<sup>66</sup> Ropohl, 1975.

<sup>67</sup> Sinngleich „Sachsystem“ nach Ropohl, 1979.

<sup>68</sup> Ebd.

<sup>69</sup> Albers, 2010b.

konkrete Lösung selbst. Das Zielsystem wird im Verlauf des Produktentstehungsprozesses fortlaufend erweitert, beziehungsweise durch eine kontinuierliche Validierung konkretisiert. Es stellt die Grundlage für jede Beurteilung des entstehenden Objektsystems dar.<sup>70</sup>

Das Objektsystem enthält alle Artefakte, die als Lösung oder Teillösungen während des Entstehungsprozesses entstehen und die dazugehörigen Dokumente. Neben dem eigentlichen Endergebnis zählen Zwischenergebnisse, wie beispielsweise Zeichnungen, Prototypen oder Projektpläne zu den Elementen des Objektsystems.<sup>71</sup>

Das Handlungssystem überführt das Zielsystem in das Objektsystem und ist aus strukturierten Aktivitäten, Methoden und Prozessen aufgebaut. Dafür beinhaltet es im Ressourcensystem alle für die Realisierung einer Produktentstehung notwendigen Ressourcen (Personen, Ausstattung, Hilfsmittel, Entwicklungsmethoden etc.).<sup>72</sup>

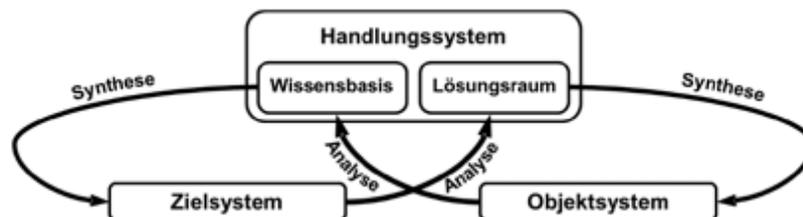


Abbildung 2-7: Erweitertes ZHO-Modell als System der Produktentstehung<sup>73</sup>

Wie in Abbildung 2-7 dargestellt, besitzt das Handlungssystem aus der Sicht von individuellen Personen eine Wissensbasis und einen Lösungsraum.<sup>74</sup> Die Wissensbasis bezeichnet die Menge an Domänenwissen sowie fallspezifisches Wissen. Sie kann durch Erkenntnisgewinn, oder aber durch die Integration zusätzlicher Personen (z. B. Fachspezialisten) zielgerichtet erweitert werden.<sup>75</sup> Der Lösungsraum ist die mentale Repräsentation aller möglichen Lösungen innerhalb der definierten Problemsituation auf Basis von gesetzten Zielen und Randbedingungen.<sup>76</sup>

<sup>70</sup> Albers, Ebel, und Lohmeyer, 2012.

<sup>71</sup> Lohmeyer, 2013.

<sup>72</sup> Meboldt, 2009; Albers, Lohmeyer, und Ebel, 2011.

<sup>73</sup> Albers, Lohmeyer, und Ebel, 2011.

<sup>74</sup> Albers, 2010b.

<sup>75</sup> Lohmeyer, 2013.

<sup>76</sup> Albers, Lohmeyer, und Ebel, 2011.

Die Analyse des Zielsystems führt zu einer Konkretisierung des Lösungsraums. Dieser stellt wiederum die Grundlage dar, um Objekte zu generieren.<sup>77</sup> Diese Objekte sind explizite Informationsträger, die in weiteren Analyseschritten zu neuem Wissen führen. Durch ein iteratives Durchlaufen dieser Schritte wachsen Wissensbasis, Ziel- und Objektsystem kontinuierlich an - der Lösungsraum wird fortwährend eingegrenzt, beziehungsweise konkretisiert.

Basierend auf diesem Gedanken wurde 2007 das integrierte Produktentstehungsmodell entwickelt.<sup>78</sup> Im Folgenden wird die bisher verbreitetste Darstellungsform des iPeM nach ALBERS und BRAUN<sup>79</sup> vorgestellt, welche auf den Arbeiten von ALBERS und MEBOLD<sup>80</sup> aufsetzt. Seit der ersten Veröffentlichung bildet das iPeM die Grundlage von über 100 Veröffentlichungen<sup>81</sup> und gilt als einer der Grundpfeiler der KaSPro, Karlsruher Schule für Produktentwicklung.

Die in Abbildung 2-8 dargestellte erste Generation des iPeM, basiert auf der obersten Hierarchieebene auf den drei Systemen des ZHO-Triplets. Folgend wird das für die Überführung des Zielsystems in das Objektsystem verantwortliche Handlungssystem genauer beschrieben. Die Darstellung gliedert das Handlungssystem in drei Bereiche: Die generische Aktivitätenmatrix, in der beispielsweise Methodenwissen verortet werden kann, das Ressourcensystem, in dem für die Durchführung der Aktivitäten notwendige Ressourcen verortet werden und das Phasenmodell, welches als Referenz dient und in dem der Verlauf des Projekts über die Zeit darstellt und geplant wird.

---

<sup>77</sup> Braun, 2013; Albers und Braun, 2011.

<sup>78</sup> Albers und Meboldt, 2007a; Meboldt, 2009.

<sup>79</sup> Albers und Braun, 2011.

<sup>80</sup> Albers und Meboldt, 2007a.

<sup>81</sup> Albers, Reiss, u. a., 2016.

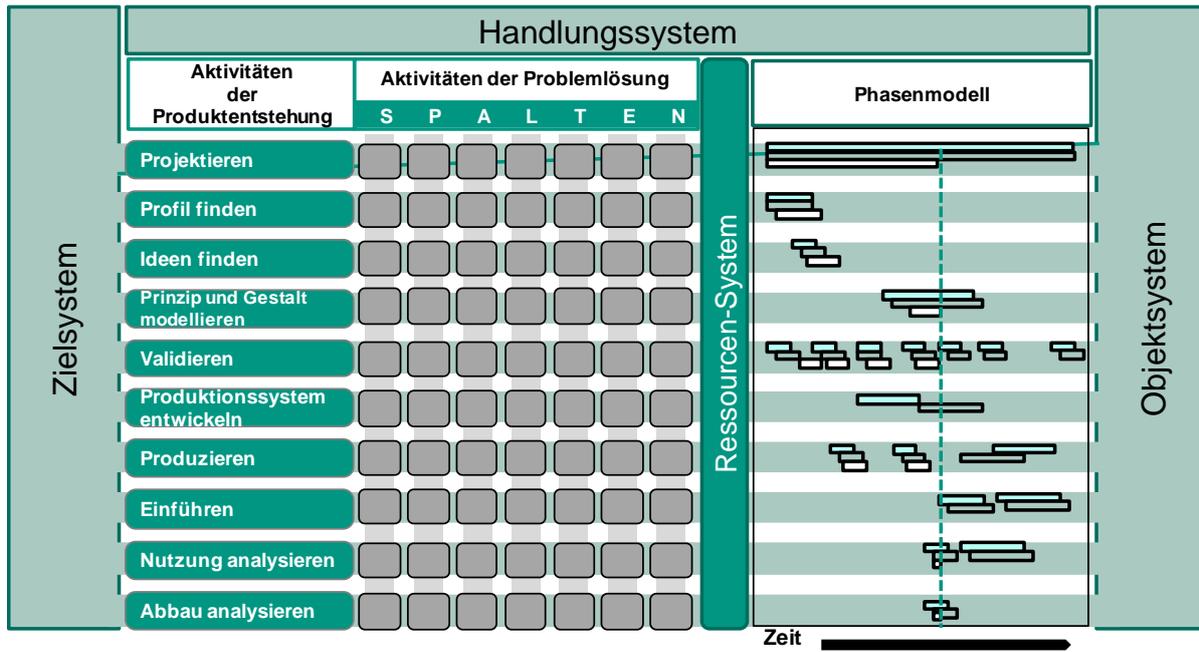


Abbildung 2-8: integriertes Produktentstehungsmodell nach Albers und Braun <sup>82</sup>

Die Aktivitätenmatrix besteht aus zwei Dimensionen: Den Aktivitäten der Produktentstehung und den Aktivitäten der Problemlösung.

Die **Aktivitäten der Produktentstehung** orientieren sich an Elementen des Produktlebenszyklus, haben aber keine logische oder zeitliche Reihenfolge.<sup>83</sup> Sie bilden ein Cluster aus wiederkehrenden Handlungen.

Eine Aktivität im Sinne des iPeM ist eine frei von Iterationen, entlang der unterschiedlichen Phasen des PEP, in unterschiedlicher Ausprägung wiederkehrende Handlung, welche zur Überführung eines Zielsystems in ein Objektsystem beiträgt.

Die Aktivitäten entsprechen dem funktionalen Konzept nach ROPHIL<sup>84</sup>. Hierbei ist jeder Aktivität eine Eingangsgröße zugeordnet, die durch diese in eine Ausgangsgröße überführt wird. So entsteht eine durchgängige Verbindung zwischen den Aktivitäten entlang des gesamten PEP.<sup>85</sup>

Im Folgenden werden die einzelnen Aktivitäten der Produktentstehung nach Albers und Braun<sup>86</sup> beschrieben:

<sup>82</sup> Albers und Braun, 2011.

<sup>83</sup> Ebd.

<sup>84</sup> Ropohl, 1979.

<sup>85</sup> Albers, Braun, und Muschik, 2010b.

<sup>86</sup> Albers und Braun, 2011.

Tabelle 2-1: Aktivitäten der Produktentstehung

<b>Aktivität der Produktentstehung</b>	<b>Beschreibung</b>
Projektierung	Planung und Controlling des Produktentstehungsprozesses. (Planung des initialen Ziel- und Handlungssystems), sowie dessen kontinuierliche Steuerung bzw. Regelung.
Profilfindung	Definition des Produktprofils, bestehend aus Kunden- und Anbieternutzen, sowie einer lösungsneutralen Charakterisierung der Eigenschaften des künftigen Produkts.
Ideenfindung	Identifikation von möglichen abstrakten Lösungen zur Realisierung des Produktprofils.
Modellierung von Prinzip und Gestalt	Explizite Ausarbeitung der Produktidee(n) unter Berücksichtigung technischer und wirtschaftlicher Randbedingungen, sowie eine detaillierte Erarbeitung des physikalischen Zusammenhangs von Funktion und Gestalt.
Validierung	Die Validierung umfasst die Teilaktivitäten Verifikation, Analyse und Bewertung, sowie deren Objektivierung mit dem Ziel der Eigenschaftsabsicherung des Produkts.
Produktionssystementwicklung	Vorbereitung der Produktion des Produkts: Sie umfasst die Definition, Entwicklung und Beschaffung der Produktionsinfrastruktur und kann selbst als PEP angesehen werden.
Produktion	Fertigungsprozesse zur Realisierung des Produkts: Sie umfasst die Herstellung beziehungsweise den Wareneingang einzelner Produktkomponenten, sowie deren Montage.
Einführung	Vermarktung des entwickelten Produkts samt vollständiger Betrachtung der Logistikaktivitäten im Vertriebsnetz.
Nutzungsanalyse	Betrachtung, Dokumentation und Interpretation des Nutzer- und Nutzungsverhaltens.
Abbauanalyse	Antizipation der Möglichkeiten von Stilllegung oder Recycling nach Ende der Produktlebensdauer.

Nach ALBERS kann der Produktentstehungsprozess und die, diesen beschreibenden Aktivitäten auch als Problemlösungsprozess verstanden werden.<sup>87</sup> Die **Aktivitäten der Problemlösung** konkretisieren daher die Aktivitäten der Produktentstehung und bilden die zweite Dimension der Aktivitätenmatrix.<sup>88</sup> Um die Aktivitäten der Produktentstehung im Operativen auch umsetzen zu können, wird im iPeM die Problemlösungsmethode SPALTEN eingesetzt.<sup>89</sup> SPALTEN ist hierbei ein Akronym und steht für die Teilschritte dieser Problemlösungsmethode.<sup>90</sup>

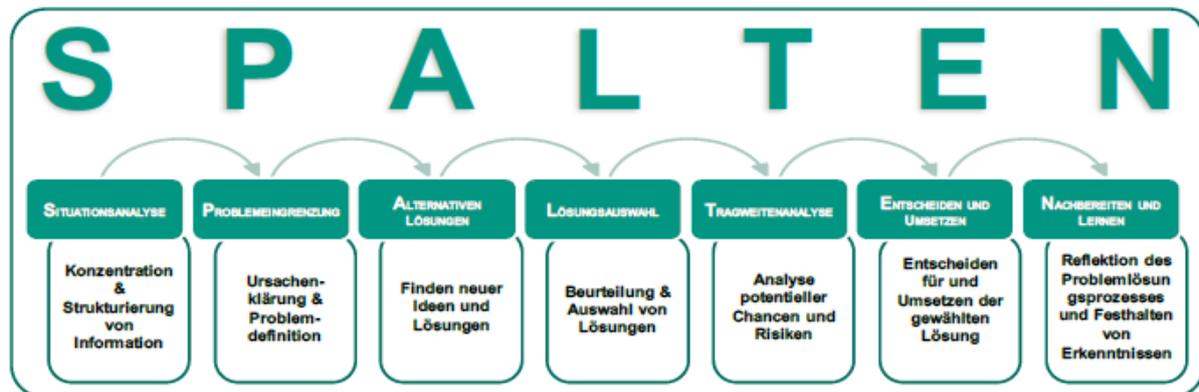


Abbildung 2-9: Darstellung der SPALTEN Problemlösungsmethodik

In der SPALTEN Problemlösungsmethodik wird eine strukturierte Vorgehensweise des allgemeinen Problemlösens, bestehend aus den sieben Aktivitäten der Problemlösung, der stetigen Anpassung des Problemlösungsteams (PLT), dem Informationscheck (IC) und dem kontinuierlichen Ideenspeicher (KIS) beschrieben. Dabei bedient man sich den Ansätzen des Systems Engineering, wie sie in der Gruppe um ALBERS als Ansatz für die Unterstützung des Menschen in komplexen Entwicklungsprozessen seit mehreren Jahren erforscht werden.<sup>91</sup> Die wissenschaftlichen Grundlagen der SPALTEN-Problemlösungsmethodik werden in Kapitel 2.4 detailliert beschrieben.

Aus der Projektion der Aktivitäten der Problemlösung auf die Aktivitäten der Produktentstehung ergibt sich eine zweidimensionale Matrix mit 70 Aktivitäten, denen

<sup>87</sup> Albers, 2010b.

<sup>88</sup> Vorwort Albers in Oerding, 2009.

<sup>89</sup> Vgl. 2.4.1

<sup>90</sup> Albers, Saak., und Burkardt, 2002.

<sup>91</sup> Vorwort Albers in Schneider, 2012.

unterschiedliche Methoden zugeordnet werden können.<sup>92</sup> Das Modell enthält auf oberster Ebene keine Vorgaben über die Abfolge der Prozessschritte, sondern baut hier auf einer rein logischen Beschreibung des Produktentstehungsprozesses auf.<sup>93</sup> Die Aktivitätenmatrix ist somit als generisch und projektunabhängig zu verstehen. Sie hat keinerlei Zeitbezug und wird daher als statischer Teil des iPeM bezeichnet.<sup>94</sup>

Damit die verschiedenen Aktivitäten des iPeM durchgeführt werden können, bedarf es des Ressourceneinsatzes. Das Ressourcensystem ist ebenfalls Teil des Handlungssystems und beinhaltet sowohl personelle Ressourcen (z. B. Mitarbeiter oder externe Berater), wie auch materielle - (z. B. Kapital, Arbeitsmittel) und immaterielle Ressourcen (z. B. Wissen, Technologien).<sup>95</sup>

Die Durchführung der Aktivität wird im Phasenmodell des iPeM entlang einer Zeitachse geplant und dargestellt. Hierbei wird zwischen drei unterschiedlichen Modellierungen unterschieden: Dem Referenz-, dem Implementierungs- und dem Anwendungsmodell (vgl. Abbildung 2-10).<sup>96</sup>

---

<sup>92</sup> Albers, Reiß, u. a., 2015a.

<sup>93</sup> Meboldt, 2009; Albers und Meboldt, 2007a.

<sup>94</sup> Albers und Braun, 2011; Braun, 2013.

<sup>95</sup> Meboldt, 2009; Albers und Meboldt, 2007a.

<sup>96</sup> Albers und Meboldt, 2006.

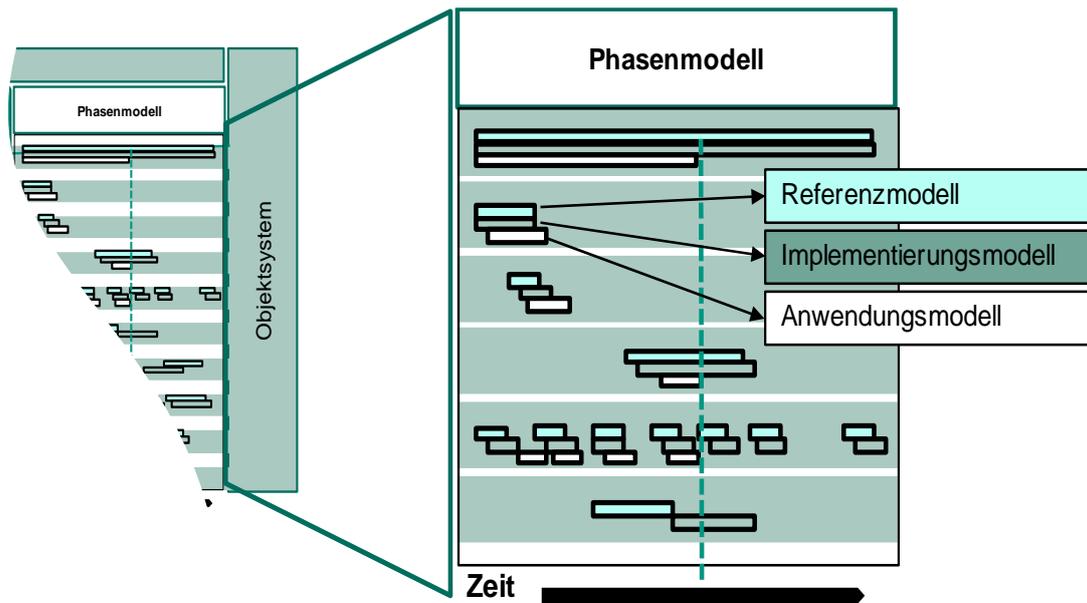


Abbildung 2-10: Das Phasenmodell des iPeM nach ALBERS UND BRAUN<sup>97</sup>

Unter dem Referenzmodell wird eine aufgrund von Erfahrungen gestaltete, allgemeine Vorlage des Projektverlaufs verstanden.<sup>98</sup> Die Erfahrungen können aus den Entwicklungsprozessen der Vorgängergenerationen stammen oder aus branchenüblichen Standards abgeleitet werden.<sup>99</sup> Das Implementierungsmodell beschreibt den aufgrund von situativen Anpassungen erstellten Soll-Prozess und dient als Projektplan. Abweichungen zum Referenzmodell sind aufgrund der Einzigartigkeit jedes Projekts ganz natürlich und können zum Beispiel auf sich verändernde Rahmenbedingungen im Produktentstehungsprozess zurückgeführt werden.<sup>100</sup> Im Anwendungsmodell wird der tatsächliche Verlauf des Projekts modelliert. Der Projektfortschritt kann durch den kontinuierlichen Abgleich zwischen Implementierungs- und Anwendungsmodell überprüft und angepasst werden. Eine konsequente Modellierung von Implementierungs- und Anwendungsmodellen ermöglicht die Verfeinerung des Referenzmodells.<sup>101</sup>

<sup>97</sup> Albers und Braun, 2011.

<sup>98</sup> Albers, 2012.

<sup>99</sup> Albers und Deigendesch, 2010.

<sup>100</sup> Albers und Braun, 2011.

<sup>101</sup> Albers und Braun, 2011; Braun, 2013; Meboldt, 2009.

## 2.2 Agile Ansätze der Produktentwicklung

In diesem Abschnitt wird zunächst ein Überblick über die Prinzipien der agilen Produktentwicklung, sowie der Scrum-Methodik gegeben. Aufbauend auf dem dargelegten Trend zu agilen Prozessen in der Produktentwicklung wird der daraus folgende Bedarf für eine situations- und bedarfsgerechte Methodenbereitstellung hergeleitet.

Aufgrund der Einzigartigkeit eines jeden Produktentstehungsprozesses<sup>102</sup>, der Interdisziplinarität innerhalb der Entwicklungsteams<sup>103</sup> und immer komplexer werdender Systeme<sup>104</sup>, können Produktentstehungsprozesse als äußerst komplex angesehen werden.<sup>105</sup> Gerade die frühen Phasen sind durch eine hohe Ungewissheit bezüglich des Lösungsraums gekennzeichnet.<sup>106</sup>

Betrachtet man diese Phasen, empfehlen sich agile Methoden<sup>107</sup>, wie beispielsweise Scrum<sup>108</sup> oder Design Thinking<sup>109</sup>, welche die Kunden- und Nutzerbedürfnisse ins Zentrum stellen und durch ein iteratives Vorgehen die Bedürfnisse und Anforderungen schrittweise ermitteln. Laut HIGHSMITH umfasst Agilität vier Aspekte<sup>110</sup>: Die Geschwindigkeit, um zu einem Ergebnis zu gelangen, die Anpassungsfähigkeit bei Problemen, Kundenzentriertheit und die agile Haltung.

Durch das Erstellen von zahlreichen Prototypen und das Testen mit Kunden und Nutzern werden in der agilen Produktentwicklung kontinuierlich neue Erkenntnisse gewonnen. Die Prototypen können dabei viele verschiedene Formen annehmen: von sehr einfachen Papier- oder Kartonmodellen, Mock-ups oder Funktionsmustern bis zu voll funktionsfähigen Ausarbeitungen. Insbesondere in der physischen Entwicklung

---

<sup>102</sup> Albers, 2010b; Albers, Braun, und Muschik, 2010a.

<sup>103</sup> Ehrlenspiel, 2013.

<sup>104</sup> Haberfellner, 2015.

<sup>105</sup> Ebd.

<sup>106</sup> Albers, Muschik, und Ebel, 2010.

<sup>107</sup> Bender, 2004; Albers, Bursac, u. a., 2015.

<sup>108</sup> Hanser, 2010b.

<sup>109</sup> Plattner, Meinel, und Leifer, 2010.

<sup>110</sup> Highsmith, 2009.

mechatronischer Systeme stellt dies aufgrund der Begrenztheit an Ressourcen eine große Herausforderung dar.<sup>111</sup>

Zu den in der Literatur bekanntesten agilen Projektmanagement-Ansätzen zählen Scrum, Design Thinking und Kanban.<sup>112</sup> In der Praxis zählen jedoch diverse Anpassungen und Hybride der unterschiedlichen Ansätze zum Status-Quo.<sup>113</sup>

Diese Ansätze wurden ursprünglich in der Softwaretechnik entwickelt, sind aber mittlerweile davon unabhängig und werden in vielen anderen Bereichen eingesetzt.<sup>114</sup>

In agilen Ansätzen wird in der Regel auf eine weitreichende und vor allem detaillierte Standardisierung von Prozessen verzichtet.<sup>115</sup> Ermöglicht soll dies werden durch neue Arten an Projektkultur, selbstorganisierten Teams und das Streben, sich ständig verbessern zu wollen.<sup>116</sup> Das bedeutet jedoch nicht, dass es keinerlei Standardisierungen in agilen Prozessen gibt. Sie beziehen sich jedoch stärker auf die zwischenmenschliche Interaktion im Team.<sup>117</sup>

Im Allgemeinen werden agile Prozesse und Vorgehen zwar als Rahmen beschrieben, leben aber von der konkreten Interpretation durch das jeweilige Team.<sup>118</sup>

Im Agilen Manifest<sup>119</sup> wurden die Grundwerte und Gedanken des agilen Arbeitens erstmalig expliziert. Hierbei geht es in erster Linie um die Werte, Transparenz, Kommunikation und Kooperation und nicht um Prozesse oder Werkzeuge.

---

<sup>111</sup> Schmidt und Paetzold, 2016; Gloger, 2016.

<sup>112</sup> Hanser, 2010a.

<sup>113</sup> Komus u. a., 2014.

<sup>114</sup> Kim, 2013.

<sup>115</sup> Batra u. a., 2010; Soundararajan und Arthur, 2011.p

<sup>116</sup> Alliance, 2013.

<sup>117</sup> Wolf, 2015a.

<sup>118</sup> Moe, Dingsøy, und Dybå, 2010.

<sup>119</sup> Beck u. a., 2001.

Diese plakativen und mit großem Interpretationsspielraum auslegbaren Prinzipien können zu vier Hauptaussagen zusammengefasst werden.<sup>120</sup>

1. Individuen und Interaktionen stehen über Prozessen und Werkzeugen.
2. Funktionierende Software steht über umfangreicher Dokumentation.
3. Die Zusammenarbeit mit dem Kunden steht über der Verhandlung von Verträgen.
4. Das Reagieren auf Veränderungen steht über dem Befolgen eines Planes.

Ein weiteres Grundelement stellen schnelle und flexible Reaktionen auf Veränderungen im Projekt dar, was durch ein flexibles Framework, flache Hierarchien und ein hohes Maß an Interaktion und Eigenverantwortung im Projektteam gewährleistet wird. Ein enger und kooperativer Umgang mit dem Kunden durch alle Projektphasen hindurch, ist darüber hinaus ein weiterer, grundlegender Bestandteil, um eine bestmögliche Kundenzufriedenheit zu erreichen. Im Folgenden werden unterschiedliche agile Ansätze vorgestellt.

### **2.2.1 Scrum**

Die oben genannten Prinzipien der agilen Entwicklung sind in der Scrum-Methodik operationalisiert. Historisch gesehen geht das Scrum Framework auf die beiden amerikanischen Softwareentwickler Jeff Sutherland und Ken Schwaber<sup>121</sup> zurück und wurde entsprechend zunächst zur Entwicklung von Software verwendet.<sup>122</sup> Im Folgenden wird das Framework vorgestellt, das der Scrum-Methodik zugrunde liegt. Grundprinzip ist eine iterative Vorgehensweise, bei der die gleichen Schritte durchlaufen werden, um über Zwischenstufen, die sogenannten Inkrementen, am Ende das finale Produkt zu erhalten.<sup>123</sup> Im klassischen, aus der Softwareentwicklung

---

<sup>120</sup> Gloger 2013.

<sup>121</sup> Schwaber und Sutherland, 2001.

<sup>122</sup> Schwaber und Beedle, 2002.

<sup>123</sup> Wintersteiger, 2015.

bekanntes Scrum-Framework sind drei Rollen, vier Artefakte und fünf Aktivitäten definiert<sup>124</sup>, welche im Folgenden genauer erläutert werden.

Zu den Rollen im Scrum zählt der Product Owner, der Scrum Master und das Development. Die verschiedenen Rollen stehen in keinem hierarchischen Verhältnis zueinander.<sup>125</sup>

### Die Scrum Rollen

Die Hauptaufgabe des **Product Owner** besteht in der Wertmaximierung des Produkts.<sup>126</sup> Er definiert in enger Zusammenarbeit mit den Stakeholdern Produkteigenschaften und leitet daraus Ziele, Produkthanforderungen, beziehungsweise Produktfeatures ab. Er geht der Frage nach, was das Produkt aus Kundensicht können sollte. Außerdem beschäftigt sich der Product Owner damit, die abgeleiteten Produktfeatures zu priorisieren und die ihm als am wichtigsten erscheinenden Eigenschaften genauer zu spezifizieren.<sup>127</sup>

Er ist somit für das Management des Product Backlogs verantwortlich. Diese Aufgabe umfasst das Sortieren und Priorisieren der Einträge im Backlog, sowie die Sicherstellung des gemeinsamen Verständnisses im Developmentteam über die anstehenden Aufgaben.

Nach der Bearbeitung ist der Product Owner außerdem für die Verifikation der Lösungen zuständig. Er entscheidet, ob eine Lösung den gestellten Anforderungen genügt.<sup>128</sup> Er arbeitet somit an der Schnittstelle zwischen dem Kunden und dem Scrum Team.

Laut Scrum Guide<sup>129</sup> ist es eine Aufgabe des **Scrum Masters** dem Developmentteam zu helfen, indem er Barrieren beseitigt, die das Team am Fortschritt hindern. Der Scrum Master soll dem Entwicklungsteam auf dem Weg in Richtung Selbstorganisation und Cross-Funktionalität helfen.<sup>130</sup> Damit das Team sein volles Potential und seine Leistungsfähigkeiten ausschöpfen kann, ermutigt, unterstützt und

---

<sup>124</sup> Gloger, 2016.

<sup>125</sup> Röpstorff und Wiechmann, 2016.

<sup>126</sup> Schwaber und Sutherland, 2001.

<sup>127</sup> Röpstorff und Wiechmann, 2016.

<sup>128</sup> Ebd.

<sup>129</sup> Schwaber und Sutherland, 2001.

<sup>130</sup> Pichler, 2013.

befähigt der Scrum Master das Team. Im Sprint kann er als Methodencoach verstanden werden, der darauf zu achten hat, dass der Entwicklungsprozess eingehalten wird. Er hilft durch methodische Unterstützung, wie beispielsweise dem Durchführen von Kreativitätstechniken, um neue Lösungsansätze zu entdecken. Zusätzlich fungiert er als Vermittler zwischen dem Team und dem Product Owner, um gegensätzliche Interessen auf gemeinsame Ziele zu lenken. Außerdem ist es Aufgabe des Scrum Masters administrative Aufgaben, wie beispielsweise die Planung von Workshops, für das Team zu übernehmen.

Die Rolle des **Developmentteams** besteht hauptsächlich in der Übersetzung und Realisierung der geforderten Produktfeatures, Produktfunktionalitäten und Anforderungen an das Produkt in technische Lösungen, die sogenannten Inkremente. Im Optimalfall besteht es aus Experten, die am Ende eines jeden Sprints ein fertiges Inkrement übergeben, welches potentiell auslieferbar ist. Die Teams sind von der Organisation so strukturiert und befähigt, dass sie ihre eigene Arbeit selbst organisieren und managen. Hierbei sollten Developmentteams folgende Eigenschaften aufweisen<sup>131</sup>:

- sie sind selbstorganisierend
- sie sind interdisziplinär tätig
- sie sind frei von Hierarchien
- sie kennen keine weiteren Unterteilungen, ungeachtet von bestimmten zu adressierenden Domänen
- sie haben gemeinsam die Rechenschaftspflicht bezüglich der Inkremente

Dieses Verständnis eines Entwicklungsteams ist jedoch keineswegs der Scrum Framework vorbehalten. So wird beispielsweise im ASD - Projekt „integrierten Produktentwicklung“ seit über 20 Jahren nach den genannten Grundsätzen entwickelt.<sup>132</sup>

---

<sup>131</sup> Schwaber und Sutherland, 2001.

<sup>132</sup> Albers, Bursac, u. a., 2017.

## Die Scrum Artefakte

Zu den Artefakten in Scrum gehören der Product Backlog, das Sprint Backlog und das Scrumboard, sowie die Definition of Done und das Productinkrement.<sup>133</sup> Zur weiteren Veranschaulichung des Prozessfortschritts dienen das Burn Down Chart und die Bug Lane.

Der **Product Backlog** enthält alle Ziele, Anforderungen und Aufgaben, die im Projekt erreicht werden sollen. Es stellt somit das ständig aktualisierte Zielsystem für das Developmentteam da.

Zuständig für den Product Backlog ist der Product Owner, der diesen ständig weiterentwickelt und pflegt. Zusätzlich ordnet und priorisiert er die enthaltenen Anforderungen. Da der Product Owner die Liste der Anforderungen kontinuierlich anpasst, und aktualisiert, handelt es sich beim Product Backlog nicht um ein Lastenheft, sondern um ein Zielsystem in Form einer dynamischen Liste. Der Product Backlog wird während der gesamten Projektlaufzeit gepflegt. Die Anforderungen werden Schritt für Schritt in Sprints bearbeitet. Nach dem Sprint überprüft der Product Owner im Sprint Review Meeting, welche Anforderungen des Sprint Backlogs erfüllt wurden. Anforderungen, die nicht erfüllt wurden, werden wieder in den Product Backlog aufgenommen.

Im Product Backlog finden sich unterschiedliche Arten von Einträgen. Diese werden auch Product Backlog Items genannt. Gängige Product Backlog Items sind zum Beispiel:<sup>134</sup>

- Qualitätsanforderungen
- Funktionale Anforderungen
- User Stories (Was will der Kunde)
- Fehler (Bugs), die noch behoben werden müssen
- Verbesserungen

Das **Sprint Backlog** wird aus dem Product Backlog abgeleitet. Hierbei werden einzelne Aufgaben aus dem Product Backlog verwendet und im Sprint Backlog als konkrete To-Do's weiter detailliert aufgeführt. Es werden immer nur so viele Aufgaben

---

<sup>133</sup> Wagenaar u. a., 2015.

<sup>134</sup> Wintersteiger, 2015; Gloger, 2016.

aus dem Product Backlog entnommen, wie sie vom Developmentteam im Sprint verwirklicht werden können.

Auf dem **Scrum Board**, welches aus dem Kanban Prinzip entnommen wurde, werden die aus dem Sprint Backlog abgeleiteten Aufgaben aufgelistet. Diese Aufgaben werden in sinnvolle Gruppen, sogenannten Items dargestellt. Das Scrum Board besteht in der Regel aus vier Spalten: Am Anfang sind alle Aufgaben in der „Tod-Do Spalte“. Dort befinden sich die Aufgaben, die noch nicht bearbeitet sind, samt ihrer Definition of Done.

Die **Definition of Done** ist die Beschreibung des Teams, was getan werden muss, damit ein Feature als fertig angesehen wird. In der „In Progress Spalte“ werden die Aufgaben angeführt, die gerade umgesetzt werden. In der „Review Spalte“ befinden sich die aus Sicht des Teams finalen Elemente, mit der Aufforderung zum Review. In der „Done-Spalte“ werden die erfolgreich gereviewten Ergebnisse platziert. Das Scrum Board dient somit der Visualisierung des Fortschritts während eines Sprints.

Das **Produktinkrement** ist das vom Team vorzeigbare Ergebnis des Sprints. Es wird durch die Integration neuer Funktionen kontinuierlich weiterentwickelt. Im Projekt hat es eine zentrale Bedeutung durch die Schaffung der Synchronisation und dem gemeinsamen Verständnis innerhalb des gesamten Teams, bestehend aus Developmentteam, Product Owner, Scrum Master und den Stakeholdern. Durch die Eigenschaft, dass Produktinkremente erlebbar sind, fördern sie eine valide Bewertung aus Sicht aller Beteiligten zum Meilenstein und die Ableitung nächster Aktivitäten.<sup>135</sup>

### Die Scrum Zeremonien

Zu den klassischen Scrum Aktivitäten kann die Sprint Planung, der Daily Scrum, der Sprint samt Sprint Review, sowie die Sprint Retrospektive gezählt werden.<sup>136</sup> Während der **Sprint Planung** wird entschieden, welche Aufgaben aus dem Product Backlog in den Sprint Backlog übernommen werden, um im Sprint umgesetzt zu werden.

Der **Sprint** ist die eigentliche Umsetzungsphase, in der die Anforderungen durch das Umsetzungsteam realisiert werden. Ein Sprint ist ein Entwicklungsschritt, der von Anfang an auf einen bestimmten Zeitraum, der zwischen einer und vier Wochen liegt, beschränkt wird. In dieser Phase kann sich das Umsetzungsteam ganz auf die

---

<sup>135</sup> Pfahl und Lebsanft, 2000.

<sup>136</sup> Wintersteiger, 2015.

Realisierung der Anforderungen konzentrieren und wird durch den Scrum Master hierbei methodisch unterstützt. Am Ende des Sprints - also nach Ablauf der geplanten Zeitspanne - wird das Produkt-Inkrement vorgestellt. Während des Sprints gibt es täglich ein kurzes Statusupdate zwischen den Mitgliedern des Umsetzungsteams.

In diesem Meeting, dem sogenannte **Daily Scrum**, erläutert jedes Mitglied nach einem definierten Standard kurz, welche Aufgaben seit dem letzten Daily Scrum realisiert wurden und welche Aufgaben als nächstes angegangen werden. Sollten Schwierigkeiten aufgetreten sein, werden diese dabei angesprochen.

Nach dem Sprint-Ende findet die **Sprint Review** statt. Die Sprint Review dient zur Abnahme des Produkt-Inkrementes. Vom Product Owner wird geprüft, ob das Produkt-Inkrement die geforderten Funktionalitäten erfüllt.

Ebenfalls nach dem Sprint-Ende findet die **Sprint Retrospektive** statt. Hierbei wird im Umsetzungsteam analysiert, wo die Stärken und Schwächen des Teams während des vergangenen Sprints lagen. Ziel hierbei ist es, den kontinuierlichen Verbesserungsprozess zu leben und aus Fehlern zu lernen, aber auch Stärken zu identifizieren und diese zu nutzen.

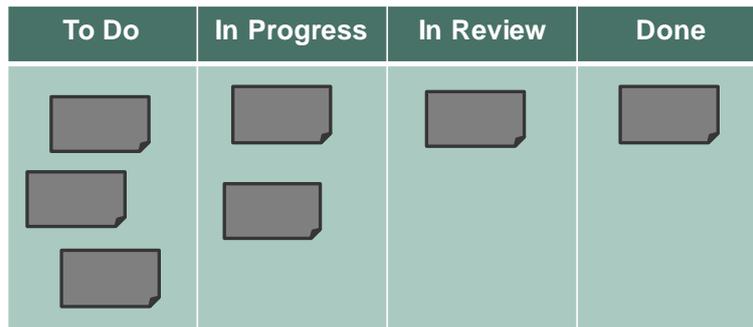
### 2.2.2 Kanban

Das Kanban-Prinzip ist inspiriert vom Toyota-Produktionssystem (TPS)<sup>137</sup>, welches der Prozesssteuerung in der Fertigung dient. Mit Karten wird im TPS signalisiert, welche Komponenten, in welchen Mengen produziert werden sollen. Die so entstehende Just-in-time-Produktion stellt im Idealprozess genau das her, was wirklich gebraucht wird. Dieses Prinzip lässt sich auch in der Software-Entwicklung anwenden. ANDERSON<sup>138</sup> übertrug dieses Konzept auf die Softwareentwicklung. Er integrierte die Grundidee von Kanban mit grundlegenden Prinzipien, sowohl aus der Lean Produktion, als auch aus dem Lean Product Development. Zentrales Element der Visualisierung des Arbeitsflusses ist ein in Abbildung 2-11 dargestelltes Kanban-Board.

---

<sup>137</sup> Ohno, 2013.

<sup>138</sup> Anderson, 2011.

Abbildung 2-11: Exemplarische Darstellung Kanban-Board nach ANDERSON<sup>139</sup>

Hierauf werden Aufgaben in Form von Karten angebracht. Ein Kanban-Board ist in Spalten (Lanes) unterteilt, welche den Arbeitsfluss visualisieren. Ausstehende Aufgaben werden in die linke Spalte (To-Do, auch: Backlog) geschrieben. Die Lanes bilden die Schritte innerhalb eines Prozess ab. Karten wandern im Laufe ihrer Fertigstellung also von ganz links nach ganz rechts.

### 2.2.3 Design Thinking

Design Thinking hat erst in den letzten Jahren zunehmend an Aufmerksamkeit gewonnen. Der Ansatz entstand 1962 in seinen Grundzügen an der Stanford University.<sup>140</sup> Im Anschluss entwickelte sich ein globales Netzwerk mit einer vernetzten Design Thinking Community, bestehend aus Design Thinking Lehrern, Coaches, Industriepartnern und Beratungsunternehmen. Schulen, die sich dem Verständnis von Design Thinking widmeten<sup>141</sup>, halfen den Ansatz zu verbreiten. Eine Definition für den Begriff Design Thinking konnte sich bisher nicht durchsetzen. BROWN definiert Design Thinking als ...

*„...a methodology that imbues the full spectrum of innovation activities with a human-centered design ethos.“<sup>142</sup>*

<sup>139</sup> Ebd.

<sup>140</sup> Rowe, 1991.

<sup>141</sup> Z.B.: Stanford und das Hasso Plattner Institut in Potsdam

<sup>142</sup> Brown, 2009.

Gleichzeitig verweist er jedoch darauf, dass das Wesen von Design Thinking keine klare Definition erlaubt. LEIFER<sup>143</sup> unterstreicht dies und verweist auf das Verständnis von Innovation als Ergebnis und Design Thinking als Methode, um die Erfolgswahrscheinlichkeit eines innovativen Ergebnisses zu erhöhen.

Design Thinking wird hierbei als Prozess zur Förderung kreativer Ideen verstanden. Dabei basiert Design Thinking auf vier wesentlichen Komponenten, um Probleme zu lösen und Innovation zu fördern<sup>144</sup>:

- Der Design Thinking Prozess
- Interdisziplinäre Teams
- Ein durchgängiges Werteverständnis
- Ein mobiles Raumkonzept

Ein wesentliches Element des Design Thinkings ist der sich an klassischen Problemlösungsprozessen orientierende, iterative Ablauf, so wie in Abbildung 2-12 dargestellt.<sup>145</sup>

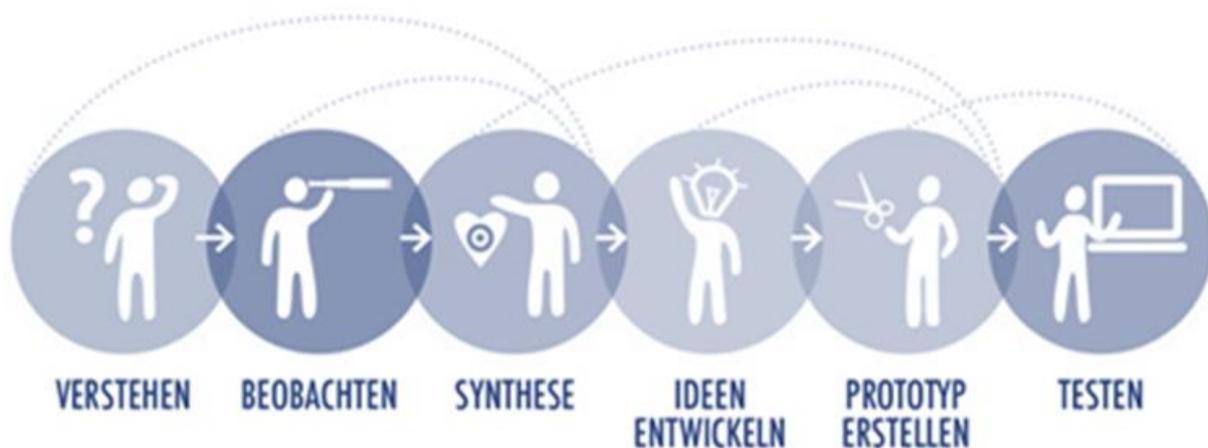


Abbildung 2-12: Design Thinkings nach Plattner und LEIFER<sup>146</sup>

Die Schritte sind:

**Verstehen:** Im ersten Schritt geht es um das Verständnis des Problems. Ziel ist die Definition einer geeigneten Fragestellung, welche die Bedürfnisse und Herausforderungen des Projekts definiert.

<sup>143</sup> Leifer, Plattner, und Meinel, 2013.

<sup>144</sup> Ebd.

<sup>145</sup> Plattner, Meinel, und Leifer, 2010.

<sup>146</sup> Ebd.

**Beobachten:** Auf das Verstehen folgt eine intensive Recherche und Beobachtung, um wichtige Einsichten und Erkenntnisse zu gewinnen und die Rahmenbedingungen des Status Quo zu definieren. Das Beobachten besteht nicht ausschließlich darin, Menschen bei dem, was sie tun, zuzuschauen. Vielmehr handelt es sich um eine Kombination aus aufmerksamer Beobachtung und darauf aufbauenden Dialogen und Interaktionen.

**Synthese:** Während der Synthese werden die gemachten Beobachtungen auf einen einzelnen, prototypischen Nutzer heruntergebrochen, dessen Bedürfnisse in einer klar definierten Frage kondensiert werden. Dabei geht es vorwiegend um die Verknüpfung der einzelnen Informationen mit dem gemeinsamen Gesamtbild des Teams. Damit entsteht nicht nur ein gemeinsamer Wissensstand des Teams, sondern, neben der verbalen Verdichtung durch die individuellen Erzählungen des Erlebten, auch eine visuelle Synthese.

**Ideenfindung:** In anschließenden Phasen der Ideenfindung werden durch Kreativitätstechniken Ideen für die hergeleiteten, möglichen Felder für Innovationen generiert.

**Prototypen entwickelt:** Zum Testen und Veranschaulichen der Ideen werden erste, aufwandsarme Prototypen entwickelt und an der Zielgruppe getestet.

**Test:** Mit dem Prototyping einhergehend erfolgen Tests und Feedbackschleifen. Hierfür ist eine konkrete Repräsentanz des späteren Produkts unerlässlich. In den Gesprächen mit Menschen über etwas Konkretes fällt es den Befragten leichter, dieses Konkrete weiter zu präzisieren oder aber Alternativen und Varianten vorzuschlagen. Darüber hinaus macht die Reaktion der Befragten sehr deutlich, ob etwas nicht verfolgt werden sollte, und warum.

Um möglichst vielfältige Herangehensweisen an eine Problemstellung zu gewährleisten, kommen beim Design Thinking Personen aus unterschiedlichen Disziplinen zusammen. Dies können berufliche sein, aber auch kulturelle, nationale oder einfach nur Alters- und Geschlechtsunterschiede. Entscheidend ist der vielschichtige Blick auf eine Thematik.<sup>147</sup>

---

<sup>147</sup> Brenner und Uebersnickel, 2016.

### 2.2.4 Zwischenfazit agile Prozesse

In der Praxis der Softwareentwicklung hat sich die Entwicklung nach agilen Ansätzen neben den klassischen, sequenziellen Entwicklungsprozessen etabliert.<sup>148</sup> Ziel ist es stets, durch einen hohen Grad an Interaktion mit den Stakeholdern, eine schnelle Validierung und den situationsgerechten Umgang mit Veränderungen, die Entwicklung effizienter zu gestalten. Agile Ansätze haben vor allem einen Mehrwert in einem komplexen Umfeld, charakterisiert durch eine hohe Grad der Unsicherheit im Prozess, in dem die Abstimmung und Zusammenarbeit unterschiedlicher Wissensträger notwendig ist.<sup>149</sup> Gerade dann, wenn nicht alle Entscheidungen planbar sind und noch Ungewissheit über das herrscht, was der Kunde oder Nutzer tatsächlich braucht, versprechen agile Ansätze, wie Scrum, unter bestimmten Rahmenbedingungen passende Lösungen.

Es gibt jedoch auch Rahmenbedingungen, die ein agiles Projektmanagement erschweren. Diese können beispielsweise sein:

Das Projektteam ist räumlich getrennt und kann sich nicht täglich abstimmen.<sup>150</sup>

Experten stehen nur für eine begrenzte Zeit oder nur in eingeschränktem Umfang zur Verfügung.<sup>151</sup>

Die Kundenanforderungen bleiben unklar. Der Product Owner kann die Anforderungen nicht genau artikulieren, weil der direkte Kontakt zu Anwendern und Kunden nicht möglich ist.<sup>152</sup>

Kritisch ist es auch, wenn das Management im Unternehmen nicht hinter diesem Paradigmenwechsel des Projektmanagements steht.<sup>153</sup>

Zusätzlich wird häufig die Einführung von Scrum mit der Einführung einer agilen Arbeitsweise verwechselt.<sup>154</sup> In der Praxis gilt häufig die Einführung der

---

<sup>148</sup> Komus u. a., 2014.

<sup>149</sup> Rubin, 2012.

<sup>150</sup> Ovesen und Dowlen, 2012.

<sup>151</sup> Schröder und Schrofner, 2015.

<sup>152</sup> Ovesen und Dowlen, 2012; Schmidt und Paetzold, 2017.

<sup>153</sup> Schein, 2010, Bd. 2; Ovesen und Dowlen, 2012.

<sup>154</sup> Ovesen und Dowlen, 2012; Gregory u. a., 2015.

Transformation zur Agilität als abgeschlossen, nachdem Scrum eingeführt wurde.<sup>155</sup> Hinzu kommt, dass „Agilität“ häufig mit „Flexibilität“ gleichgesetzt wird. Entsprechend werden flexible Arbeitsmodelle, flexible Teams, flexible Arbeitszeiten oder flexible Geschäftsmodelle eingeführt.<sup>156</sup> Hierbei agieren Mitarbeiter in immer kürzeren Abständen in neuen, eigenverantwortlichen Projektteams und die Einhaltung von Prozessen und Methoden kann nicht durchgängig sichergestellt werden.

Die, für agile Prozesse typische, sehr lösungsorientierte Vorgehensweise führt zwar dazu, dass sich das Team nahezu vollständig auf die Wissensarbeit zur Realisierung der Anforderungen fokussieren kann.<sup>157</sup> Andererseits entsteht daraus aber auch die Problematik, dass die Aufgaben selten hinterfragt werden. Hinzu kommt, dass die Verantwortung für den Methodeneinsatz im gesamten Team liegt. Dies führt dazu, dass kaum institutionalisierte Methodenkompetenz zur Lösung der Problemsituation vorhanden ist.<sup>158</sup> Die freie Wahl des Vorgehens führt dazu, dass vom Team ungeliebte Methoden vernachlässigt werden, und steht im klaren Widerspruch zu insbesondere in der Hardwareentwicklung gängigen Qualitätsstandards und Normen, welche den Einsatz bestimmter Methoden als notwendig für den Prozessaudit sehen.<sup>159</sup>

Außerdem kommt es durch die geringe Formalisierung des Prozesses häufig zu unvorhersehbaren Situationen.<sup>160</sup> Und es wird aufgrund des Drucks, immer termingerecht das nächste Sprintziel erreichen zu wollen, meist wenig Zeit in die Recherche und Identifikation des aussichtsreichsten Lösungswegs investiert.<sup>161</sup> Das lösungsorientierte und wenig formalisierte Vorgehen in agilen Prozessen, sowie die geringe Menge an dokumentierten Methodenstandards kann im Optimalfall zwar zu einer schnellen Zielerreichung führen, in unvorhersehbaren Situationen entsteht hierdurch jedoch ein hoher Bedarf an für das Team leicht zugänglichen Methoden.<sup>162</sup> Unter leicht zugänglich wird verstanden, dass die Methoden ohne zu großen

---

<sup>155</sup> Smith, 2008; Gloger, 2013.

<sup>156</sup> Smith, 2008.

<sup>157</sup> Gregory u. a., 2015.

<sup>158</sup> Albers, Behrendt, u. a., 2017; Reiß u. a., 2016.

<sup>159</sup> Gregory u. a., 2015.

<sup>160</sup> Highsmith, 2009.

<sup>161</sup> Heimicke u. a., 2018.

<sup>162</sup> Reiß, Albers, und Bursac, 2017.

Zeitaufwand situations- und bedarfsgerecht identifiziert und nach einer kurzen Einarbeitungszeit durchgeführt werden können.<sup>163</sup>

Da agile Methoden zunächst für Softwareentwicklungsprodukte entwickelt wurden, ergeben sich Kompatibilitätsprobleme.<sup>164</sup> Vor allem die Physikalität mechatronischer Systeme erweist sich als eine Hauptbarriere für die Übertragbarkeit agiler Methoden in die Produktentwicklung.<sup>165</sup> Eine weitere Besonderheit ist die Tatsache, dass der PEP der Hardwareentwicklung nie als eigenständige Einheit betrachtet werden darf. Der Prozess geht in hoher Interaktion mit den Entwicklungsprozessen der Produktions- und Validierungssysteme einher.<sup>166</sup> Die Komplexität des PEP erfordert daher einen ganzheitlichen und transdisziplinären Ansatz, der die Grenzen zwischen den verschiedenen Bereichen überwindet, und die Ergebnisse in einem integriert.<sup>167</sup>

Aufgrund dieser hohen Komplexität der Entstehungsprozesse mechatronischer Systeme, ist es daher nicht möglich, vollständig agil zu entwickeln.<sup>168</sup> Klassische Konstruktionselemente werden weiterhin benötigt. Aufgrund der vielfältigen Vorteile der agilen Ansätze muss der Anspruch bestehen, diese situations- und bedarfsgerecht in den PEP zu integrieren.<sup>169</sup>

Es bleibt festzustellen, dass bislang wenig umfassende Methoden zur ganzheitlichen Unterstützung von Design- und Validierungsaktivitäten entlang der unterschiedlichen Phasen des PEP existieren. Langfristig müssen daher skalierbare Entwicklungsmethoden und Validierungskonzepte im Kontext sich ändernder Anforderungen untersucht werden, um auf den Wandel in Technologie und Gesellschaft im Sinne eines agilen Systementwicklungsprozesses reagieren zu können.<sup>170</sup>

---

<sup>163</sup> Albers, Reiß, u. a., 2015a.

<sup>164</sup> Ovesen und Dowlen, 2012; Schmidt und Paetzold, 2016.

<sup>165</sup> Schmidt und Paetzold, 2017.

<sup>166</sup> Albers, Reiß, und Bursac, 2016.

<sup>167</sup> Turner, 2007.

<sup>168</sup> Albers, Behrendt, u. a., 2017; Conforto u. a., 2014.

<sup>169</sup> Albers, Bursac, u. a., 2017.

<sup>170</sup> Albers, Behrendt, u. a., 2017.

### 2.2.5 Der Ansatz Agile Systems Design – ASD

Aufgrund der Einzigartigkeit eines jeden Produktentstehungsprozesses<sup>171</sup>, der Interdisziplinarität innerhalb der Entwicklungsteams<sup>172</sup> und immer komplexer werdender Systeme<sup>173</sup>, können Produktentstehungsprozesse als äußerst komplex angesehen werden.<sup>174</sup> Insbesondere die frühen Phasen sind durch eine hohe Ungewissheit bezüglich des Lösungsraums gekennzeichnet.<sup>175</sup> Agile Ansätze versuchen diese Unsicherheit durch schnelle Iterationszyklen und konsequente Validierung gerecht zu werden. In Startups und vor allem in Softwareunternehmen gehört agiles Arbeiten bereits zum Alltag. In klassischen Maschinenbauunternehmen ist eine bewusst gelebte Agilität jedoch eher selten anzutreffen.<sup>176</sup>

Wie in Kapitel 2.1.2 beschrieben, existieren viele Ansätze und Modelle zur Beschreibung des Entwicklungsprozesses. All diese Ansätze basieren auf der Annahme, dass Produkte auf einem weißen Blatt Papier entwickelt werden. Die PGE-Produktgenerationsentwicklung betrachtet hingegen die Produktentwicklung auf eine ganzheitlichere Art und Weise. Der Ansatz baut hierbei auf den Beobachtungen auf, dass bisherige Theorien aus der Konstruktionsmethodik, beispielsweise nach PAHL und BEITZ<sup>177</sup> die unterschiedlichen Facetten an Entwicklungsanteilen und die Rolle von Referenzprodukten in realen Produktentwicklungsprojekten nicht vollständig abbilden können.<sup>178</sup> Hierbei sind zwei Hypothesen für den PGE-Ansatz grundlegend: Zum einen werden neue Produkte und technische Lösungen immer auf der Grundlage von bestehenden Referenzprodukten oder Referenzlösungen entwickelt.<sup>179</sup> Die entsprechenden Referenzprodukte und -lösungen können unter anderem firmeninterne Vorgängerprodukte oder externe Wettbewerbsprodukte sein, aber auch

---

<sup>171</sup> Albers, 2010b; Albers, Braun, und Muschik, 2010a.

<sup>172</sup> Ehrlenspiel, 2013.

<sup>173</sup> Haberfellner, 2015.

<sup>174</sup> Ebd.

<sup>175</sup> Albers, Muschik, und Ebel, 2010.

<sup>176</sup> Gloger, 2013.

<sup>177</sup> Pahl und Beitz, 2013.

<sup>178</sup> Albers, Bursac, und Wintergerst, 2015b.

<sup>179</sup> Albers, Rapp, u. a., 2017.

branchenfremde Produkte, sowie unternehmenseigene Systeme, die noch nicht die Marktreife erreicht haben. Zum anderen geschieht die Entwicklung einer neuen Produktgeneration immer durch die gezielte Kombination der Aktivitäten-Übernahme- (ÜV), Gestalt- (GV) und Prinzipvariation (PV), wobei die Gestalt- und die Prinzipvariation zusammen den Neuentwicklungsanteil einer neuen Produktgeneration darstellen.<sup>180</sup>

Da die Entwicklung neuer Produktgenerationen entgegen der Grundlage etablierter agiler Ansätze wie „Design Thinking“ nicht auf dem weißen Blatt Papier beginnt, sondern vielmehr auf Basis von Referenzprodukten, müssen Denkweisen der realen Entwicklung mechatronischer Systeme aus der Praxis, die durch die PGE beschrieben werden mit agilen Elementen kombiniert werden.<sup>181</sup> Ein Ansatz, der die beschriebene Problematik adressiert und das, über Jahrzehnte generierte Organisationswissen aufgreift und dabei agile Ansätze der Entwicklung integriert, ist das ASD – Agile Systems Design, das im Folgenden definiert und in den weiteren Abschnitten beschrieben wird.

---

<sup>180</sup> Albers, Haug, u. a., 2016.

<sup>181</sup> Albers, Rapp, u. a., 2017.

Durch den ASD Ansatz nach ALBERS<sup>182</sup> wird ein praktikables Gleichgewicht an strukturierenden und agilen Elementen geschaffen, um die Entwicklung mechatronischer Systeme situationsspezifisch zu unterstützen. Hierbei wird beachtet, dass ein agiler Ansatz, der für den Einsatz in der Praxis geeignet ist, verschiedene Ausprägungsstufen der Agilität der Abhängigkeit des jeweiligen Entwicklungskontextes zulässt, und das bestehende Wissen in Organisationen nicht ausblendet, sondern nutzbar macht.<sup>183</sup>

*ASD - Agile Systems Design ist ein ganzheitlicher, strukturierender Ansatz zur agilen Entwicklung mechatronischer Systeme, sowie der zugehörigen Produktstrategie, Validierungssysteme und Produktionssysteme bestehend aus Denkweisen, Methoden und Prozessen der bewussten PGE – Produktgenerationsentwicklung.*

Der ASD-Ansatz basiert hierbei auf empirischen Forschungsergebnissen innerhalb der Forschungsgruppe um ALBERS und wurde in den vergangenen 20 Jahren ständig weiterentwickelt.<sup>184</sup> Durch die Erforschung von realen Innovationsprozessen<sup>185</sup>, Co-Creation-Projekten<sup>186</sup> in LiveLabs<sup>187</sup> und empirischen Erhebungen in Forschungsprojekten<sup>188</sup>, konnten Bedürfnisse, Best Practices und Referenzprozesse identifiziert werden. Auf dieser Basis wurden Prinzipien, Prozesse und Methoden für den Einsatz in agilen Entwicklungsprozessen mechatronischer Systeme in einen ganzheitlichen, strukturierenden Ansatz integriert. Die Prinzipien, Prozesse und Methoden des ASD-Ansatzes werden im Folgenden dargestellt.

---

<sup>182</sup> Albers, Bursac, u. a., 2017.

<sup>183</sup> Albers, Behrendt, u. a., 2017.

<sup>184</sup> Albers, Bursac, u. a., 2017.

<sup>185</sup> Albers, Bursac, und Rapp, 2016; Albers, Reiß, u. a., 2013; Albers, Seiter, u. a., 2015; Albers, Matros, u. a., 2015; Albers, Haug, u. a., 2016.

<sup>186</sup> Albers, Bursac, u. a., 2017; Albers, Bursac, u. a., 2016; Walter u. a., 2016.

<sup>187</sup> Albers, Bursac, u. a., 2017; Albers, Bursac, u. a., 2016.

<sup>188</sup> Albers, Reiß, Bursac, u. a., 2016a; Albers u. a.o. J.; Albers, Reiß, Bursac, Urbanec, u. a., 2014; Albers, Bursac, Urbanec, Lüdcke, u. a., 2014.

Um die Methoden und Prozesse von ASD zu verstehen und zu kategorisieren, werden im Folgenden die zugrundeliegenden Prinzipien des ASD-Ansatzes vorgestellt.

### **Der Mensch im Mittelpunkt der Produktentwicklung**

Redtenbacher, der Begründer des wissenschaftlichen Maschinenbaus, prägte diese Denkweise des Menschen als zentrales Element bereits Mitte des 19. Jahrhunderts.<sup>189</sup> ALBERS greift diese Denkweise auf, indem er den Menschen als zentrales elementares Element des Handlungssystems der Produktentstehung beschreibt.<sup>190</sup> Der ASD-Ansatz und alle seine Elemente sollten daher nicht als Selbstzweck betrachtet werden, sondern stets den Entwickler unterstützen.

### **Konsequente Integration des PGE-Konzepts in die agile Entwicklung**

Die konsequente Umsetzung der PGE – Produktgenerationsentwicklung als Basis für den Entwicklungsprozess kann zu Hebung bisher ungenutzter Potentiale führen, indem das Wissen über Produktlösungen, Methoden, Modelle und Verfahren wiederverwendet wird. Zwei PGE-Hypothesen sind für ASD grundlegend. Zum einen werden neue Produkte und technische Lösungen immer auf der Basis bestehender Referenzprodukte oder Referenzlösungen entwickelt.<sup>191</sup> Die entsprechenden Referenzprodukte und -lösungen können firmeninterne Vorgängerprodukte oder externe Wettbewerbsprodukte sein, aber auch Produkte aus anderen Branchen und Forschung, die noch nicht zur Marktreife gelangt sind. Dabei erfolgt die Entwicklung einer neuen Produktgeneration immer durch die gezielte Kombination der Aktivitäten-Übernahmevariation (ÜV), Gestalt-Variation (GV) und Prinzip-Variation (PV). Der ASD-Ansatz integriert dieses Denken in konkrete Methoden und Prozesse und bietet dem Entwickler so die Möglichkeit, Produkte über Generationen hinweg effektiv und effizient zu entwickeln.<sup>192</sup>

---

<sup>189</sup> Redtenbacher und Krosigk, 2007.

<sup>190</sup> Albers, 2010b.

<sup>191</sup> Albers, Bursac, und Wintergerst, 2015a; Albers, Bursac, und Rapp, 2016.

<sup>192</sup> Albers, Rapp, u. a., 2017.

### **Situatives Gleichgewicht von Struktur und Agilität**

Ein lineares Vorgehen in der Entwicklung erlaubt nur individuelle, sequentielle und definierte Phasen. Die Phasenergebnisse gelten immer als verbindliche Vorgaben für die nächste Phase. Eine Phase muss also immer vollständig abgeschlossen sein, bevor die nächste Phase beginnen kann.<sup>193</sup>

Aufgrund der sehr eingeschränkten Möglichkeit, die Ergebnisse bereits abgeschlossener Phasen zu einem späteren Zeitpunkt zu modifizieren, ist nur eine eingeschränkte Flexibilität auf veränderte Anforderungen möglich. Dies ist insbesondere bei langfristigen Projekten problematisch, da sich Anforderungen und Rahmenbedingungen häufig ändern können.

Im ASD wird der Entwicklungsprozess zwar mithilfe von Phasen strukturiert, innerhalb dieser Phasen wird jedoch ein agiles Vorgehen angestrebt.<sup>194</sup> Durch den statischen Aspekt des Phasengedankens mit bestimmten Ereignissen und der hochagilen Arbeitsweise innerhalb dieser Phasen, können beide Welten optimal miteinander verbunden und die Hardwareentwicklung wesentlich agiler gestaltet werden.

### **Aktivitätenbasierte Vorgehensweise nach dem integrierten Produktentstehungsmodell iPeM**

Eine Schlüsselidee des ASD ist es, Referenzprozesse und konkrete Methoden zur Verfügung zu stellen, die den Prozess der Produktgenerierung unterstützen. Das iPeM, das nach dem aktuellen Stand der Forschung eingeführt wurde, deckt die relevanten Handlungsfelder der Produktentwicklung ab.<sup>195</sup> Dies ermöglicht eine ganzheitliche Betrachtung der Produktentwicklung. Dieses Verständnis von Aktivität basiert auf einem systemischen Grundansatz und ermöglicht die Differenzierung und Darstellung von Handlungen, die vom Menschen explizit oder implizit ausgeführt werden.<sup>196</sup>

Das Vorgehensmodell ermöglicht eine generationenübergreifende und ganzheitliche Modellierung des PEP. Dies führt zu einer schnellen Reaktion auf Veränderungen in

---

<sup>193</sup> Albers, Braun, und Muschik, 2010b; Albers, Lüdcke, Bursac, und Will, 2014.

<sup>194</sup> Albers, Behrendt, u. a., 2017; Reiß u. a., 2016.

<sup>195</sup> Albers u. a.o. J.; Albers, 2010a; Albers und Braun, 2011.

<sup>196</sup> Albers, Braun, und Muschik, 2010b.

den verschiedenen Ebenen durch gezielte Methoden. Gerade vor dem Hintergrund einer immer agileren Produktentwicklung ist dies ein großer Vorteil, da sich neue Möglichkeiten für eine effiziente Planung ergeben.<sup>197</sup>

### **Denken in Produktprofilen**

Der häufigste Grund für das Scheitern von Projekten ist ein fehlendes, unvollständiges oder falsches Produktprofil.<sup>198</sup> Ein Produktprofil ist ein Modell eines Nutzenbündels, das den gewünschten Anbieter-, Kunden- und Anwendernutzen für die Validierung zugänglich macht und explizit den Lösungsraum für die Synthese einer Produktgeneration spezifiziert. Eine Besonderheit in der Hardwareentwicklung ist allerdings die begrenzte Möglichkeit der Validierung direkt am Kunden. Zum einen ist das Risiko viel zu hoch und zum anderen ist es kaum möglich, alle Situationen im Feld abzubilden. Umso wichtiger ist es daher, dass valide Kundenmodelle vorhanden sind, um frühzeitig validieren zu können.<sup>199</sup> Diese Kundenmodelle können virtueller oder realer Natur sein. ASD ermöglicht eine schnelle und gezielte Validierung des Produktprofils.

### **Kontinuierliche Validierung**

Die Validierung gilt als zentrale Aktivität im Produktentwicklungsprozess und stellt insbesondere bei komplexen mechatronischen Systemen eine große Herausforderung dar.<sup>200</sup> Daher ist es wichtig, Validierungen als fortlaufende Aktivität während der Produktentwicklung zu verstehen. Nur so kann sichergestellt werden, dass der Kunden- und Anbieternutzen durch die Entwicklungstätigkeiten erzielt wird. Durch die Validierung anhand Prototypen werden Erweiterungen im Zielsystem vorgenommen, die je nach Ergebnis der Validierung als Festlegung, Verfeinerung und/oder Änderung

---

<sup>197</sup> Albers, Behrendt, u. a., 2017.

<sup>198</sup> Albers, Gladysz, u. a., 2016.

<sup>199</sup> Heimicke u. a., 2018.

<sup>200</sup> Albers, Behrendt, u. a., 2016.

ausgeprägt sind.<sup>201</sup> Daher bestimmen die so erzeugten Erkenntnisse das weitere Vorgehen im ASD Prozess.<sup>202</sup>

### "Gezieltes Vergessen" als Methode zur Überwindung von Denkschienen

Agilität und Erfahrung ist ein Zielkonflikt, der gelöst werden muss. Erfahrung und Routine haben zwar viele Vorteile, aber sie schränken den kreativen und lösungsoffenen Prozess oft ein. Das Prinzip des gezielten Vergessens ist die Steuerung der Balance zwischen Erfahrung und geistiger Flexibilität.<sup>203</sup>

### Skalierbarkeit

Im Gegensatz zu vielen anderen Ansätzen wurde ASD mit dem Ziel der vollen Skalierbarkeit entwickelt. Konkrete Unterstützung für mehrjährige Entwicklungsprojekte, sowie für mittelfristige Sprints und kurzfristige Intensiv-Workshops sind das Ziel.<sup>204</sup> Dabei haben alle Skalierungsebenen gemeinsame Merkmale, wie das Produktprofil, die kontinuierliche Validierung auf Basis von Entwicklungsgenerationen und die gezielte Abfolge der Analyse- und Synthesetätigkeiten. Die konkrete Umsetzung hängt jedoch von der Situation ab. Der Anteil der Nutzung agiler Methoden ist ebenfalls bedarfsgerecht skalierbar und kann somit den Anforderungen der modernen mechatronischen Hardwareentwicklung gerecht werden. ASD strukturiert das Phasenmodell individuell, die Phasen können statische Anker sein, der tatsächliche Ablauf ist jedoch stets individuell.

Der genaue Ablauf des Prozesses gestaltet sich wie in folgender Abbildung 2-13 dargestellt:



Abbildung 2-13: Die Phasen des ASD Prozess

<sup>201</sup> Albers, Ebel, und Lohmeyer, 2012.

<sup>202</sup> Albers, Matros, u. a., 2015.

<sup>203</sup> Schüffler u. a., 2017; Johnson, 1994.

<sup>204</sup> Albers, Bursac, u. a., 2017.

Zunächst analysieren die Entwickler in der Analysephase den Entwicklungskontext. Von besonderem Interesse in dieser Phase ist der Wissenszuwachs bezüglich bestehender Produktgenerationen, möglichen Referenzprodukten und Referenzprozessen, sowie die Bildung von robusten Zukunftsszenarien, die Identifikation bestehender und potentieller Märkte und eine ausgiebige Auseinandersetzung mit der Wettbewerbssituation. Basierend darauf erfolgt in der Phase „Potentialfindung“ die systematische und methodische Identifikation möglicher (zukünftiger) Kunden-, Anwender- und Anbieternutzen, die das Produkt adressieren soll. Diese werden als Nutzenbündel in Produktprofilen modelliert und somit der kontinuierlichen Validierung zugänglich gemacht. Die Produktprofile können auf unterschiedlichen Systemebenen entstehen, während andere Subsysteme des mechatronischen Systems beispielsweise mittels der Übernahmevariation (ÜV) im Sinne der PGE – Produktgenerationsentwicklung in die nächste Produktgeneration übernommen werden können. Verschiedene Methoden (z. B. Persona Methode) unterstützen die Entwickler dabei, sich in die Kunden und Anwender hineinzusetzen. Das mit dem Kunden gemeinsam ausgewählte Produktprofil wird in der Phase der „Konzipierung“ technisch umgesetzt. Zu diesem Zweck generieren die Entwickler Ideen und Konzepte, die sie unter kontinuierlicher Durchführung der Aktivität „Validieren und Verifizieren“ in einem physischen Prototyp umsetzen. Der Prototyp, der nach dieser Phase entsteht, integriert bereits die Grundfunktionen, umfasst jedoch einen geringen Funktionsumfang. Mittels des „XiL-Ansatzes“ können weitere Funktionen simuliert werden, wodurch der Kunde bei der Validierung am Meilenstein die Empfindung hat, dass das Produkt bereits final ist.<sup>205</sup> Allerdings wird hierbei lediglich die umgesetzte Funktionalität validiert.<sup>206</sup> Weitere Teilsysteme können beispielsweise basierend auf bestehenden Produktgenerationen oder Referenzprodukten die Validierung im Sinne der PGE unterstützen.<sup>207</sup> Die über die Phasen und insbesondere an den Meilensteinen gewonnenen Erkenntnisse fließen in den darauffolgenden Phasen – Spezifizierung, Realisierung und Release - kontinuierlich in die Weiterentwicklung ein.<sup>208</sup> Diese Phasen gestalten sich analog zur

---

<sup>205</sup> Albers, Reiß, Bause, u. a., 2016.

<sup>206</sup> Albers, Behrendt, u. a., 2013.

<sup>207</sup> Düser, 2010; Albers, Behrendt, u. a., 2016.

<sup>208</sup> Albers, Matros, u. a., 2015.

Konzipierung mit dem Ziel der kontinuierlichen Reifegradsteigerung des Prototyps sowie der durchgängigen Absicherung des Prototyps mit ansteigender Funktionalität gegenüber Kunden und Anwendern.

Über den Prozess hinweg, werden demnach das Zielsystem und das Objektsystem kontinuierlich synthetisiert. Die Aktivitäten, die das Entwicklerteam in den einzelnen Phasen durchführen, werden im Sinne des iPeM iterativ und parallel durchlebt. Der gesamte Prozess lässt sich im iPeM modellieren. Das iterative Vorgehen bezüglich der Reifegradsteigerung des Prototyps sowie innerhalb der einzelnen Phasen, ermöglicht es dem Entwicklerteam Unsicherheiten durch das stetige Absichern der technischen Umsetzungen gegenüber aktuellen Kundenanforderungen zu begegnen. Dadurch erhöht sich die Robustheit des Entwicklungsergebnisses bezogen auf sich potentiell ändernden Kundenanforderungen im Vergleich zu konventionellen Prozessen, welche mit der detaillierten Ausarbeitung von Anforderungslisten beginnen.

Ein ganzheitlicher, strukturierender Ansatz zur agilen Entwicklung mechatronischer Systeme muss die Anforderung der Skalierbarkeit erfüllen.<sup>209</sup> Da jedes Projekt der Entwicklung einzigartig und individuell ist, muss demnach auch ein unterstützender Ansatz individuell an das jeweilige Projekt adaptiert werden können. Aus diesem Grund ist ASD in verschiedene Formate skalierbar. Die Ausprägungen des Formats variieren, abhängig von den gegebenen Ressourcen (z. B. die Zahl der Mitarbeiter, die zur Verfügung stehende Infrastruktur und Zeit), sowie vom Grad der Komplexität der Entwicklungsaufgabe.

### **2.3 Der Mensch im Handlungssystem der Produktentstehung**

In diesem Abschnitt werden Grundlagen der Denkpsychologie im Kontext der ingenieurwissenschaftlichen Entwicklungsmethodik vorgestellt. Zunächst wird der Problembegriff beschrieben und anschließend die Problemlösung als kognitiver Prozess erläutert. Darauf aufbauend, werden die Gründe für die Entwicklung und Nutzung von Methoden in der Produktentwicklung dargelegt.

---

<sup>209</sup> Albers, Bursac, u. a., 2017.

### 2.3.1 Der Problembegriff

In der Literatur sind mehrere Definitionen für den Begriff „Problem“ im Kontext der Produktentwicklung zu finden.

Die meisten von ihnen basieren auf den Arbeiten von DÖRNER. Er definiert ein Problem im Allgemeinen als ein System, das aus drei wesentlichen Komponenten besteht:<sup>210</sup>

Wie ALBERS<sup>211</sup> definiert er die Problemsituation so, dass ein unerwünschter Anfangszustand (IST) in einen erwünschten Zielzustand (SOLL) überführt werden soll, wobei eine Barriere die Transformation des Anfangszustands in den Endzustand verhindert.<sup>212</sup> Die für das Überwinden der Barriere benötigten Mittel und Wege können dabei unbekannt oder in ihrer Anzahl und Kombinationsmöglichkeit so vielzählig sein, dass die Lösung des Problems nicht offensichtlich ist.

Zudem kann auch der konkrete Endzustand unbekannt oder vage sein. Diese Vielzahl von unterschiedlichen Barrieren erfordert auch verschiedene Formen des Überwindens, gleichzusetzen mit verschiedenen Formen des Problemlösens.

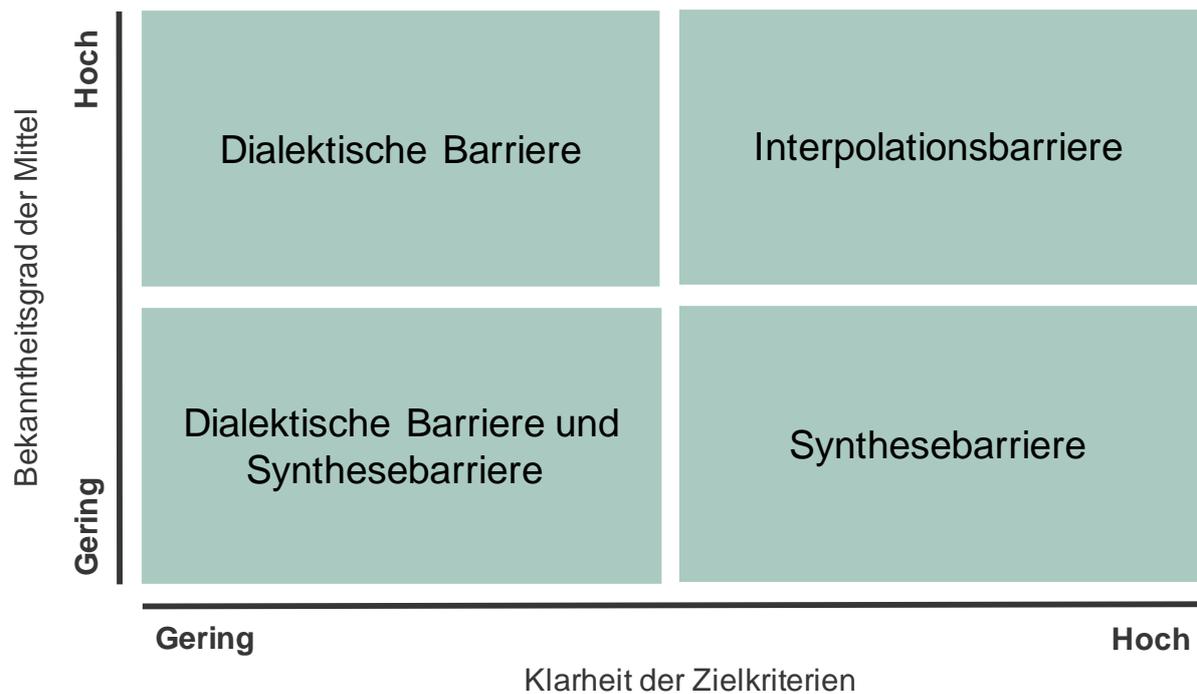
Dörner bezeichnet die zu überwindende Barriere mit zwei Dimensionen: Die „Bekanntheit der Mittel“ und die „Klarheit der Zielsituation“. Ihre Ausprägungsformen werden von „hoch“ bis „gering“ eingestuft. Daraus ergibt sich eine Matrix mit vier Feldern und den folgenden Arten von Barrieren:

---

<sup>210</sup> Dörner, 1979.

<sup>211</sup> Albers, Saak., und Burkardt, 2002.

<sup>212</sup> Dörner, 1979.

Abbildung 2-14: Klassifikation verschiedener Barrieretypen nach Dörner<sup>213</sup>

Bei einer **Synthesebarriere** handelt es sich um eine Barriere, bei der die Mittel zur Zielerreichung (sog. Operatoren) eines bekannten Ziels selber unbekannt sind. Sind die Operatoren klar, der Zielzustand selbst aber nicht, so handelt es sich um eine **dialektische Barriere**. Neben einer nicht vorhandenen Definition des Zielzustands sind auch unscharfe und vernetzte Zielkriterien Grundlage für ein dialektisches Problem. **Interpolationsbarrieren** beschreiben Probleme, bei denen die Anzahl der Operatoren (und dadurch ihre Kombinationsmöglichkeiten) so vielzählig sind, dass ein unüberschaubarer Lösungsraum entsteht.

ALBERS unterscheidet grundsätzlich zwischen zwei Arten von Problemsituationen: Den Notsituationen und den Planungssituationen (Abbildung 2-15).<sup>214</sup>

<sup>213</sup> Ebd.

<sup>214</sup> Albers, Saak., und Burkardt, 2002.

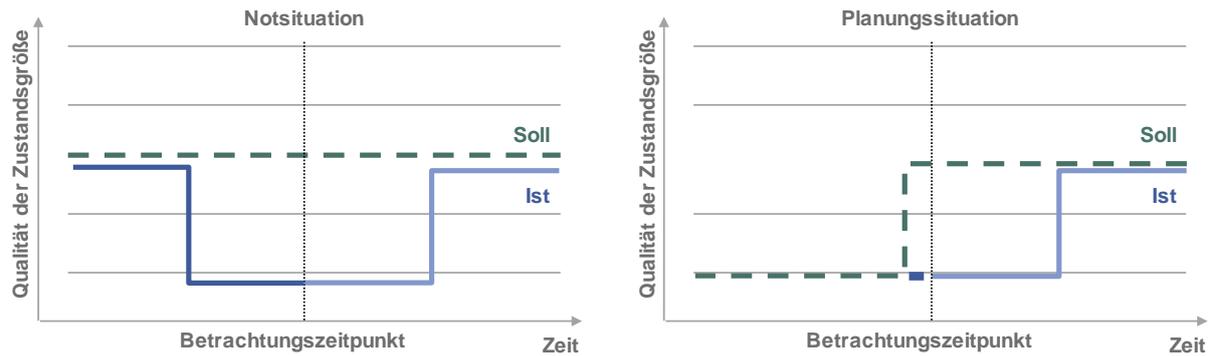


Abbildung 2-15: Not- und Planungssituationen<sup>215</sup>

In einer Notsituation weicht ein „Ist“-Zustand von einem gewollten, gleichbleibenden „Soll“-Zustand ab. Es handelt sich hierbei um eine ungewollte und meist unerwartete Abweichung. Ziel ist es, den entstanden „Ist“-Zustand wieder in den zuvor herrschenden „Soll“-Zustand zu überführen.

Bei einer Planungssituation hingegen, wird der „Soll“-Zustand bewusst verändert und der „Ist“-Zustand in einem Prozess an den neuen „Soll“-Zustand angepasst. Ziel ist es hier, den neu definierten „Soll“-Zustand unter den vorgegebenen Rahmenbedingungen (bspw. Ressourcen, Zeit etc.) zu erreichen. Diese gewünschte Änderung wird erst in der Zukunft sichtbar.<sup>216</sup>

Zusammengefasst kann ein Problem als 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“ verstanden werden.<sup>217</sup>

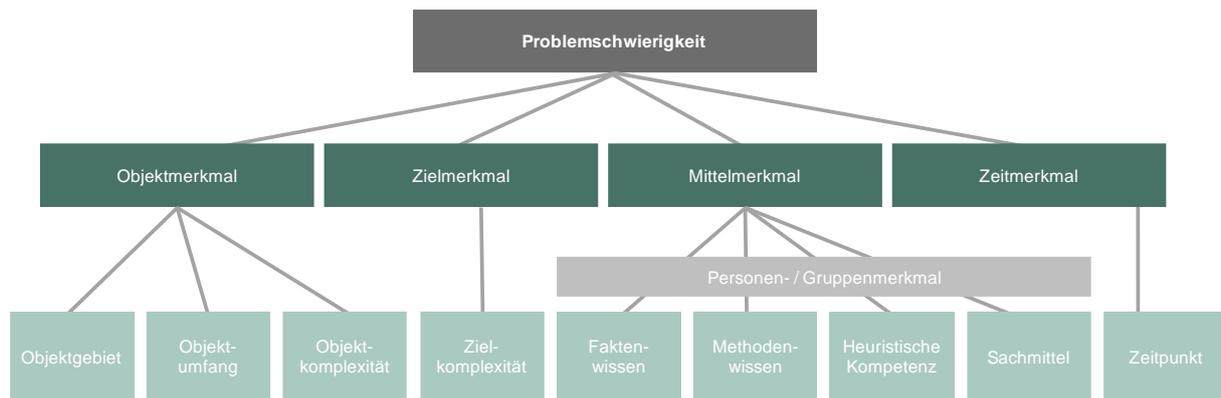
Eine weitere Klassifikation von Problemen geben ATKINSON und SHIFFRIN mit seiner Unterteilung in vier Problemmerkmale (vgl. Abbildung 2-16). Demnach können Probleme durch die Kombination von Objekt-, Ziel-, Mittel- und Zeitmerkmalen beschrieben werden.<sup>218</sup>

<sup>215</sup> Albers u. a., 2005.

<sup>216</sup> Albers, Saak., und Burkardt, 2002.

<sup>217</sup> Albers u. a., 2005.

<sup>218</sup> Atkinson und Shiffrin, 1968.

Abbildung 2-16: Problemschwierigkeit und ihre Merkmale bzw. Einflüsse<sup>219</sup>

### 1. Objektmerkmale:

Zu den Objektmerkmalen eines Problems zählen das Gebiet beziehungsweise der Inhalt, der Umfang und die Komplexität des Problems. Die Objektmerkmale resultieren aus systemtechnischer Sicht aus dem zu Grunde liegenden Sachsystem.

**Objektgebiet:** Das Objektgebiet kennzeichnet den Wissensbereich, in dem das Problem existiert.

**Objektumfang:** Der Objektumfang eines Problemkomplexes beschreibt die Menge und die Vielfalt an Objektelementen.

**Objekt-komplexität:** Zur Beschreibung der Objekt-komplexität zählen neben der Anzahl der Variablen und deren Vernetztheit auch die Unklarheit beziehungsweise die Intransparenz und die Eigendynamik, welche den Grad der Komplexität eines Systems bestimmen.

### 2. Zielmerkmale:

Ebenso wie bei den Objektmerkmalen können die Zielmerkmale eines Problems bezüglich ihrer Komplexität in die gleichen Einflussgrößen unterteilt werden. So versteht man unter der Eigendynamik von Zielmerkmalen zum Beispiel die Änderung von Marktanforderungen bei längerfristigen Entwicklungsaufgaben.

### 3. Mittelmerkmale:

<sup>219</sup> Atkinson und Shiffrin, 1968.

Als Mittelmerkmale werden die zur Verfügung stehenden Mittel für die Lösung eines Problems bezeichnet. Diese können in die beiden Bereiche „*Personenmerkmale*“ und „*Gruppen-/Unternehmungsmerkmale*“ untergliedert werden.

Sachmittel sind zur Problemlösung notwendig - bei ihrem Fehlen erhöht sich die Problemschwierigkeit. Sachmittel können beispielsweise Prüfstände, Rechner oder Software sein. Neben den zur Verfügung stehenden Sachmitteln kann auf personeller Seite zwischen Fakten- und Methodenwissen, und der heuristischen Kompetenz des Problemlösers, beziehungsweise des Problemlösungsteams unterschieden werden. Der Begriff „Wissen“ ist hierbei von größter Bedeutung und kann sehr weit gefasst werden. Für die Problemlösefähigkeit wird demnach nicht nur klar rational vermittelbares Wissen benötigt, sondern vor allem unbewusstes „Methodenkönnen“. Die Gruppen-, beziehungsweise Unternehmensmerkmale sind mit den personenspezifischen Einflüssen der Personenmerkmale nahezu identisch.

#### 4. *Zeitmerkmale*

Eine Problemschwierigkeit liegt vor, wenn die „verfügbare Bearbeitungszeit aufgrund mangelnder Kapazität nicht gegeben ist“.<sup>220</sup> Auch der Zeitpunkt für die Problemlösung kann bedeutungsvoll sein. Darüber hinaus ist zu beachten, dass „jedes Problem meist mehrere Teilprobleme enthält, die sich auch aus den gewählten Lösungen ergeben können, die so am Anfang oftmals noch gar nicht sichtbar sind und dann unter Umständen ausschlaggebend für die endgültige Lösungswahl werden können“.<sup>221</sup>

Probleme sollten allerdings nicht mit den zu erledigenden Aufgaben verwechselt werden. Große Anstrengungen oder eine hohe Bearbeitungszeit sind keinesfalls Merkmale eines Problems. Bei der Bewältigung von Aufgaben sind – im Gegensatz zu Problemen - die benötigten Methoden und Mittel bekannt, und das reproduktive Handeln des Menschen steht im Vordergrund. Von den oben genannten, drei Komponenten fehlt daher bei einer Aufgabe die Barriere.

Es ist demnach zu beachten, dass das Vorliegen einer Aufgabe oder eines Problems im konkreten Fall sehr subjektiv ist. Im Gegensatz zu langjährigen MitarbeiterInnen kann eine vermeintlich einfache Aufgabe für (in dem betreffenden Bereich)

---

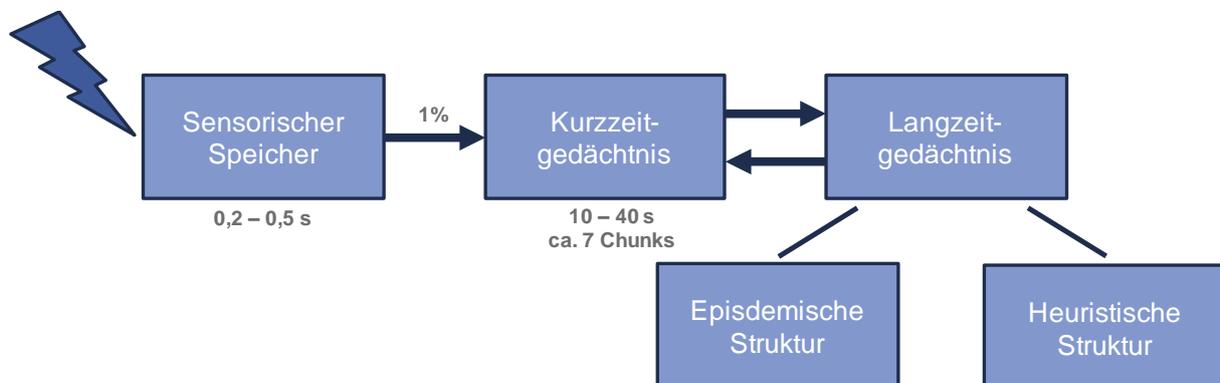
<sup>220</sup> Ebd.

<sup>221</sup> Ebd.

unerfahrene MitarbeiterInnen bereits ein großes Problem darstellen. Es ist daher ersichtlich, dass das Vorliegen eines Problems oder einer Aufgabe stark abhängig davon ist, auf welches Erfahrungswissen der Mensch hinsichtlich früherer, ähnlicher Vorgänge zurückgreifen kann.<sup>222</sup>

### 2.3.2 Der problemlösende Mensch

Problemlösungsprozesse basieren zu einem wesentlichen Teil auf Denkvorgängen, weshalb es zunächst zwingend erforderlich ist, den „kognitiven Apparat“ des problemlösenden Menschen näher zu betrachten. DÖRNER bildet das Gedächtnis als „ein informationsverarbeitendes System mit drei Speicherelementen“, wie in *Abbildung 2-17* dargestellt, ab:<sup>223</sup>



*Abbildung 2-17: Gedächtnisarten nach DÖRNER<sup>224</sup>*

Im sensorischen Speicher, dem sogenannten „Ultrakurzzeitgedächtnis“, werden die durch die menschlichen Sinnesorgane gewonnenen Informationen aufgenommen - und für eine Dauer von 0,2 bis 0,5 Sekunden vollständig erhalten. Der Großteil dieser Informationen (ca. 99%) zerfallen anschließend und sind nicht mehr für die weitere Verwendung zugänglich. Im „Kurzzeitgedächtnis“ werden die Informationen verarbeitet, die zum aktuellen Denkprozessen benötigt werden. Nach MILLER<sup>225</sup> ist dieser Teil des Gedächtnisses in der Lage, zeitgleich ca.  $7 \pm 2$  Einheiten (sog. Chunks) zu behalten. Dabei können diese Informationseinheiten sehr komplex sein, solange diese durch eine entsprechende Abstraktion (z. B. durch Symbole) darstellbar sind.

<sup>222</sup> Ebd.

<sup>223</sup> Dörner, 1979.

<sup>224</sup> Ebd.

<sup>225</sup> Miller, 1956.

Dies ist jedoch nur möglich, wenn „Teilinhalte bereits im Langzeitgedächtnis verarbeitet“ wurden. So ist zum Beispiel die sechsstellige Telefonnummer eines Menschen für diesen selbst als eine Einheit (Chunk) anzusehen, wohingegen eine fremde Person zur Verarbeitung dieser Telefonnummer sechs Speicherplätze benötigt. Die Speicherdauer schwankt dabei von circa 10 bis 40 Sekunden. Aufgrund dieser Begrenzung, des auch als „Arbeitsgedächtnis“ bezeichneten Speicherelements, ist es in der Praxis sinnvoll, sich auf die Verknüpfung von wenigen Variablen zu konzentrieren, und in weiteren Durchläufen zusätzliche Variablen einzubringen und zu betrachten. Das für die langfristige Speicherung von Informationen zuständige Speicherelement wird als „Langzeitgedächtnis“ bezeichnet.

Die epistemische Struktur beschreibt den Bereich, der das Objektwissen - also „das Wissen über Sachverhalte (Fakten, Bilder, festgelegte Handlungspläne)“ - enthält.

Durch die heuristische Struktur ist es den Menschen möglich, neue Handlungspläne zu entwerfen. Falls das abgespeicherte Objektwissen, das zur Bewältigung einer Problemsituation benötigt wird, nicht ausreicht, so müssen „auf einer höheren Metaebene aus einer begrenzten Anzahl an elementaren Operatoren neue Operatoren gebildet werden. In diesem Fall muss das zur Lösung eines Problems notwendige Verfahren zunächst entwickelt werden.“<sup>226</sup>

Nach BADKE-SCHAUB<sup>227</sup> ist das Lösen von Problemen als zentrales Element eines Produktentwicklungsprozesses vor allem durch das Denken geprägt. In diesem Zusammenhang wird oft zwischen intuitivem und diskursivem Denken unterschieden.<sup>228</sup> Intuitives Denken ist durch sprunghaftes Denken gekennzeichnet, verbunden mit plötzlichen Einfällen. Über diese Art von Erkenntnisgewinn hat der Mensch selbst keine Kontrolle, denn Zusammenhänge werden ihm unmittelbar und schlagartig bewusst. Das Gehirn scheint hierbei im Unterbewusstsein Fakten oder die Beziehungen zwischen den Dingen zu erfassen. Trotz der schlechten Beeinflussbarkeit dieser Gedankengänge kommt dem intuitiven Denken in der Produktentwicklung aufgrund seines Potentials, kreative Inhalte hervorrufen zu können, eine große Bedeutung zu. Im Gegensatz dazu steht das diskursive Denken.

---

<sup>226</sup> Ebd.

<sup>227</sup> Badke-Schaub und Frankenberger, 2003.

<sup>228</sup> Ehrlenspiel und Meerkamm H., 2013.

Infolge der Zerlegung eines Problems in seine wesentlichen Bestandteile und durch rationales und planvolles Lenken durch das Bewusstsein, verlaufen die Gedankengänge in einer logischen Folge fortschreitend.<sup>229</sup>

Ein Großteil unseres Denkens und Handelns erfolgt normalerweise unbewusst.<sup>230</sup> Wesentliche Denkprozesse laufen also routineartig und implizit ab. Im Hinblick auf die kognitive Effizienz hat das den Vorteil, dass diese wesentlich schneller sind, als geplante, diskursive Denk- und Handlungsprozesse.<sup>231</sup> Kommt der Mensch jedoch an den Punkt, dass diese Vorgehensweise nicht mehr erfolgversprechend oder gar irreführend ist und eine Problemsituation auftritt, so ist der langsamere Denkprozess mit methodenbewusstem, diskursivem und rationalem Vorgehen zweckmäßig.<sup>232</sup>

Demzufolge muss ein Ziel der Entwicklungsmethodik die Entwicklung von einfachen, aber effektiven Methoden sein, die durch den Problemlöser verinnerlicht werden können.<sup>233</sup>

Die kognitiven Fähigkeiten des Menschen bieten hohe Potentiale. Sie bieten die Möglichkeit der Abstraktion, die Fähigkeiten „Wichtiges von Unwichtigem zu unterscheiden“, die Generierung von kreativen Lösungen, die Bildung von Analogien oder „Ursache-Wirkungsketten“ und der Umgang mit vorläufig definierten Informationen. Die menschlichen, kognitiven Fähigkeiten weisen allerdings auch Schwächen und Fehler auf. Diese können in vier Hauptgruppen untergliedert werden:<sup>234</sup>

---

<sup>229</sup> Badke-Schaub und Frankenberger, 2003.

<sup>230</sup> Ehrlenspiel und Meerkamm H., 2013.

<sup>231</sup> Kahneman, 2012.

<sup>232</sup> Ebd.

<sup>233</sup> Birkhofer, 2005; Jänsch, 2007.

<sup>234</sup> Ehrlenspiel und Meerkamm H., 2013.

1. Mangelnde Funktionalität
2. Mangelnde Fähigkeit, abstrakt und logisch zu denken
3. Aufwands-, bzw. Zeitminimierung (Einfachheitsprinzip)
4. Sicherheitsmaximierung

Aufgrund der eingeschränkten Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses fällt es dem Menschen schwer, komplexe Systeme simultan zu bearbeiten. So ist es einzelnen ProduktentwicklerInnen kaum möglich, sowohl die Funktion, als auch die Kosten, die Beschaffung und die Entsorgung neuer Systeme gleichzeitig optimal auszugestalten.<sup>235</sup> Die mangelnde Fähigkeit, abstrakt und logisch zu denken, begründet sich in der evolutionären Entwicklung des Menschen, da die kognitiven Fähigkeiten zwar durch bessere Bildung und Rahmenbedingungen stetig wachsen, jedoch nicht in dem Maße, wie es der technische Fortschritt tut. So erleben beispielsweise EntwicklerInnen in der Automobilbranche bei einer durchschnittlichen Lebensarbeitszeit von 40 Jahren mindestens sechs Produktgenerationen samt aller technologischen Neuerungen, wobei sich das Gehirn und die damit verbundenen natürlichen Fähigkeiten nur sehr langsam verändern.

Auf die Denkökonomie, also mit kleinstmöglichem Aufwand zur Erkenntnis, beziehungsweise zur Lösung von Problemen zu kommen, ist auf das Einfachheitsprinzip mit dem Ziel der Aufwands- bzw. Zeitminimierung zurückzuführen. Menschen beschränken sich oft auf wenige Einflussgrößen und bilden zu starke Vereinfachungen. Hintergrund ist wiederum eine Verringerung der Komplexität.<sup>236</sup> Häufig wird die erstbeste Lösung eines Problems weiterverfolgt, anstatt eine ausführliche Problemklärung vorzunehmen und ausreichend Informationen einzuholen. Entscheidungen werden meist intuitiv und emotional begründet getroffen. Diesbezüglich stellen unbewusste, intuitive Vorgänge aufgrund des schnelleren Ablaufs eine große Gefahr für unkontrolliertes, emotionales Verhalten, bis hin zur Ablehnung von methodischem Arbeiten, dar.

Der Mensch ist außerdem dazu verleitet, in unbekanntem Situationen im Gewohnten zu verharren. Diese Sicherheitserhaltung schützt vor dem Gefühl der Inkompetenz in

---

<sup>235</sup> Ebd.

<sup>236</sup> Kahneman, 2012.

unangenehmen Momenten. Zweifel und negative Informationen werden oft erst gar nicht zugelassen.

## **2.4 Die SPALTEN Problemlösungsmethodik**

Der Mensch ist bei der Produktentwicklung durchgängig mit Problemsituationen konfrontiert.<sup>237</sup> Als Problemlöser ist er von Natur aus lösungsorientiert, aber zugleich eher schwach bei der Lösung von komplexen Problemen.<sup>238</sup> Dies ist darauf zurückzuführen, dass das menschliche Gehirn nur beschränkt über die Fähigkeit verfügt, sich mit komplizierten oder gar komplexen Problemen zu befassen.<sup>239</sup> Diese Art von Problemen sind jedoch charakteristisch für die heutige Produktentwicklung.<sup>240</sup> Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln ausgiebig der Problembegriff und der Stand der Forschung zu den verbreitetsten Problemlösungstechniken diskutiert wurde, beschäftigt sich dieses Kapitel mit der Problemlösungsmethodik SPALTEN nach ALBERS<sup>241</sup>. Hierzu werden zunächst die Grundlagen der Problemlösungsmethodik dargelegt. Anschließend werden die Ergebnisse einer umfassenden empirischen Studie zum Gebrauch und Mehrwert von SPALTEN in den letzten 15 Jahren präsentiert.

### **2.4.1 Grundlagen der SPALTEN Problemlösungsmethodik**

Die SPALTEN Problemlösungsmethodik definiert eine strukturierte Vorgehensweise des allgemeinen Problemlösens, bestehend aus den sieben Aktivitäten der Problemlösung, der Anpassung des Problemlösungsteams (PLT) zwischen den Aktivitäten, dem Informationscheck (IC) und dem kontinuierlichen Ideenspeicher (KIS). Dabei bedient sie sich den Ansätzen des Systems Engineering<sup>242</sup>, wie sie in der Forschungsgruppe um ALBERS als Ansatz für die Unterstützung des Menschen in komplexen Entwicklungsprozessen seit mehreren Jahren erforscht werden.

---

<sup>237</sup> Albers, 2010b.

<sup>238</sup> Pahl, 1994; Wild und Möller, 2015.

<sup>239</sup> Vgl. Absatz 2.3.2

<sup>240</sup> Albers u. a., 2005.

<sup>241</sup> Albers, Saak., und Burkardt, 2002.

<sup>242</sup> Vorwort Albers in Schneider, 2012.

Die SPALTEN Methode beschreibt einen universellen Ansatz der Problemlösung, welcher nicht auf spezielle Arten von Problemen beschränkt ist und an unterschiedliche Randbedingungen und Komplexitätsgrade angepasst werden kann. So leistet die SPALTEN Methode Unterstützung, sowohl in spontan auftretenden Notsituationen, als auch in Planungssituationen, was sie von weiteren Problemlösungstechniken unterscheidet.

Die SPALTEN Methode wurde 2002 erstmalig veröffentlicht und in den vergangenen 15 Jahren stets weiterentwickelt und konsequent angewendet.<sup>243</sup> Sie beschreibt eine wichtige Säule der Karlsruher Schule für Produktentwicklung (KaSPPro) und ist seit der ersten Veröffentlichung in Forschungs-, Lehre-, und Innovationsprojekten präsent.<sup>244</sup> Damit sich der Anwender mit seinen kognitiven Fähigkeiten vollständig auf die Lösung des Problems fokussieren kann, wurde die SPALTEN Methode als leicht zu merkendes Akronym, bestehend aus sieben Schritten, beschrieben. Diese Schritte bilden die Aktivitäten der Problemlösung:

- Situationsanalyse
- Problemeingrenzung
- Alternative Lösungen generieren
- Lösungsauswahl
- Tragweitenanalyse
- Entscheiden und Umsetzen
- Nachbereiten und Lernen

Durch die Aufspaltung des Problemlösungsprozesses in sieben Schritte wird nur ein Chunk zur Orientierung im Prozess verwendet, während sich der Rest des Bewusstseins mit der Lösung des eigentlichen Problems beschäftigen kann. Die Chunking-Hypothese gibt eine Aussage über den Umfang der Kurzzeitgedächtnisspanne, die nach Miller<sup>245</sup>  $7 \pm 2$  Chunks beträgt.

---

<sup>243</sup> Albers, Saak., und Burkardt, 2002; Albers u. a., 2005; Saak, 2007; Schneider, 2012; Albers, Reiß, Bursac, u. a., 2016a.

<sup>244</sup> Albers, Reiß, Bursac, u. a., 2016a.

<sup>245</sup> Miller, 1956.

Die einzelnen Aktivitäten geben dem Entwickler einen roten Faden bei der Lösung von Problemen, indem sie ihm erlauben, größere Probleme in kleinere, handhabbare Teilprobleme aufzuspalten. Hierbei bilden die einzelnen Problemlösungsaktivitäten einen sogenannten „atmenden“ Informationskanal (Abbildung 2-18), in dem kontinuierlich Informationen generiert und verdichtet werden.<sup>246</sup>

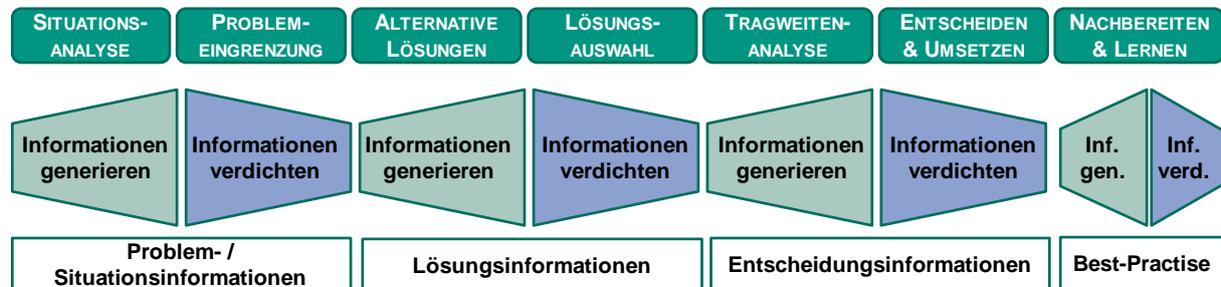


Abbildung 2-18: Prozess der Informationsgenerierung und -verdichtung<sup>247</sup>

Im Folgenden werden die einzelnen Elemente und Aktivitäten der SPALTEN Problemlösungsmethode detailliert beschrieben (Abbildung 2-19).

<sup>246</sup> Albers, Braun, und Muschik, 2010b; Braun, 2013.

<sup>247</sup> Albers, Reiß, Bursac, u. a., 2016b.

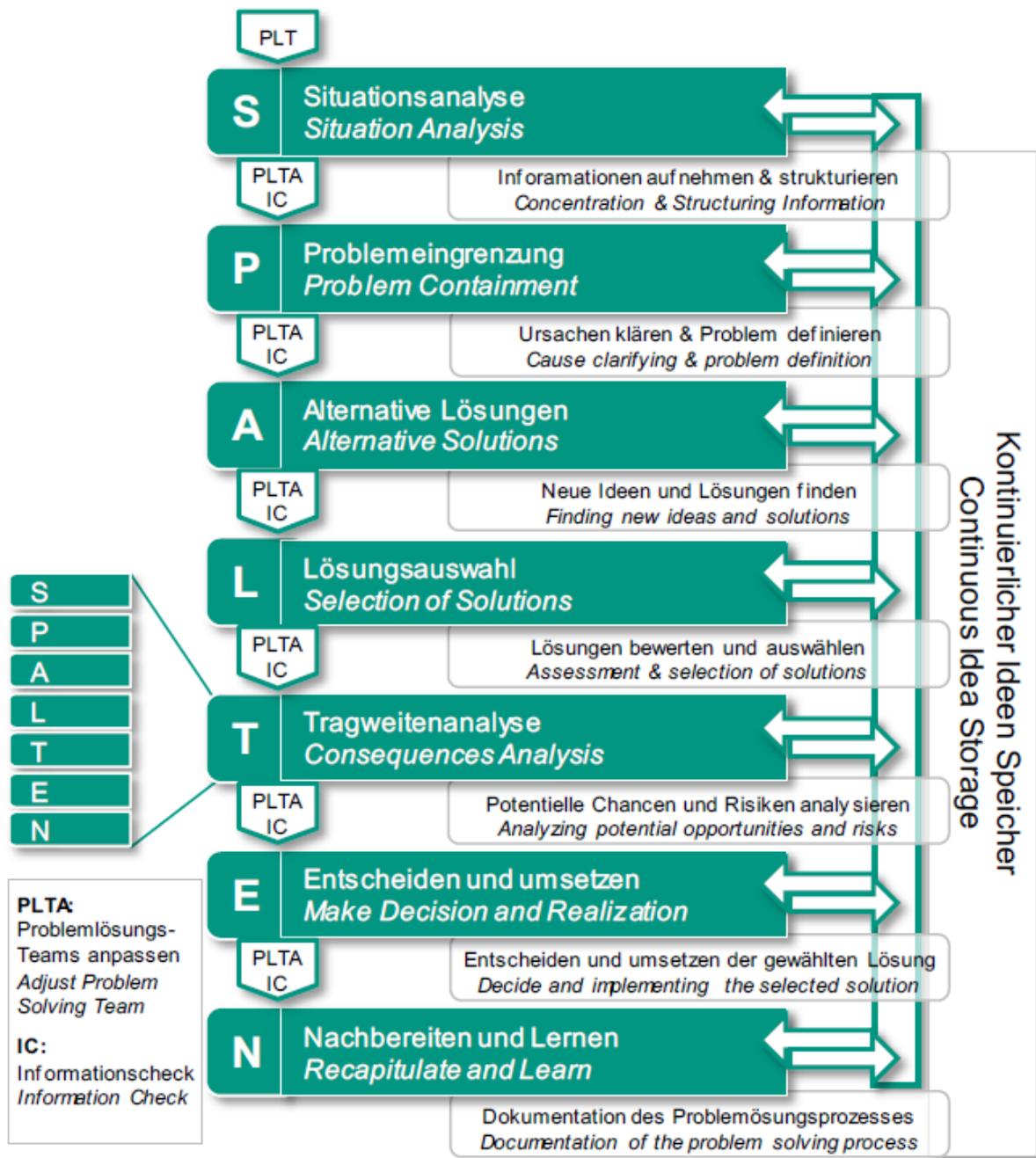


Abbildung 2-19: SPALTEN Problemlösungsmethodik<sup>248</sup>

Jeder SPALTEN Prozess beginnt mit der Zusammenstellung des Problemlösungsteams, wobei die kleinste mögliche Größe des Teams eine Person umfasst. Auch die Entscheidung zur Lösung des Problems als Einzelperson sollte bewusst getroffen werden. Diese Entscheidung ist wiederum selbst eine Problemlösung. Dieses Beispiel verdeutlicht den Umstand, dass sich Probleme häufig aus Teilproblemen zusammensetzen. Um dem gerecht zu werden, besitzt die

<sup>248</sup> Ebd.

SPALTEN Methode einen fraktalen Charakter. Nach initialer Zusammenstellung des Problemlösungsteams (PLT) sollte dieses kontinuierlich überprüft und adaptiert werden. Aufgrund der Tatsache, dass die unterschiedlichen Aktivitäten der Problemlösung auch unterschiedliche Kompetenzen verlangen, spielt die Zusammenstellung des bestmöglichen Problemlösungsteams eine entscheidende Rolle. So können beispielsweise Personen mit einem großen kreativen Leistungsvermögen in der Aktivität „Alternative Lösungen generieren“ einen großen Beitrag leisten. Wenn diese Personen später die unterschiedlichen Ideen bewerten müssen, ist eine objektive Beurteilung jedoch nicht garantiert. Deshalb sollte vor jedem Schritt der SPALTEN Problemlösungsmethodik hinterfragt werden, ob das Team den Ansprüchen der anstehenden Aktivität genügt oder ob beispielsweise Experten hinzugezogen werden sollten.

Während des Problemlösungsprozesses (PLP) werden im Team Ideen zur Vorgehensweise und Problemlösung generiert. Häufig kann auf die Ideen jedoch nicht direkt eingegangen werden. Diese Ideen sollten sofort fixiert und im kontinuierlichen Ideenspeicher (KIS) abgelegt werden, um sie im Verlauf des PLP nutzen zu können. Der Informationscheck (IC) sieht vor, dass vor Beginn eines jeden Prozessschritts alle hierfür relevanten Informationen vorhanden sind. Folgende Fragen können diese Überprüfung unterstützen:

- Ist der aktuelle Wissens-/Informationsstand ausreichend?
- Ist die Informationsbasis ausreichend genutzt?
- Ist das Nutzen-Aufwand-Verhältnis zur Generierung neuer Informationen akzeptabel?
- Ist der Detaillierungsgrad des Prozessschritts der Situation angemessen?

SPALTEN besteht aus sieben Schritten, die im Problemlösungsprozess zunächst sequenziell angewandt werden sollten. Das „Überspringen“ von Aktivitäten ist mit einem großen Risiko verbunden und im Idealfall nur zulässig, wenn keine klassische Problemsituation, charakterisiert aus einem Delta zwischen Ist und Soll und einem unbekanntem Lösungsweg, besteht.<sup>249</sup> Iterationen im Sinne einer Reaktion auf Fehler oder aufgrund Anpassungen an geänderte Randbedingungen sind in der SPALTEN-

---

<sup>249</sup> Vgl. Kapitel 2.3.1

Methodik ausdrücklich vorgesehen. Die möglichen nächsten Schritte samt Entscheidungskriterien sind in Abbildung 2-20 dargestellt.

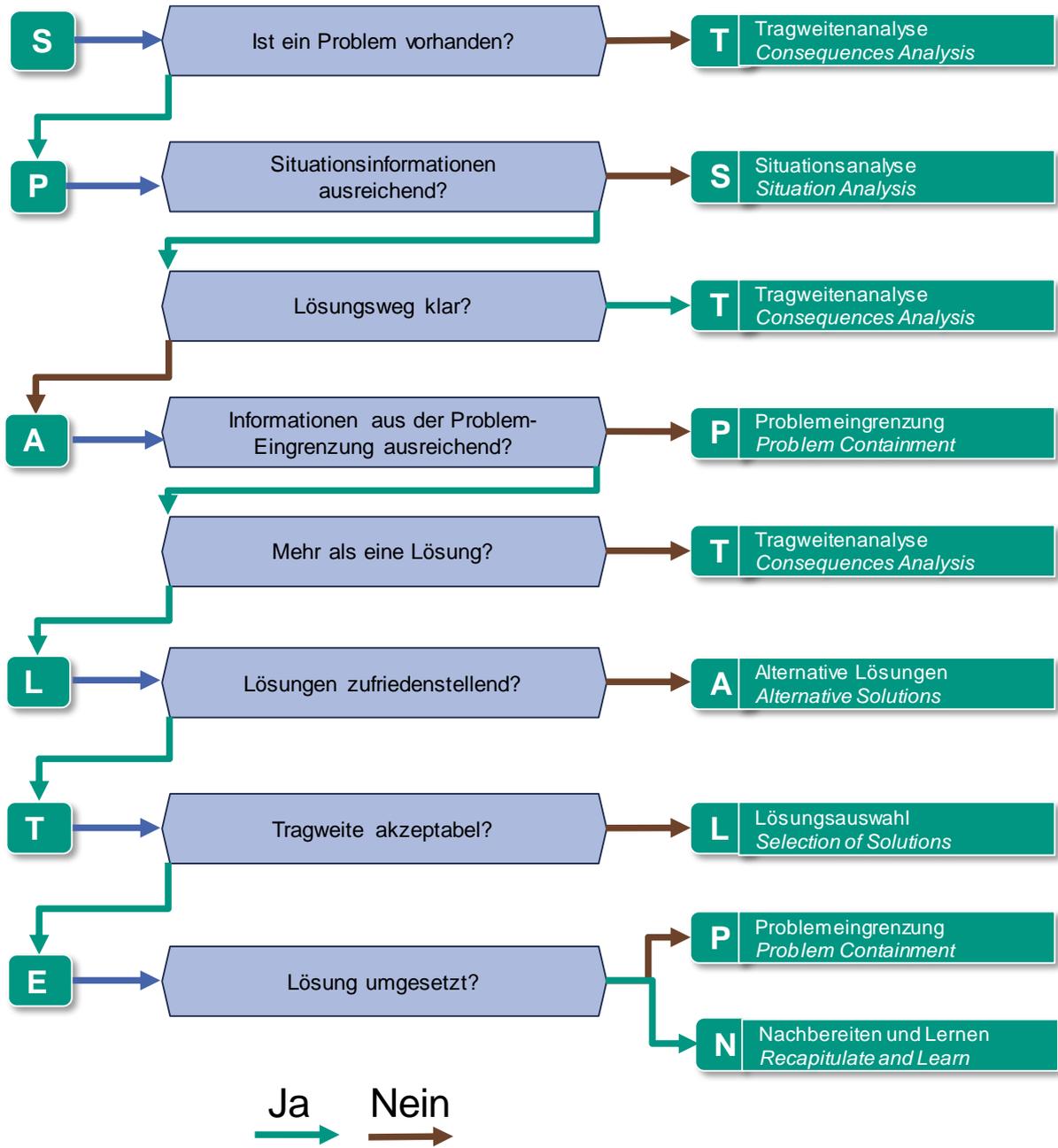


Abbildung 2-20: SPALTEN Aktivitätenablauf

Im Folgenden werden die einzelnen Aktivitäten der Problemlösung vorgestellt und erläutert.<sup>250</sup>

### **Situationsanalyse**

Ziel der Situationsanalyse ist es, die für den weiteren Prozessverlauf relevanten Informationen zu sammeln, diese zu ordnen und zu dokumentieren. Hierbei ist darauf zu achten, dass sowohl Informationen zur aktuellen Ist-Situation, wie auch zur angestrebten Soll-Situation samt relevanter Rahmenbedingungen aufgenommen werden. Die Situationsinformationen dienen als Grundlage für die weitere Problemlösung.

### **Problemeingrenzung**

Die Problemeingrenzung dient der Untersuchung der vorher gesammelten Informationen mit dem Ziel, den Kern der Soll-Ist-Abweichung und die Problemrelevanz eindeutig zu ermitteln. Hierzu ist es zunächst von Bedeutung, die Abweichungen von Soll und Ist zu erkennen und diese zu beschreiben. Anschließend müssen mögliche Gründe für die Abweichung identifiziert und bewertet werden. Methoden, wie beispielsweise das Ishikawa Diagramm<sup>251</sup>, können bei der Ursachenfindung unterstützen.

### **Alternative Lösungen generieren**

Auf der Basis der ermittelten Ursache und deren Wirkung werden Lösungsvorschläge mit Unterstützung von Recherche- oder Kreativitätstechniken erarbeitet. Ziel dieser Aktivitäten ist die Entwicklung von möglichst vielen alternativen Lösungen und Handlungsalternativen zur Überführung des Ist- in den Soll-Zustand. Hierbei ist eine große Lösungsvielfalt von hoher Bedeutung, um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, tatsächlich die beste Lösung zu finden.

### **Lösung auswählen**

In der Lösungsauswahl werden sämtliche Lösungen aus der vorherigen Aktivität und dem KIS verglichen und hinsichtlich der Zielerfüllung bewertet. Am Ende dieser Aktivität wird in der Regel eine unter den gegebenen Zielkriterien und der subjektiven

---

<sup>250</sup> Saak, 2007; Albers, Saak., und Burkardt, 2002.

<sup>251</sup> Ishikawa, 1996, 21.

Einschätzung am besten geeignete Lösung ausgewählt. In der Lösungsauswahl besteht die Gefahr von relativen, subjektiven, spekulativen und situationsgeprägten Entscheidungen. Daher bietet es sich an, diese Aktivität durch objektivierende Methoden, wie beispielsweise den paarweisen Vergleich oder die Nutzwertanalyse zu unterstützen.<sup>252</sup>

### **Tragweitenanalyse**

In der Aktivität Tragweitenanalyse sollen die vorhersehbaren Risiken und Chancen einer Lösung analysiert, abgeschätzt und Maßnahmen zu ihrer Vermeidung, beziehungsweise zu ihrer Realisierung bestimmt werden. In diesem Schritt ist ein zusätzlicher Perspektivenwechsel sehr wichtig, da Bewertungen immer subjektiver Natur sind. Daher sollten kritische Bewertungsentscheidungen durch Zusatzinformationen abgesichert werden.

### **Entscheiden und Umsetzen**

In dieser Aktivität wird die finale Entscheidung für oder gegen eine Lösung getroffen und die ausgewählten Maßnahmen umgesetzt. Außerdem wird die Realisierung der Lösung durchgeführt und überwacht. Ziel der Umsetzung ist die vollständige Bearbeitung und Realisierung der ausgewählten Lösung(en) in Verbindung mit der Integration der ermittelten Maßnahmen zur Risikominimierung und Chancenoptimierung.

### **Nachbereiten und Lernen**

Nachbereiten und Lernen sind die abschließenden Aktivitäten in der Problemlösungsmethode SPALTEN und bieten die Chance, das entstandene Wissen nachhaltig zu sichern. Es baut auf dem Prinzip des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP) auf. Hierbei wird der Prozess der Problemlösung rückblickend betrachtet, um Optimierungspotentiale oder Defizite aufzudecken. Die Aktivität dient zusätzlich der Überprüfung der Zielerfüllung.

## **2.4.2 Empirische Untersuchung zum Einsatz der SPALTEN Problemlösungsmethodik in der Praxis**

Seit der Entwicklung und erstmaligen Veröffentlichung der SPALTEN Methodik wurde diese in den vergangenen 15 Jahren durch diverse Veröffentlichungen und

---

<sup>252</sup> Lindemann, 2009.

Lehrveranstaltungen verbreitet. Trotz vieler Erfahrungen in der Forschungsgruppe um Albers und der wissenschaftlichen Community wurde bisher noch keine empirische Studie zur Evaluation des Mehrwerts der Problemlösungsmethodik durchgeführt. Ziel dieses Abschnitts ist es daher, einen Überblick über die Anwendung, die Optimierungspotentiale und den Mehrwert der SPALTEN Methodik aus Sicht der tatsächlichen Anwender zu geben. Hierzu wurde im Jahr 2016 eine breite empirische Studie zum Einsatz der SPALTEN Methodik durchgeführt. Die Ergebnisse der Studie „15 Years of SPALTEN Problem Solving Methodology in Product Development“ wurden nach einem Double Blind Review Prozess auf der NordDesign Konferenz 2016 veröffentlicht.<sup>253</sup>

In der Studie wurden auf Basis einer vorgelagerten Metastudie erfolgreiche Anwendungen in der Praxis analysiert und Experten für die Problemlösungsmethoden identifiziert. Darauf aufbauend setzt sich die Studie aus einer qualitativen Vorstudie auf Interviewbasis (n=9) und einer quantitativen Umfrage mithilfe eines Fragebogens (n=108) zusammen. Basierend auf den Interviewergebnissen wurden Hypothesen gebildet, welche später in der Fragebogenstudie getestet wurden. Das Vorgehen orientiert sich hierbei am Ansatz zur Entwicklung von Konstruktionsunterstützung auf Basis des integrierten Produktentstehungsmodells iPeM (integrated Design Support Development Modell iDSDM) nach MARXEN<sup>254</sup>.

In der Interviewstudie wurden neun ehemalige MitarbeiterInnen des Instituts für Produktentwicklung in Karlsruhe hinsichtlich ihren Erfahrungen mit der Anwendung der SPALTEN Methodik befragt. Die Studie richtete sich insbesondere auf die Anwendung der Methodik im Praxiseinsatz nach ihrer Zeit am Institut. Je nach Teilnehmer variierte dieser Zeitraum von einem bis zu sechs Jahren.

Die TeilnehmerInnen der Studie waren zur Zeit der Erhebung in Positionen mit Nähe zur Produktentwicklung tätig. Alle TeilnehmerInnen (9 von 9) gaben an, während ihrer Arbeit im Schnitt mindestens einmal wöchentlich mit einer Problemlösungssituation konfrontiert zu sein. In diesem Kontext gab es eine Unterscheidung zwischen Problemen, die durch einen pragmatischen/intuitiven Weg und Problemen, die durch eine Annäherung einer Folge von Teilschritten gelöst werden können. In dem

---

<sup>253</sup> Albers, Reiß, Bursac, u. a., 2016a.

<sup>254</sup> Marxen, 2014.

durchgeführten Interview wurde insbesondere die letztgenannte Art von Problemen betrachtet.

Die folgenden Aussagen über den Mehrwert der Methodik geben einen Überblick über die Anwendung von SPALTEN in der Praxis.

**Struktur:**

*„SPALTEN ist im Wesentlichen ein Leitfaden, der daran erinnert, dass man nicht so impulsiv vorgeht, sondern sich daran erinnert, sich an eine Systematik hält und dann ist das Ganze auch erfolgreicher.“*

*“Der SPALTEN Prozess hilft mir bei der Strukturierung von meinem Denkprozess.“*

Diese Aussagen wurden sinngemäß so von mehreren TeilnehmerInnen (5 von 9) getroffen. Insbesondere wurde der Leitfadencharakter des Prozesses als strukturierendes Element und der stetige Informationscheck als mehrwertstiftend empfunden.

**Einsatzgebiet:**

*„Du hast immer ein Gerüst, an dem du dich festhalten kannst. Wenn ich so ein Framework habe wie SPALTEN, kannst du das nutzen, um dich auf unbekanntem Terrain zurechtzufinden“*

*“SPALTEN ist auch nützlich, um sich mit nicht-technischen Problemen zu befassen.“*

Die SPALTEN-Methodik wurde von den TeilnehmerInnen oft (7 von 9) als problemorientierter Ansatz beschrieben, welcher sowohl für technische, als auch für nicht-technische Probleme einsetzbar ist. Insbesondere in Situationen der Ungewissheit wurde der SPALTEN Methodik eine große Bedeutung beigemessen.

**Hilfestellung:**

*„Durch die Aufspaltung des Problems, weiß ich immer, was als nächstes zu tun ist.“*

*“[...] zum Beispiel, wenn ich Alternativlösungen finden muss, bin ich im Stande, die Methoden zu wählen, die mich genau in diesem Schritt zweckmäßig unterstützen.“*

Als ein zusätzlicher Mehrwert der Struktur von SPALTEN wurde von den TeilnehmerInnen (5 von 9) die Zerlegung des Problems in handhabbare Teilprobleme angesehen. Durch die Methodenzuordnung zu den einzelnen Teilaktivitäten von SPALTEN ist so zusätzlich eine direkte Handlungsunterstützung möglich.

### **Zugänglichkeit:**

*“Das Akronym an sich ist eine sehr schöne Denkbrücke/Eselsbrücke, wodurch man diese Inhalte nicht verliert. Dann kann man sich auch im Alltag, in brennenden Situationen, an eine Reihenfolge erinnern und kurz prüfen/checken: Wo stehe ich gerade allgemein?“*

*“Ich denke, eine positive Eigenschaft des Prozesses ist, sich leicht an das Vorgehen zu erinnern [...] wegen des Akronyms und seiner Struktur.“*

*“Irgendwann funktioniert das Ganze auch intuitiv, weil man es dann schon oft genug gemacht hat.“*

Alle an der Interviewstudie beteiligten TeilnehmerInnen (9 von 9) führten die Formulierung des Prozesses als Akronym als mehrwertstiftend an.

Um die aus den Interviews abgeleiteten Hypothesen auch in der Breite abzusichern, wurden diese im Rahmen einer empirischen Studie mit mehr als 100 IngenieurInnen untersucht.

Basierend auf den Interviews wurde eine quantitative Umfrage entwickelt und im Onlineumfragetool „LimeSurvey“ implementiert. Während der Laufzeit von drei Wochen haben n=108 AbsolventInnen des Karlsruher Instituts für Technologie an der Umfrage teilgenommen, was einer Rückläuferquote von 17% entspricht.

Bei der Stichprobenerhebung wurde ein nicht-probabilistisches Stichprobenverfahren angewandt, wobei sich die Ziehung durch eine bewusste Selektion des Beobachters

auszeichnet.<sup>255</sup> Das Auswahlkriterium war hierbei das Vorhandensein von Erfahrungen in der Anwendung der SPALTEN Methodik.

In der Erhebung gaben 74% der TeilnehmerInnen an, sich in über der Hälfte ihrer täglichen Arbeitszeit in Problemsituationen zu befinden. Zuvor wurde der Problembegriff nach der Definition aus Kapitel 2.3.1 eingeführt. Von den TeilnehmerInnen gaben 77% an, in ihrem Arbeitsalltag Problemlösungstechniken einzusetzen. Insgesamt bestätigten 24% der TeilnehmerInnen, regelmäßig Problemlösungstechniken einzusetzen.<sup>256</sup> In der folgenden Abbildung 2-21 ist die absolute Bekanntheit und der jeweilig anteilige Einsatz von Problemlösungstechniken innerhalb der Stichprobengröße dargestellt.

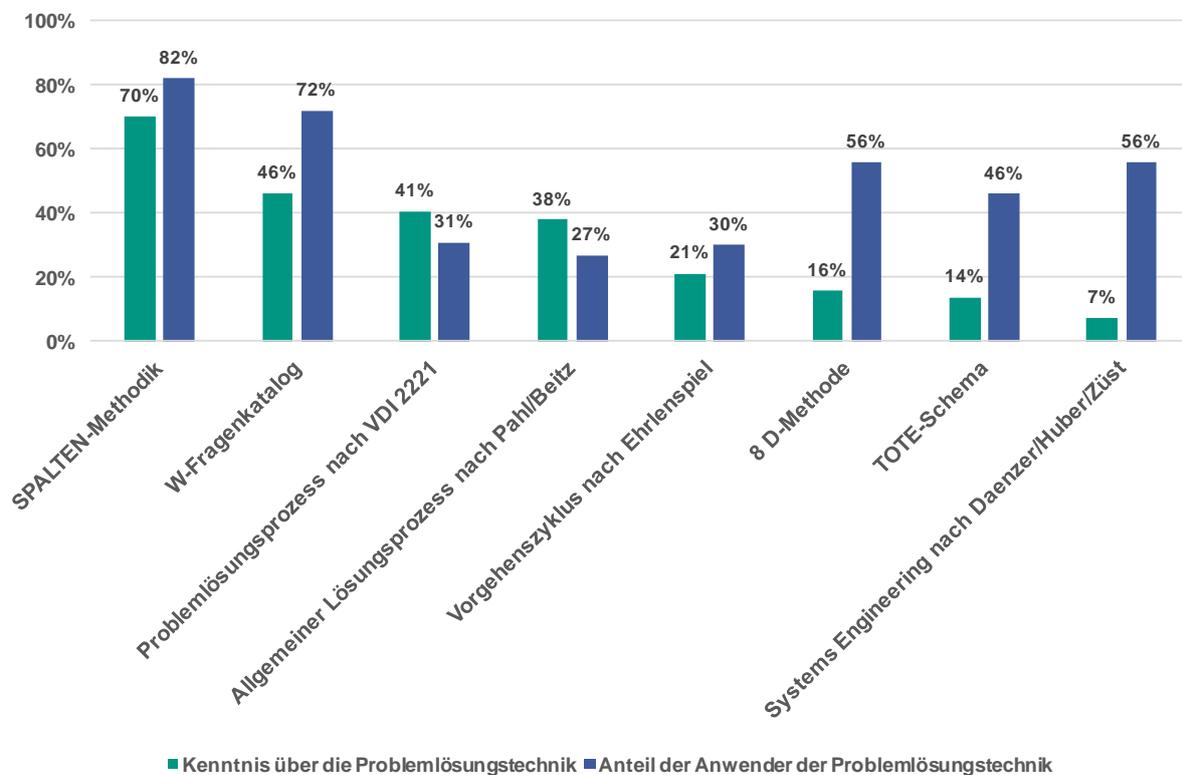


Abbildung 2-21: Bekanntheit und Einsatz von Problemlösungstechniken

Von den TeilnehmerInnen gaben 70% an, die SPALTEN Methodik zu kennen. Hiermit liegt die SPALTEN Methodik damit weit vor den anderen aufgeführten

<sup>255</sup> Bortz und Döring, 2013, S. 393 ff.

<sup>256</sup> In der Umfrage wurde die Regelmäßigkeit als der mindestens einmalige Einsatz von Problemlösungstechniken in der Woche definiert.

Problemlösungstechniken. Dieser Effekt ist zu erwarten, da ausschließlich ehemalige IPEK MitarbeiterInnen und KIT-AbsolventInnen befragt wurden. Ein deutlich repräsentativerer Indikator für die Qualität einer Problemlösungstechnik ist der Anteil der Methodenanwender unter denen, die die Methode kennen (blaue Balken). Hier ergibt sich bei der SPALTEN Methodik der höchste Wert von ca. 82%, gefolgt vom W-Fragenkatalog (72%) und der 8 D-Methode (56%). Hinsichtlich des Ergebnisses der Stichprobe betrachtet, kann SPALTEN also als durchaus geeignet für die Lösung von Problemen angesehen werden.

Nach der allgemeinen Betrachtung der unterschiedlichen Problemlösungstechniken wurde im nächsten Schritt untersucht, inwiefern der Einsatz einer speziellen Technik von der aktuellen Situation im Produktentstehungsprozess abhängt. In Abbildung 2-22 wird der Einsatz der Problemlösungstechniken in Abhängigkeit der Situation im PEP dargestellt.

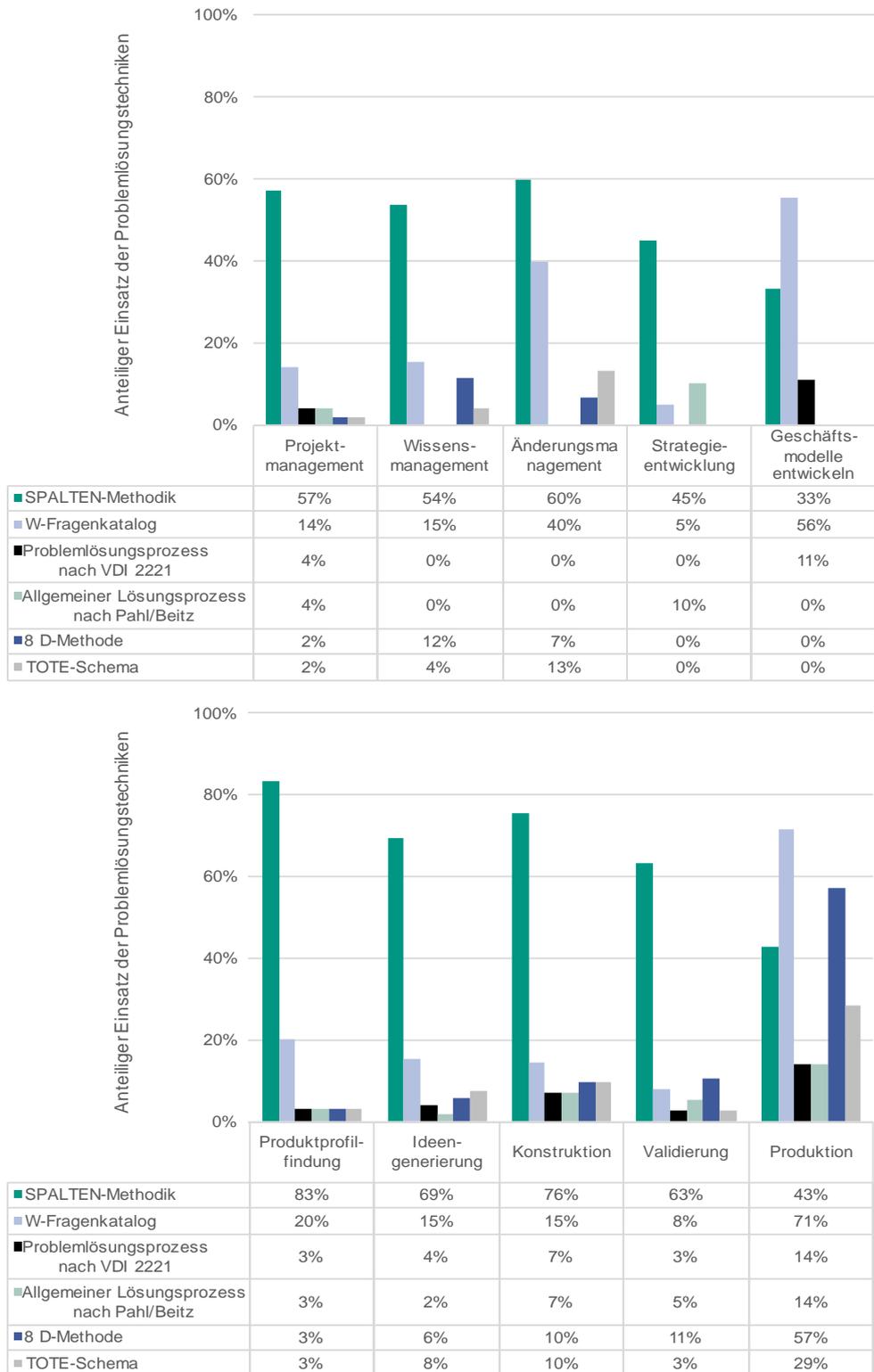


Abbildung 2-22: Einsatz der Problemlösungstechniken in Abhängigkeit der Situation im

PEP<sup>257</sup>

<sup>257</sup> Albers, Reiß, Bursac, u. a., 2016b.

Bei manchen der betrachteten Techniken konnte eine statistisch signifikante Fokussierung auf eine bestimmte Situation des Produktentstehungsprozesses beobachtet werden.<sup>258</sup> Betrachtet man die Anwendung der Techniken über die unterschiedlichen Aktivitäten hinweg, weist die SPALTEN Methodik mit  $Var(SPALTEN) = 2,4$  eine durchschnittliche Varianz auf.<sup>259</sup> Betrachtet man hingegen den Variationskoeffizienten, welcher dem Quotienten von Varianz und Mittelwert entspricht und somit ein normiertes Maß der Abweichung darstellt, weist die SPALTEN Methodik einen mit  $VarK(SPALTEN) = 4,0$  verhältnismäßig geringen Wert auf,<sup>260</sup> wodurch die Hypothese des universellen Charakters von SPALTEN bestätigt werden kann.

Neben der situativen Anwendung der SPALTEN Methodik wurde in der Umfrage auf weitere Aspekte, wie beispielsweise Eingängigkeit und Strukturierung eingegangen. Im Folgenden werden die Ergebnisse des Fragebogens, welcher die aus der qualitativen Studie erhobenen Hypothesen adressiert, vorgestellt. Hierbei konnten die TeilnehmerInnen, die angegeben haben, mehr als einmal SPALTEN in der nach-akademischen Laufbahn eingesetzt zu haben, die in Abbildung 2-23 dargestellten Aussagen bestätigen oder verneinen. Die Skala reichte hierbei von voller Zustimmung und Zustimmung über indifferent, bis hin zur nicht Zustimmung. Zusätzlich war die Antwortoption „weiß nicht“ zugelassen.

---

<sup>258</sup> Die Abweichungen der in den Angaben zur Produktion sind auf die geringe Anzahl der Antworten in dieser Kategorie zurückzuführen (n=4)

<sup>259</sup> Zum Vergleich:  $Var(TOTE) = 0,8$ ;  $Var(W - Fragen) = 4,9$

<sup>260</sup> Zum Vergleich:  $VarK(TOTE) = 5,1$   $VarK(W - Fragen) = 10,6$

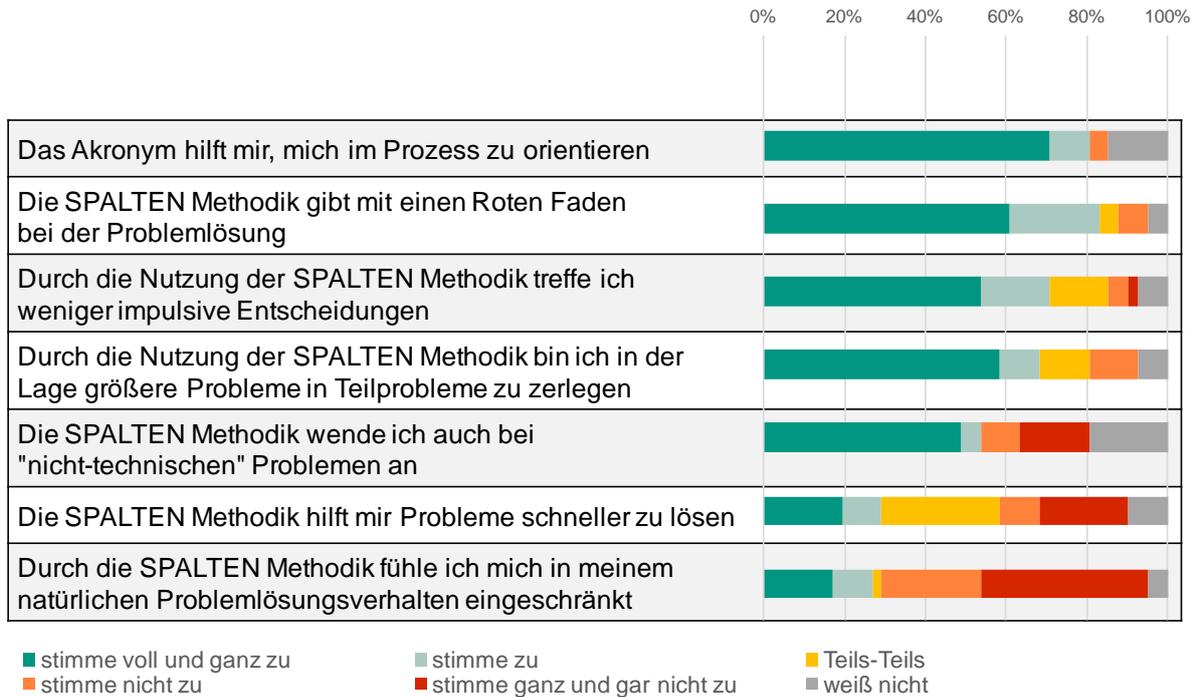


Abbildung 2-23: Hypothesen zur Anwendung der SPALTEN Methodik

Durch die durchgeführte Studie konnte ein positiver Einfluss der SPALTEN Methodik in Problemlösungssituationen nachgewiesen werden. Es wurde allerdings auch deutlich, dass trotz der vielen positiven Aspekte eine durchgängige Methodenanwendung nicht dem Ist-Zustand entspricht. Wie in Abbildung 2-24 zu sehen ist, gaben etwas mehr als 80% der TeilnehmerInnen, welche SPALTEN kannten, an, die Problemlösungstechnik SPALTEN mehrmals im Jahr zu verwenden. Betrachtet man die Ergebnisse im Detail fällt auf, dass trotz der regelmäßigen Konfrontation mit Problemsituationen deren methodische Lösung nur bei ca. 50% liegt.

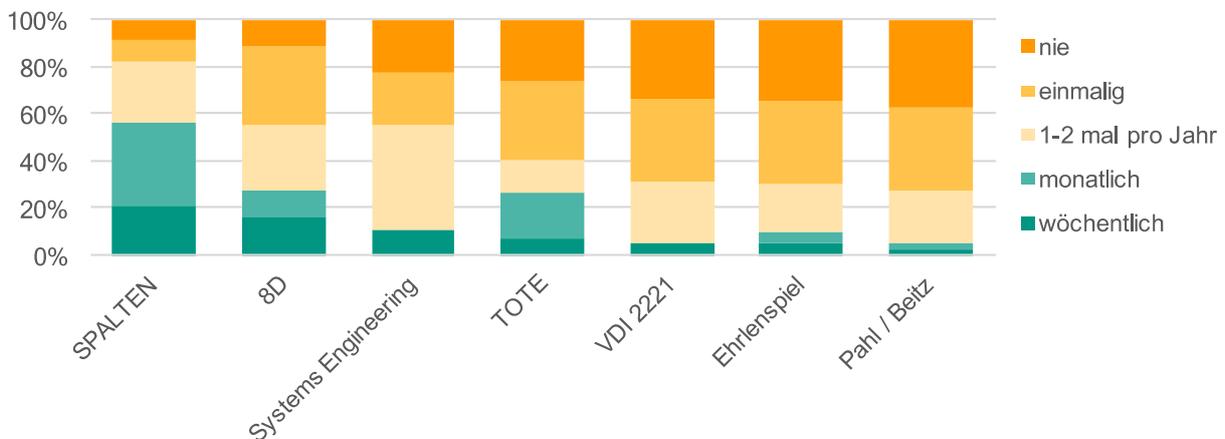


Abbildung 2-24: Anwendungshäufigkeit unterschiedlicher Problemlösungstechniken

Der hier beschriebene Effekt ist bei den weiteren untersuchten Problemlösungstechniken noch deutlicher ausgeprägt. Es bedarf daher einer ausgiebigeren Untersuchung der Methodenakzeptanz in Produktentstehungsprozessen. Diese Untersuchung wird in Kapitel 4 präsentiert.

## 2.5 Methoden in der Produktentstehung

Laut VDI 2223<sup>261</sup> beschreibt der Begriff „Methode“ ein planmäßiges Vorgehen zum Erreichen eines vorher definierten Ziels. Darüber hinaus wird er in der Literatur häufig auch als ein auf vorgegebenen Regeln basierender und vom Anwender geplanter Ablauf von Aktivitäten verstanden<sup>262</sup>. In diesem Verständnis können Methoden als chronologische Aneinanderreihung operationaler Elemente aufgefasst werden, die die Vorgehensweise beschreiben, um ein gegebenes Problem zu lösen<sup>263</sup>. Im Kontext der Produktentstehung unterstützen Methoden somit das Handlungssystem, indem sie dem Entwickler helfen, unter Zuhilfenahme von Ressourcen einen gewollten Soll-Zustand zu erreichen. Sie besitzen einen stark operativen Charakter. Oftmals stellen Methoden hierbei einen Formalismus dar, der festlegt, wie Schritte durchzuführen, beziehungsweise Arbeitsergebnisse zu dokumentieren sind.<sup>264</sup>

Im Allgemeinen sind die kognitiven Fähigkeiten des Menschen begrenzt. Methoden stellen in diesem Sinne Hilfsmittel dar, um die Komplexität der realen Sachverhalte, denen EntwicklerInnen in ihrer Arbeit ausgesetzt sind, besser handhaben zu können.<sup>265</sup> Methoden finden ihren Einsatz entlang des gesamte Entwicklungsprozesses, um einzelne Schritte zielgerichtet und die dazu notwendige Wissensarbeit effizient zu unterstützen.<sup>266</sup> Sie werden zur Entwicklung und Verbesserung von Produkten eingesetzt, um in mindestens einer der Dimensionen Lösungsvielfalt, Lösungsqualität oder Lösungsvalidität zu Verbesserungen zu führen.<sup>267</sup> Unter Einsatz von Methoden werden komplexe Probleme in überschaubare

---

<sup>261</sup> VDI 2223, 2004.

<sup>262</sup> Lindemann, 2009.

<sup>263</sup> Ebd.

<sup>264</sup> Pahl und Beitz, 2013.

<sup>265</sup> Albers, Reiß, Bursac, u. a., 2016a; Meboldt, 2009.

<sup>266</sup> Albers, Reiß, Bursac, Urbanec, u. a., 2014; Graner, 2012.

<sup>267</sup> Graner, 2012.

Teilprobleme heruntergebrochen, Konflikte innerhalb des Zielsystems erkannt und der Kern des tatsächlichen Problems herausgearbeitet. Darüber hinaus können Methoden helfen, Denkbarrieren zu überwinden und die für den Entwicklungsprozess notwendige Kreativität zu fördern.<sup>268</sup>

Der Einsatz von Methoden kann jedoch nicht nur zur Verbesserung der Produkte beitragen. Er birgt auch ein großes Potential in der Gestaltung und Verbesserung des Prozesses.<sup>269</sup> So können Methoden bei der systematischen Vermeidung von Fehlerquellen helfen und dadurch den Entwicklungsprozess beschleunigen und gleichzeitig das Produkt verbessern.<sup>270</sup> Zum anderen bewirkt der Einsatz geeigneter Methoden die Strukturierung einzelner Aktivitäten in der Produktentwicklung, wodurch die jeweiligen Ergebnisse nachvollziehbarer werden. Somit schafft der Einsatz geeigneter Methoden Transparenz in übergeordneten Projektstrukturen und unterstützt damit die Planbarkeit und Koordination von Aktivitäten in der Produktentwicklung.<sup>271</sup> Darüber hinaus fördern Methoden eine nachvollziehbare Dokumentation, welche wiederum Entscheidungsprozesse innerhalb des PEP unterstützt und die Möglichkeit eines abteilungs- und projektübergreifenden Wissenstransfers bietet.<sup>272</sup>

Sowohl bei der Prozessarbeit, als auch bei der Wissensarbeit wird aus dem für die Methodenanwendung erforderlichen Input durch die Methode ein Ergebnis im Objektsystem generiert. Neben dieser Hauptwirkung des Methodeneinsatzes kann unter bestimmten Rahmenbedingungen eine Methode auch aufgrund ihrer Nebenwirkungen ausgewählt werden.<sup>273</sup> So lässt sich die Methode Brainstorming beispielsweise nicht nur zur Generierung einer hohen Zahl an Lösungsideen verwenden (Wirkung), sondern auch zur Verbesserung der Teamatmosphäre oder zur Erhöhung der sozialen Kompetenz der Teammitglieder (Nebenwirkungen).

---

<sup>268</sup> Lindemann, 2009.

<sup>269</sup> Meboldt, 2009.

<sup>270</sup> Ehrlenspiel und Meerkamm H., 2013.

<sup>271</sup> Braun und Lindemann, 2004.

<sup>272</sup> Ebd.

<sup>273</sup> Lindemann, 2009.

Im Gegensatz zu den in Kapitel 2.1.2 beschriebenen Vorgehensmodellen unterscheiden sich Methoden primär durch ihre formalisierte Beschreibung und ihren operativen Charakter.<sup>274</sup> Während gängige Vorgehensmodelle angeben „WAS“ im Allgemeinen zu tun ist, beziehungsweise welche Schritte durchzuführen sind, beschreiben Methoden das spezifischere „WIE“ etwas zu tun ist, und auf welche Art und Weise und mit welchem Ergebnis die aufeinander aufbauenden Schritte durchzuführen sind. Neben der Abgrenzung zum Vorgehen ist eine weitere Abgrenzung des Methodenbegriffs gegenüber den Grundprinzipien des Handelns notwendig. LINDEMANN unterscheidet dabei, dass Grundprinzipien generisch und vor allem problemunabhängig formuliert sind und angewendet werden, während Methoden einen spezifischen Anwendungszweck bestehend aus Situation und Ziel besitzen. Es wird jedoch klar betont, dass Grundprinzipien in vielen Methoden wiederum Anwendung finden.<sup>275</sup>

In diesem Sinne soll der Methodeneinsatz die Produktentwicklung ganzheitlich unterstützen.<sup>276</sup> Nach ALBERS stützt sich das methodische Vorgehen im PEP auf drei wesentliche Aspekte<sup>277</sup>:

Unter "geplantem Vorgehen" wird in diesem Zusammenhang das proaktive Vorausdenken des später umzusetzenden Prozesses verstanden. Hierbei muss der erstellte Prozessplan an die jeweilige Entwicklungsaufgabe adaptiert werden. Das zweite Charakteristikum methodischen Vorgehens liegt auf dem geordneten Ablauf der einzelnen Prozessschritte, wobei unter "geordnet" hierbei auch die Berücksichtigung von Wechselwirkungen und Vernetzungen unter den beteiligten Elementen verstanden wird. Der genannte dritte Aspekt methodischen Vorgehens ist dessen Zielgerichtetheit. Insbesondere in stark iterativen Produktentstehungsprozessen setzt dies zunächst einmal die ausreichend detaillierte Formulierung des initialen Zielsystems voraus. Wichtig für den zielgerichteten Methodeneinsatz ist es, dass die Anforderungen und Randbedingungen aus Kunden- und Unternehmenssicht in geeigneter Weise vor Beginn der Entwicklungstätigkeit formuliert und festgehalten

---

<sup>274</sup> Ebd.; VDI 2221, 1993.

<sup>275</sup> Lindemann, 2009.

<sup>276</sup> Albers und Schweinberger, 2001.

<sup>277</sup> Ebd.

werden.

Über die oben genannten Begriffseigenschaften hinaus, wird der Begriff Methode in der gängigen Literatur häufig weit gefasst und nicht immer klar abgegrenzt. So wird unter dem Begriff häufig auch die Nutzung von Berechnungsverfahren und Tools verstanden, wie es beispielsweise bei der Finite-Elemente-Methode<sup>278</sup> der Fall ist. Eine weitere Herausforderung bei der klaren Abgrenzung des Begriffs ist die Fraktalität und der modulare Aufbau vieler Methoden.<sup>279</sup> Demnach finden selbst innerhalb von Methoden mit geringer Komplexität weitere Methoden Anwendung. Betrachtet man etwa die Methode Brainstorming, so können in deren Ablauf Methoden wie Mind Mapping oder Reizwortanalyse eingebracht werden. Für derartige Methodenkombinationen wird oft der Begriff Methodik gebraucht. Darüber hinaus ist häufig nicht eindeutig zu bestimmen, ob es sich um eine eigenständige Methode handelt oder lediglich eine Methodenadaption; die Grenzen sind hier zum Teil fließend.<sup>280</sup>

In der Praxis existiert eine Vielzahl an Methoden. Die große Herausforderung aus Sicht des Anwenders ist es, die für die jeweilige Situation relevanten Methoden zu identifizieren und auszuwählen. Eine grundlegende Voraussetzung für den Methodeneinsatz ist es, dass die Methode zu der jeweiligen Situation und den Anwendern „passt“.

Um dies zu ermöglichen, können Methoden nach bestimmten Kriterien strukturiert werden, beispielsweise nach dem Vorgehen bei der Problemlösung oder den durch die Methode verfolgten Zielen<sup>281</sup>. Methoden können außerdem nach ihrer Phase in der Produktentwicklung<sup>282</sup>, oder dem Bereich beziehungsweise der Disziplin unterteilt werden, in der sie zum Einsatz kommen.<sup>283</sup>

PAHL UND BEITZ<sup>284</sup> gliedern die im Entwicklungsprozess eingesetzten Methoden in allgemein einsetzbare Lösungs- und Beurteilungsmethoden, Methoden zur

---

<sup>278</sup> Ern und Guermond, 2004.

<sup>279</sup> Zier u. a., 2012.

<sup>280</sup> Birkhofer, 2005; Zier und Birkhofer, 2013.

<sup>281</sup> Lindemann, 2009, 61.

<sup>282</sup> VDI 2221, 1993.

<sup>283</sup> Pahl und Beitz, 2013.

<sup>284</sup> Ebd.

Produktplanung und Aufgabenklärung, Methoden zum Konzipieren, zum Entwerfen, zum Ausarbeiten und zum qualitätssichernden Konstruieren. Diese Art der Strukturierung findet sich auch in der VDI 2221<sup>285</sup>.

DOBBERKAU<sup>286</sup> stellt im Ansatz zur Strukturierung von Methoden eine Grundstruktur vor, welche es ermöglicht, Methoden hinsichtlich ihrer Dimensionen, Ziele, Eingaben, Regeln, Vorgehen, Modelle, Hilfsmittel, Rollen und Ergebnisse zu beschreiben und dann anhand der Phasen des Produktlebenszyklus in die Klassen „Methoden zur Entwicklung und Konstruktion des Produkts“, „Methoden des Qualitätsmanagements“, sowie „Methoden des Projektmanagements“ einzuordnen.

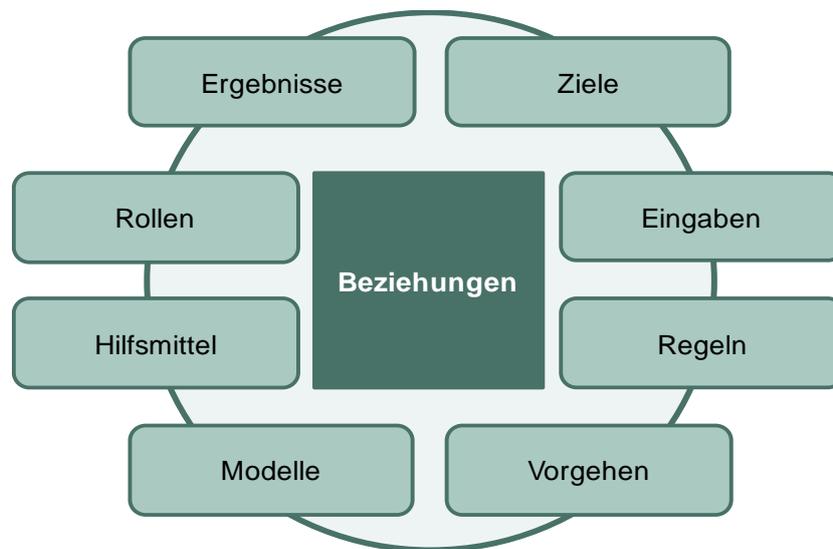


Abbildung 2-25: Grundstruktur von Methoden nach DOBBERKAU<sup>287</sup>

GERICKE, ECKERT UND STACEY stellen das Konzept der Methodenverortung und -Beschreibung in einem mehrstufigen Modell der Elemente einer Methode dar (Abbildung 2-26).<sup>288</sup>

<sup>285</sup> VDI 2221, 2018.

<sup>286</sup> Dobberkau, 2002.

<sup>287</sup> Ebd.

<sup>288</sup> Gericke, Eckert, und Stacey, 2017.

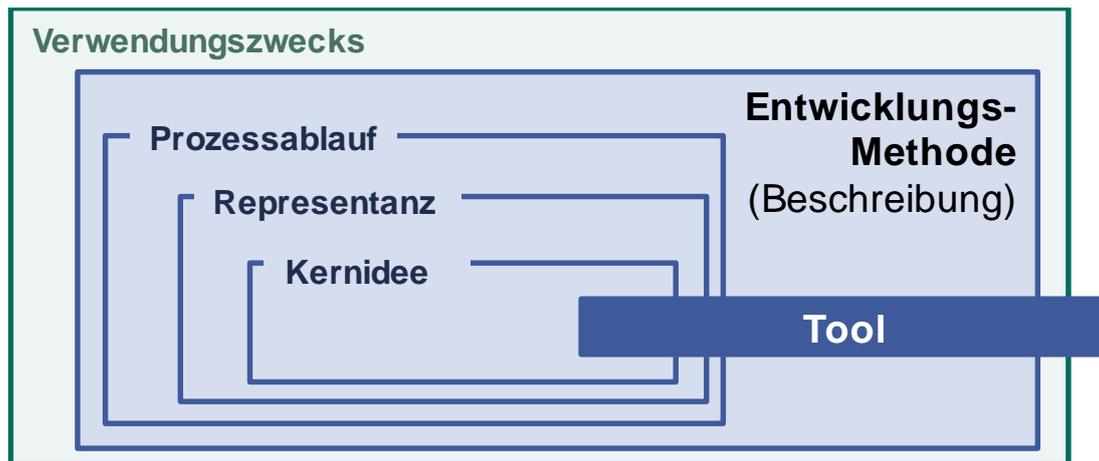
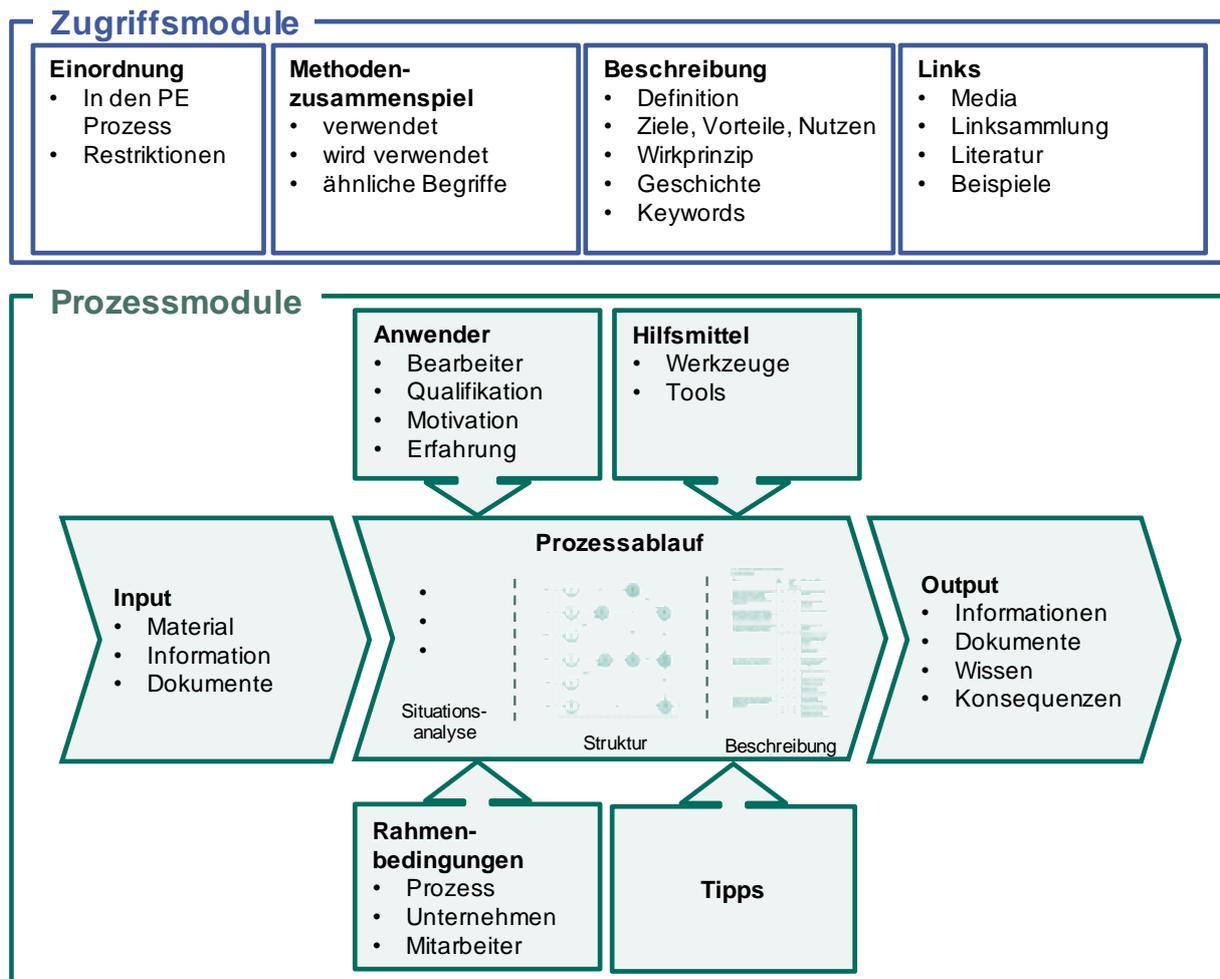


Abbildung 2-26: Elemente einer Methode und Beziehung zu ihrer Implementierung in einem Werkzeug<sup>289</sup>

Die Beschreibung des Verwendungszwecks einer Methode ergänzt hierbei die Beschreibung der Methode an sich. Methoden werden demnach argumentativ aufbauend durch ihre Kernidee, eine Repräsentanz des angestrebten Objekts, welches das Zielsystem erfüllt, und dem Prozessablauf beschrieben. Tools können auf bestimmten Methoden basieren, beziehungsweise diese unterstützen.

Ein detailliertes Modell zur Beschreibung und Kategorisierung von Methoden stellt das Prozessorientierte Methodenmodell (PoMM) nach BIRKHOFFER dar, das einen übergreifenden Strukturierungsansatz für Methoden der Produktentwicklung bereitstellt (Abbildung 2-27).

<sup>289</sup> Ebd.

Abbildung 2-27: Prozessorientiertes Methodenmodell (PoMM) nach BIRKHOFFER<sup>290</sup>

Nach diesem Modell können Methoden beschrieben, kategorisiert und verglichen werden. Die Einordnung erfolgt nach Input, Output, benötigten Hilfsmitteln oder Anwenderqualifikationen. In dem Modell wird nach Prozessmodulen und Zugriffsmodulen unterschieden. Die Prozessmodule Input, Output, Prozessablauf, Anwender, Rahmenbedingungen, Hinweise und Hilfsmittel, sollen dabei den Entwicklungsprozess möglichst realitätsnah abbilden. Die Inhalte der Prozessmodule beeinflussen somit die Anwendung und die Ergebnisse der Produktentwicklungsmethode direkt.

Die Zugriffsmodule Einordnung, Methodenzusammenspiel, Beschreibung und Links, haben einen übergeordneten Charakter und sind für einen flexiblen und gezielten Zugriff auf die zu betrachtenden Entwicklungsmethoden ausgelegt. So können damit

<sup>290</sup> Birkhofer u. a., 2001.

beispielsweise Ähnlichkeiten zwischen Produktentwicklungsmethoden aufgezeigt werden.<sup>291</sup> Das Prozessorientiertes Methodenmodell (PoMM) nach BIRKHOFFER bildet aufgrund der Betrachtung von Methoden aus Prozess und Zugriffssicht eine strukturierte Grundlage der Methodenauswahl und -beschreibung und wird als Grundlage für die entwickelte Applikation „InnoFox“ verwendet.

In einem weiteren Strukturierungsansatz nehmen EHLENSPIEL<sup>292</sup> und WACH<sup>293</sup> die Einordnung von vorhandenen Methoden nach betroffenen Prozessphasen, sowie einem unterstützenden Problemlösungsprozess vor.

Wie in Abbildung 2-28 dargestellt, können Methoden anhand dieser Dimensionen in eine „Matrix zur Strukturierung von Methoden für die Produktentstehung“ verortet und kategorisiert werden.

---

<sup>291</sup> Birkhofer u. a., 2002.

<sup>292</sup> Ehrlenspiel und Meerkamm H., 2013.

<sup>293</sup> Wach, 1994.

Problemlösungs-zyklus ↓ Produkt-lebensphase →	Problem-analyse	Problem-formulierung, -strukturierung	System-synthese	System-analyse	System-bewertung, Entscheidung
Produkt-verfolgung, -steuerung	Unternehmens-analyse, ...	Netzplantechnik, ...	Qualitäts-management, ...	Soll-Ist-Vergleich, ...	Fehlerbaum, ...
Produkt-planung	Marktanalyse, ...	QFD, ...	Optimierung der Fertigungstiefe, ...	Prozess FMEA, ...	Produktaudit, ...
Produkt-entwicklung	Vorläuferprodukt-analyse, ...	Aufgabenklärung, ...	Konstruktions-kataloge, ...	Simulation, ...	3 Kriterien Bewertung, ...
Fertigung, Montage	Wettbewerbs-analyse, ...	Produktions-strukturierung, ...	Produktions-prozessentwurf, ...	Produktions-prozessanalyse, ...	Technisch-wirtschaftliche Bewertung, ...
Vertrieb, Verkauf	Marktanalyse, ...	Vertriebs-strukturierung, ...	Vertriebs-Modellierung, ...	Vertriebsanalyse, ...	Kosten/Nutzen Bewertung, ...
Gebrauch, Rücknahme, Verwertung	Demontage-versuche, ...	Zieldefinition für Rücknahme, ...	Rücknahme-logistik, ...	Schadstoffbilanz, ...	3 Kriterien Bewertung, ...

Abbildung 2-28: Matrix zur Methodenstrukturierung nach WACH<sup>294</sup>

Diese Klassifizierung anhand der an den Produktlebensphasen orientierten Makroaktivitäten und den am Problemlösungsprozess orientierten Mikroaktivitäten führt ALBERS<sup>295</sup> bei der Verortung von Methoden im integrierten Produktentstehungsmodell weiter. Aus der Projektion der Aktivitäten der Problemlösung auf die Aktivitäten der Produktentstehung ergibt sich somit, wie in Abbildung 2-29 dargestellt, eine zweidimensionale Matrix mit 70 Aktivitäten, denen unterschiedliche Methoden zugeordnet werden können.<sup>296</sup>

<sup>294</sup> Ebd.<sup>295</sup> Albers und Meboldt, 2007a.<sup>296</sup> Albers, Reiß, u. a., 2015b.

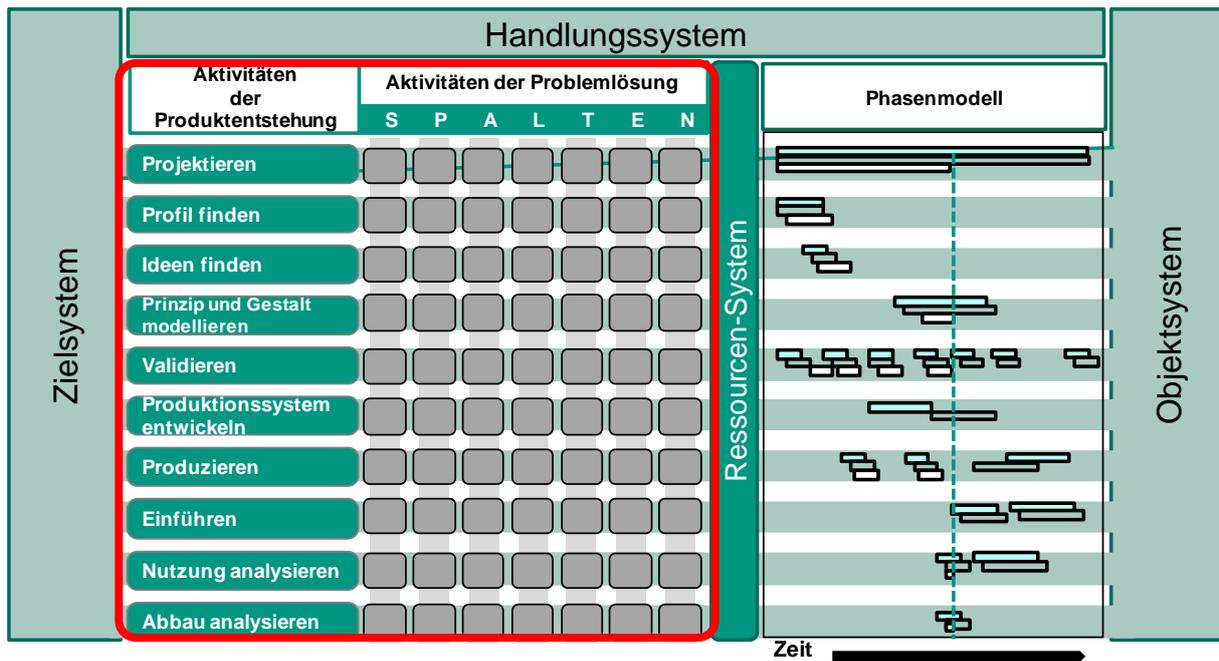


Abbildung 2-29: Aktivitätenmatrix im integriertes Produktentstehungsmodell <sup>297</sup>

Als ein übergeordnetes Ziel der Produktentwicklungsmethodik kann im Allgemeinen die Bereitstellung, Anwendung, Bewertung und Spezifizierung (Klassifizierung) von Methoden zur Definition von Produktideen verstanden werden, aber auch deren konkrete Umsetzung in marktgerechte Produkte.<sup>298</sup>

Wie die vorherigen Ausführungen gezeigt haben, befassen sich viele Arbeiten und Studien mit dem Einsatz von Methoden in unterschiedlichsten Bereichen. Hierbei fließen viele unterschiedliche Einflussfaktoren in die Wahl der letztendlich gewählten Methode ein. Komplexität, zeitliche und personelle Einschränkungen, sowie fehlendes Methodenwissen sind Gründe, die häufig zu Schwierigkeiten bei der Auswahl und beim Einsatz von Methoden führen.<sup>299</sup>

Es bleibt jedoch festzustellen, dass sich Methoden nicht einfach in klar definierte und standardisierte Klassen einteilen und hierarchisch strukturieren lassen – es gilt stets den Zweck der Strukturierung zu beachten. Besser als statische Schemata eignet sich hierzu die Form der multidimensionalen Strukturierungsmodelle, wie beispielsweise das oben aufgeführte integrierte Produktentstehungsmodell. Der im iPeM vorhandene

<sup>297</sup> Albers und Braun, 2011.

<sup>298</sup> Albers und Schweinberger, 2001.

<sup>299</sup> Yeh, Pai, und Yang, 2008.

Systemcharakter (Ziel-, Handlungs- und Objektsystem) unterstützt so eine flexible Auswahl, Anpassung und Kombination von Methoden.

Neben der situations- und bedarfsgerechten Bereitstellung stellt die anwenderzugängliche Aufbereitung eine zentrale Aufgabe des Methodentransfers von der Forschung in die Praxis dar.<sup>300</sup> Methodenkataloge und digitale Anwendungen wie Websites oder Methodenhandbücher adressieren diesen Zweck. So enthält beispielsweise die WiPro-Methodendatenbank 110 detaillierte Beschreibungen und Praxisbeispiele zu wichtigen Innovationsmethoden.<sup>301</sup>

Vielen Ansätzen ist gemein, dass Wissen ausgehend von den identifiziert, erhoben, analysiert und formal repräsentiert werden muss, um es anschließend verwenden zu können. So erarbeiten bspw. BINZ ET AL. im DFG-geförderten-Projekt „ProKon“ ein wissensbasiertes System auf Basis eines Agentensystems, das den Konstrukteur proaktiv unterstützen soll.<sup>302</sup>

Im ebenfalls durch die DFG geförderten „Pinngate“-Projekt entwickelt das Team um BIRKHOFFER auf Basis von Erkenntnissen aus der Lern- und Kognitionspsychologie eine Methode sowie ein Anwendungssystem zur zielgerichteten Unterstützung des Entwicklers.<sup>303</sup>

STARK erarbeitet im Projekt ISYPROM ein Vorgehen für ein durchgängiges Innovations- und Wissensmanagement im Systems Engineering.<sup>304</sup> Die Arbeiten ALBERS und SCHMALENBACH stellen ein Beispiel ontologischer Beschreibungen bzw. Anwendungen in der Produktentstehung dar. Über den Fokus der Produktentwicklung hinaus wurden weiterhin auch Unterstützungssysteme für die gesamte Produktentstehung beschrieben, also einschließlich der Herstellung der entworfenen Produkte. So wurde am Lehrstuhl für „Rechneranwendung in Planung und Konstruktion (RPK)“ der ehemaligen Universität Karlsruhe (TH) das Ziel einer rechnerunterstützten Produktentwicklung und -herstellung auf Basis eines integrierten Produkt- und Produktionsmodells verfolgt.

---

<sup>300</sup> Graner, 2012.

<sup>301</sup> WiPro - <http://www.innovationsmethoden.info/>, 2017.

<sup>302</sup> Binz u. a., 2011.

<sup>303</sup> Jänsch, Weiss, und Birkhofer, 2006.

<sup>304</sup> Starke und Tilkov, 2007.

Die Anwendungsgrenzen dieser Plattformen sind jedoch schnell erreicht: Bestehende Lösungen bieten meist eine Suchfunktion für bewährte Methoden in ausgewählten Innovationsaktivitäten, eine steckbriefartige Methodenbeschreibung und eine Vermittlung von Methodenexperten (Dienstleistern) an. Weitere Plattformen legen den Schwerpunkt auf den didaktischen Aspekt der Methodenvermittlung. So stellt das Portal Methodos<sup>305</sup> Studierenden strukturierte Methodensteckbriefe, weiterführende Hilfsmittel und zum Teil kleine Videos zur Methodenaneignung zur Verfügung. Eine Filteroption ermöglicht einen gezielten Zugriff auf einzelne Methoden.

Ein konkretes Konzept zur situationsgerechten Empfehlung und Auswahl von Methoden in reale Entwicklungsprozesse ist bei den meisten Ansätzen nur sekundär gegeben.<sup>306</sup> Dies führt häufig dazu, dass meist nur die bekanntesten Methoden nachgeschlagen werden. Das große Potential neuer Methoden bleibt dagegen weitgehend ungenutzt.<sup>307</sup>

Richtig eingesetzt versprechen Methoden eine Reihe positiver Effekte, sowohl für den Prozess, als auch das Produkt.<sup>308</sup> Die Herausforderung ist hierbei die Identifikation der richtigen Methode für die jeweilige Situation und die effiziente Anwendung.<sup>309</sup>

Kritisch betrachtet besitzt der Einsatz von Methoden jedoch nicht nur Vorteile. Die Anwendung von Methoden ist stets mit einem bestimmten zeitlichen Aufwand und der Nutzung von Ressourcen verbunden. Insbesondere ist bei komplexeren Methoden zusätzlich zum Durchführungsaufwand auch ein initialer Aufwand zum Aufbau der notwendigen Handlungskompetenz notwendig. Meist ist für die erfolgreiche Methodenanwendung eine gewisse Übung und Erfahrung notwendig, damit die Methode die gewünschten Effekte erzielt. Unternehmen gehen daher meist in einen Invest, da sich Aufwand bei der Methodeneinführung häufig erst bei der Entwicklung zukünftiger Produktgenerationen amortisiert. Dieser Aspekt kann in der Praxis mitunter zu einer gewissen „Methodenskepsis“ führen.<sup>310</sup>

---

<sup>305</sup> Bavendiek, Inkermann, und Vietor, 2016b.

<sup>306</sup> Albers, Walter, Gladysz, Reiß, u. a., 2014.

<sup>307</sup> Albers, Reiß, Bursac, Urbanec, u. a., 2014.

<sup>308</sup> Graner, 2012.

<sup>309</sup> Albers, Reiß, u. a., 2015b.

<sup>310</sup> Braun und Lindemann, 2004.

Es bleibt außerdem festzustellen, dass der strikte und unreflektierte Methodeneinsatz nicht zwangsläufig die Lösung für jegliche Probleme im Entwicklungsprozess ist.<sup>311</sup> Methoden müssen daher zielgerichtet unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen, der Situation und der Anforderungen der Anwender eingesetzt werden.

## 2.6 Methodenakzeptanz

Der erfolgreiche Einsatz von Methoden in der Produktentwicklung geht Hand in Hand mit der Akzeptanz und Umsetzung der Methode durch die EntwicklerInnen. Trotz des beschriebenen, hohen Mehrwerts von Methoden in der Produktentwicklung, zeigen die Beobachtungen, dass im Entwicklungsprozess nur ein geringer Einsatz beobachtet wurde.<sup>312</sup>

BIRKHOFFER UND JÄNSCH weisen darauf hin, dass trotz der methodischen Ausbildung junger IngenieurInnen nur zögerlich und vereinzelt Methodeneinsatz in der Unternehmenspraxis zu beobachten sei.<sup>313</sup> Sie stellen fest, dass es klare Diskrepanzen zwischen den von der Wissenschaft angebotenen Methodenbeschreibungen und dem von der Industrie definierten Bedarf gäbe. Daher sind weitere Forschungsarbeiten durchgeführt worden, um die Gründe für die mangelnde Akzeptanz von Entwicklungsmethoden zu untersuchen und zu beschreiben.

Als Grund können unter anderem die geringe Erfahrung und die mangelnde Kenntnis der einzelnen Methoden genannt werden<sup>314</sup>. Die Methodenauswahl ist ein komplexer mehrdimensionaler Prozess, der aufgrund von Ressourcen- und Kompetenzrestriktionen vielen Einschränkungen unterliegt. Wie bereits gezeigt wurde, fließen zahlreiche Faktoren in die Wahl der Methoden ein. Ein grundlegendes Problem bei der Auswahl der richtigen Methode, liegt zum einen in der mangelnden Transparenz der Methode selbst, und zum anderem im Auswahlprozess. Dies liegt

---

<sup>311</sup> Albers u. a., 2005; Albers und Schweinberger, 2001.

<sup>312</sup> Yeh, Pai, und Yang, 2008.

<sup>313</sup> Birkhofer, 2005; Jänsch, 2007.

<sup>314</sup> Birkhofer, 2005.

häufig daran, dass es an Wissen darüber fehlt, wie die Methoden im Unternehmen effektiv in den Produktentstehungsprozess implementiert werden können.<sup>315</sup> In der Folge kann dies zu Akzeptanzproblemen führen.

Als weiterer Kritikpunkt wird auch erwähnt, dass die Methoden schwer zu merken sind und oft zu theoretisch dargestellt werden. Zudem wird in der Regel die Distanz zwischen Wissenschaft und Praxis kritisiert<sup>316</sup>, was zu einer mangelnden Akzeptanz von Methoden und zu einem mangelnden Bewusstsein der EntwicklerInnen für geeignete Methoden führen kann.<sup>317</sup> Als einen möglichen Grund für die Akzeptanzprobleme sieht ROPOHL den präskriptiven Charakter der Konstruktionsmethodik an. „Die Aussagen der Konstruktionsmethodik erklären dem Konstruktionspraktiker nicht, wie er arbeitet, sondern sie wollen ihm vorschreiben, wie er arbeiten sollte“<sup>318</sup>. Die methodische Unterstützung des Konstruierens könne nicht pauschal erfolgen, sondern nur durch eine differenzierte Betrachtung des jeweiligen Erfolgspotenzials einzelner Methoden in konkreten Situationen wirken.<sup>319</sup>

Eine weitere Erklärung könnte sein, dass die individuellen Bedürfnisse und Fähigkeiten des einzelnen Menschen, ebenso wie die individuellen Arbeits- und Denkstile, zu wenig berücksichtigt werden. PAHL sieht die Akzeptanzprobleme von Konstruktionsmethoden in der Praxis als „die Kollision des Logisch-Systematischen in Methoden mit den individuellen Denkstilen und Verhaltensweisen des Menschen“<sup>320</sup> an. JORDEN<sup>321</sup> bekräftigt diese Ansicht und schlägt vor, die Konstruktionsmethodik stärker am Problemlösen zu orientieren - mit dem Fokus auf gedanklichen Abläufen, anstelle von logischen Abläufen. In eine ähnliche Richtung argumentiert ALBERS, indem er anhand des "erweiterten ZHO-Modells" die EntwicklerInnen als denkende und handelnde Menschen im Mittelpunkt iterativ ablaufender Produktentstehungsprozesse beschreibt, die es individuell zu unterstützen gilt.<sup>322</sup>

---

<sup>315</sup> Albers, Reiß, u. a., 2015a.

<sup>316</sup> Andreasen und Howard, 2011.

<sup>317</sup> Jänsch, 2007; Pahl und Beitz, 2013.

<sup>318</sup> Ropohl, 1983.

<sup>319</sup> Birkhofer, 1991.

<sup>320</sup> Pahl, 1994.

<sup>321</sup> Jorden, 1983.

<sup>322</sup> Albers, Ebel, und Lohmeyer, 2012.

Auch die Nachweisbarkeit von verbesserten Ergebnissen, beziehungsweise einem verringerten Entwicklungsaufwand durch den Methodenansatz, kann zumeist nur eingeschränkt, also unter spezifischen Randbedingungen, aufgezeigt werden. Die Vertrautheit mit der Methode im Unternehmen kann außerdem dazu führen, dass einige Methoden häufiger angewendet werden, als andere, meist weniger Bekannte. Die Unternehmenskultur ist somit durchaus auch als Einflussfaktor für oder gegen die Anwendung bestimmter Methoden zu nennen.<sup>323</sup>

Die Auswahl und Aufbereitung von Methoden erfolgt zudem selten nutzergerecht.<sup>324</sup> Der Fokus von Methodenbeschreibungen liege häufig in der Vermittlung von Wissen, jedoch nicht auf der Unterstützung von dessen Anwendung. Auf diese Kritik aufbauend, stellt JÄNSCH fest, dass eine nutzergerechte Methodenbeschreibung nur dann möglich sei, wenn die „...Kognition und die Lernfähigkeit des Menschen in ausreichendem Maße durchdrungen sind“<sup>325</sup>.

Als ein weiterer Grund für den Mangel an Akzeptanz wird in der Literatur häufig die fehlende Möglichkeit gesehen, theoretisches Fachwissen in die Praxis übertragen zu können. Ursachen hierfür sind zum Beispiel die Komplexität der Methode, ein hoher Abstraktionsgrad, die theoretische Natur des Methodenwissens, die Schwierigkeit den Mehrwert des Methodeneinsatzes zu validieren, die geringe Methodenkompetenz der AnwenderInnen durch mangelnde Schulungen im Unternehmen, sowie ein hoher Implementierungsaufwand.<sup>326</sup> Die Tatsache, dass Methoden im Sinne der PGE generationenübergreifend eingesetzt werden können, birgt hierbei große Potentiale. So kann eine initiale Investition in den Aufbau adäquater Methodenkompetenz den Prozess der Entwicklung mehrerer Produktgenerationen effektiver und effizienter gestalten.

Im folgenden Modell fasst JÄNSCH die Ursachen der Transferproblematik von im wissenschaftlichen Umfeld entwickelten Methoden und ihrer Lehre in die Praxis zusammen. Sie gliedert sie in drei wesentliche Bereiche<sup>327</sup>: Die Darstellungs- und

---

<sup>323</sup> Lichtenthaler, 2008.

<sup>324</sup> Albers, Reiß, Bursac, Urbanec, u. a., 2014.

<sup>325</sup> Jänsch, 2007.

<sup>326</sup> Albers, Reiß, u. a., 2015a.

<sup>327</sup> Jänsch, 2007.

Dokumentationsprobleme, die Lehrprobleme und die Akzeptanz- und Anwendungsprobleme (vgl. Abbildung 2-30).

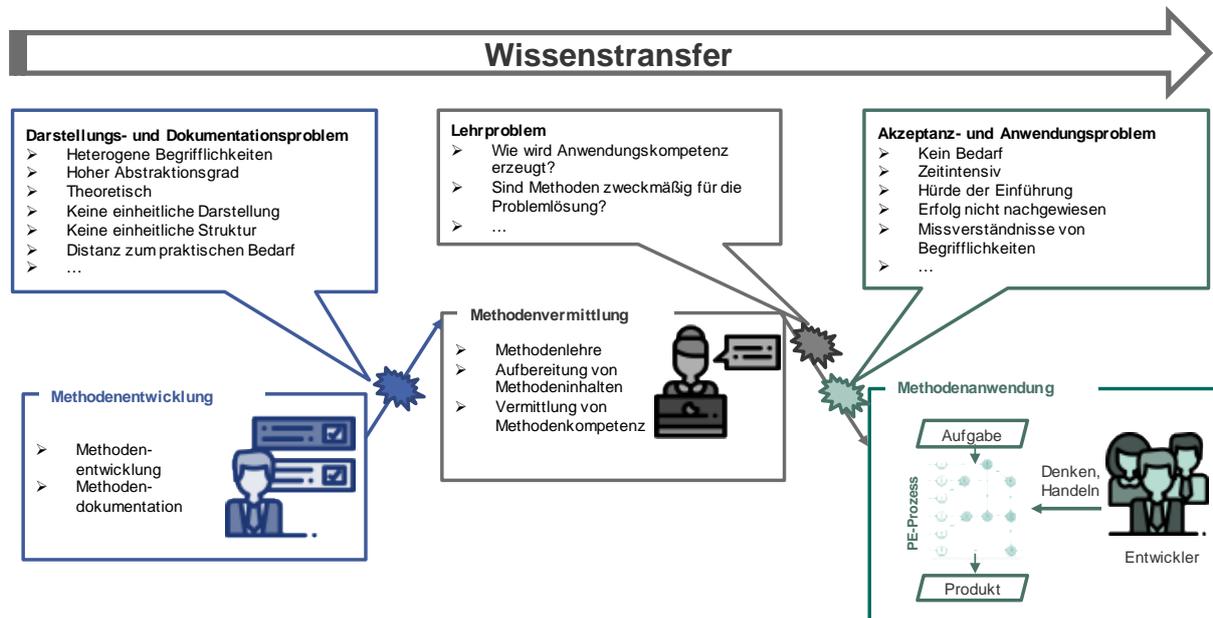


Abbildung 2-30: Ursachen von Transferproblemen nach Jänsch<sup>328</sup>

Laut JÄNSCH<sup>329</sup> liegt die größte Schwierigkeit eine Konstruktionsmethode in die Lehre zu überführen in ihrer meist mangelhaften Beschreibung. Es gibt zum Beispiel heterogene Begrifflichkeiten, verschiedene Schulen, ein hoher Abstraktionsgrad, zu viel Theorie, eine uneinheitliche Darstellung, eine hohe Komplexität etc. Die effiziente Vermittlung von Konstruktionsmethoden und deren korrekte Anwendung in der Praxis bereiten Probleme. Außerdem ist nicht immer transparent, ob die Methoden zum menschlichen Problemlöseverhalten passen. Darüber hinaus existieren viele Zweifel und Vorbehalte gegenüber der Einführung neuer Methoden. Beispielsweise werden ihr hoher Anpassungsbedarf, ein hoher Zeitaufwand und das mögliche Auftreten von begrifflichen Missverständnissen kritisiert.

<sup>328</sup> Ebd.

<sup>329</sup> Ebd.

### **3 Forschungsprofil der Arbeit**

Im folgenden Kapitel wird zunächst der Forschungsbedarf vorgestellt. Darauf aufbauend wird die Zielsetzung der Arbeit hergeleitet. Diese wird durch Forschungshypothesen im Kontext der vorliegenden Arbeit fokussiert und anschließend durch Forschungsfragen operationalisiert. Zum Ende des Kapitels wird die zur Beantwortung der Forschungsfragen notwendige Forschungsmethodik beschrieben.

#### **3.1 Forschungsbedarf und Zielsetzung**

Es existiert eine Vielzahl an Methoden, die ein Produktentwickler über den gesamten Produktentstehungsprozess hinweg einsetzen kann, um in seiner Arbeit unterstützt zu werden und den gesamten Prozess besser und effizienter gestalten zu können. Dabei sollten Methoden nie ihrem Selbstzweck dienen, sondern stets mit der Erwartung einer positiven Wirkung auf das Produkt oder den Prozess pragmatische, also auch mit der Betrachtung des damit verbundenen Aufwandes eingesetzt werden. Unter dem Aufwand sollten sowohl die Ressourcen für die Implementierung, als auch diese für die Durchführung einer Methode verstanden werden.

Bei Betrachtung der in den vorangehenden Kapiteln angeführten Erkenntnisse ist es ersichtlich, dass der Methodeneinsatz von unterschiedlichen Faktoren abhängig ist. Die Gründe dafür, dass die Methoden nicht so häufig wie gewünscht zum Einsatz kommen, sind vielfältig. Die in Kapitel 4 dargestellte deskriptive Studie zeigt, dass in der Anwendung häufig nur sehr geringe Kenntnisse vorhanden sind, welche Methoden generell existieren und welche davon in der vorherrschenden Situation angebracht wären. Außerdem wurden Defizite bei der nutzergerechten Aufbereitung der Methoden identifiziert. Demnach sind diese meist sehr komplex und selten anwenderfreundlich beschrieben.

Außerdem konnte nachgewiesen werden, dass ein Mangel an Erfahrung zu einer natürlichen Ablehnung gegenüber dem Einsatz von Methoden führt. In der Praxis fehlt es häufig an Erfahrungen und Erfolgserlebnissen verbunden mit dem Methodeneinsatz. Hinzu kommt, dass der vorhandene Mehrwert einer Methode selten wahrgenommen wird.

Als ein übergeordnetes Ziel der Methodenforschung sollte daher im Allgemeinen die Entwicklung, Klassifizierung, Aufbereitung, Bereitstellung und Bewertung von Methoden verstanden werden.

Die Tatsache, dass Methoden im Sinne der PGE generationenübergreifend eingesetzt werden können, birgt hierbei große Potentiale. So kann ein initialer Invest in den Aufbau adäquater Methodenkompetenz den Prozess der Entwicklung mehrerer Produktgenerationen effektiver und effizienter gestalten. Zusätzlich führt die Forderung nach einer immer agiler werdenden Arbeitsweise in Prozessen zu einem Bedarf nach immer leichter zugänglichen und flexibleren Methoden. Dies setzt allerdings eine erhöhte Methodenkompetenz und –akzeptanz in Entwicklungsteams voraus.

Der Schlüsselgedanke dieser Arbeit beschäftigt sich daher damit, wie der auf menschlicher Interaktion basierende Methodeneinsatz in der PGE-Produktgenerationsentwicklung unterstützt und damit gefördert werden kann. Basierend auf diesen Aspekten lässt sich folgendes Ziel der Arbeit herleiten:

Das Ziel der Arbeit ist die Entwicklung und Evaluierung von Ansätzen zur Steigerung der Methodenakzeptanz und -kompetenz in agilen Prozessen der Produktgenerationsentwicklung.

Dazu soll untersucht werden, wie Methoden innerhalb agiler Prozesse der Produktgenerationsentwicklung verortet werden können und wie diese beschrieben werden müssen, um den Entwicklern schnell zur Verfügung zu stehen, und wie sie im Sinne einer nachhaltigen Prägung des Entwicklers motiviert, erlernt und erlebt werden können.

Im Rahmen dieser Arbeit werden hierzu unterschiedliche Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz in Agile Systems Design Prozessen aufgezeigt und diskutiert. Hierbei werden wie in Kapitel 2.5 angeführt die Methoden betrachtet, welche einen zwischenmenschliche Interaktion beinhalten.

Wie im Stand der Forschung beschrieben, bieten sich für die Vermittlung von Kompetenzen in der Produktentwicklung folgende zentralen Dimensionen an:

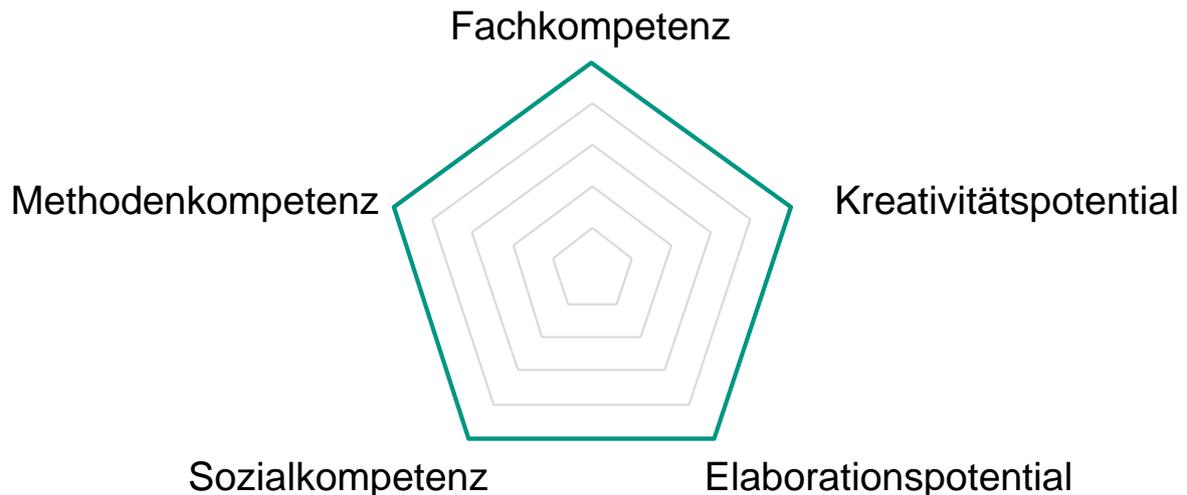


Abbildung 3-1: Kompetenzdimensionen des Karlsruher Lehrmodell für Produktentwicklung - KaLeP<sup>330</sup>

In der vorliegenden Arbeit wird hierbei die Kompetenz bezüglich einer konkreten Methode adressiert und wie diese beim problemlösungsorientierten Produktentwickler gesteigert werden kann.

Diese Kompetenz ist nicht mit der allgemeinen Methodenkompetenz aus Abbildung 3-1 zu verwechseln. Wie im Stand der Forschung beschrieben, wird unter Methodenkompetenz die Fähigkeit verstanden, Methoden situationsadäquat einzusetzen, zu reflektieren und gegebenenfalls anzupassen.<sup>331</sup> Diese allgemeine Methodenkompetenz, in Kombination mit der für die Entwicklungsdomäne notwendige Fachkompetenz, Kreativitäts- und Elaborationspotential sowie einer für die Interaktion in agilen Teams notwendige Sozialkompetenz bilden die Grundlage für die Methodenanwendung.

Der Aufbau von konkreter Methodenkompetenz und die Steigerung der Akzeptanz bezüglich einer bestimmten Methode kann in Anlehnung an die Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich nach Bloom<sup>332</sup> anhand der in Abbildung 3-2 gezeigten Kompetenzstufen beschrieben werden. Diese kann im Rahmen der Methodenkompetenz wie folgt aussehen:

---

<sup>330</sup> Albers, Bursac, u. a., 2017.

<sup>331</sup> Badke-Schaub und Frankenberger, 2003, 256.

<sup>332</sup> Bloom u. a., 1976.

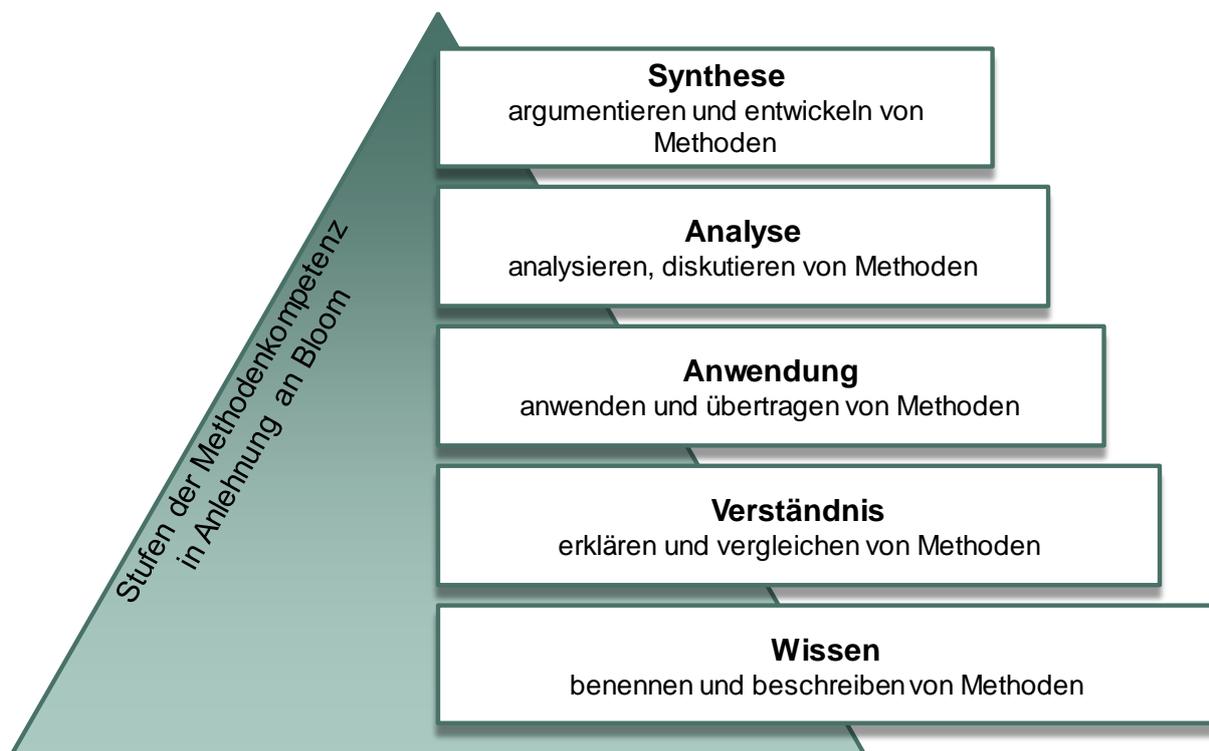


Abbildung 3-2: Lernzielen im kognitiven Bereich nach BLOOM

Insbesondere ist in dieser Arbeit die Tatsache zu betrachten, dass die Kompetenzstufen logisch aufeinander aufbauen. Es ist zu beachten, dass die Kompetenzen der Methodenanalyse und –synthese ein hohes Maß an Erfahrungen und die Akzeptanz gegenüber den Methoden voraussetzen, weshalb in der vorliegenden Arbeit ausschließlich die Kompetenzstufen „Wissen“, „Verstehen“ und „Anwenden“ adressiert werden.

Daraus abgeleitet lässt sich im Konkreten die Steigerung der Methodenakzeptanz in die folgenden Bereiche und Zielgrößen gliedern:

**Wissen:** Wissen, welche Methoden es für die individuelle Situation gibt.

**Verständnis:** Das Verstehen der in dieser Situation passenden Methode in ihrem Ablauf.

**Anwendung:** Die Methode basierend auf den zu Verfügung stehenden Ressourcen anwenden.

In der Stufe "**Wissen um Methoden**" wird der Frage nachgegangen, wie dem Produktentwickler ein transparenter Überblick über relevante, situations- und bedarfsgerechte Methoden der Produktentwicklung gegeben werden kann.

Um den Aspekt "**Verstehen von Methoden**" zu unterstützen, wird untersucht, wie Methoden inhaltlich und medial aufbereitet sein müssen, damit ein eingängiges Verständnis und damit einhergehend eine Steigerung der Akzeptanz beim Anwender geschaffen werden kann.

Um das tatsächliche "**Anwenden von Methoden**" zu steigern, wird abschließend untersucht, wie Methoden im kontrollierten und praxisnahen Umfeld motiviert, erlernt und erlebt werden können und ein tatsächliches Erfolgserlebnis mit der Methode verbunden werden kann.

Neben einer beim Anwender vorhandenen Methodenkompetenz ist auch die Methodenakzeptanz eine notwendige Bedingung für den Methodeneinsatz im Prozess. Wie in Kapitel 2 dargelegt, wird unter Methodenakzeptanz die freiwillige Bereitschaft eines Anwenders zur Nutzung einer Methode verstanden.

Nur wenn der Entwickler die Fähigkeit und die Motivation besitzt, können Methoden erfolgreich in den PEP integriert werden. Nach ALBERS wird der Mensch hierbei im Mittelpunkt der Produktentstehung verstanden, welchen es durch organisatorische und technologische Rahmenbedingungen zu unterstützen gilt.<sup>333</sup>Für die Analyse der Motivation innerhalb von soziotechnischen Systemen. wird im Rahmen dieser Arbeit das TOM-Modell nach BULLINGER<sup>334</sup> verwendet (vgl. Abbildung 3-3).

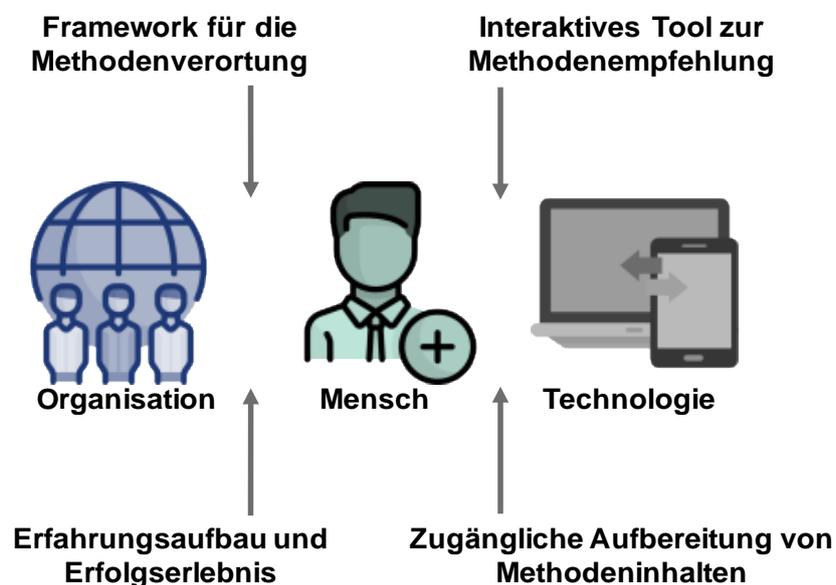


Abbildung 3-3: Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz

<sup>333</sup> Albers, 2010b.

<sup>334</sup> Bullinger, Wörner, und Prieto, 1998.

Die Akzeptanz wird in diesem Kontext innerhalb der Dimension Mensch samt den dazugehörigen Schnittstellen zur Organisation und Technologie verortet. Im konkreten Fall der Betrachtung der Methodenakzeptanz in agilen Prozessen der PGE, lassen sich die jeweiligen Handlungsbedarfe folgendermaßen interpretieren:

**Mensch-Organisation:**

- Bereitstellung eines Frameworks für die Methodenverortung innerhalb der Organisation.
- Steigerung der individuellen Methodenkompetenz und -akzeptanz des einzelnen Mitarbeiters durch Erfahrungsaufbau und Vermittlung von Erfolgserlebnissen.

**Mensch-Technologie:**

- Technische Unterstützung bei der Identifikation, Aneignung und Durchführung von Methoden.
- Zugängliche und Ergonomische Aufbereitung der Methodeninhalte.

### 3.2 Forschungshypothesen

Der im vorherigen Kapitel dargestellten Zielsetzung liegen Forschungshypothesen zugrunde. Sie stellen jene Annahmen dar, auf welchen die Untersuchungen und entwickelten Ansätze aufbauen.

**Forschungshypothese 1:**

Im heutigen Unternehmensumfeld besteht zunehmend der Bedarf, den Produktentwickler bei der Entwicklung von Produktgenerationen agil mit passenden Methoden zu unterstützen. Um dies zu ermöglichen, ist eine Kopplung der Produktentstehungsprozesse der unterschiedlichen Generationen untereinander, sowie mit den Entwicklungsprozessen des Produktionssystems, des Validierungssystems und der Strategie notwendig.

### **Forschungshypothese 2:**

In real ablaufenden Produktentstehungsprozessen existieren innerhalb Problemlösungsteams häufig nur begrenzte Kenntnisse darüber, welche Methoden es in der Breite gibt und welche in der aktuellen Situation das größte Erfolgspotential besitzen.

### **Forschungshypothese 3:**

Die mangelnde Anwendung von Methoden in der industriellen Praxis kann unter anderem durch die hohe Komplexität, den aus Anwendersicht hohen Abstraktionsgrad und der Praxisferne der Methodenbeschreibungen begründet werden.

### **Forschungshypothese 4:**

In der Praxis fehlt es häufig an Erfahrungen und Erfolgserlebnissen, verbunden mit dem Methodeneinsatz. Ein Mehrwert wird selten wahrgenommen. Dies verhindert ein erneutes Anwenden der Methode.

## **3.3 Forschungsfragen**

Aufbauend auf dem zuvor skizzierten Forschungsbedarf und den daraus abgeleiteten Hypothesen, konnten die folgenden Forschungsfragen formuliert werden. Sie dienen im Rahmen der Arbeit insbesondere der Operationalisierung der Zielsetzung. In Anlehnung an die Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich nach Bloom werden im Rahmen dieser Arbeit vier, aufeinander aufbauende Forschungsfragen betrachtet:

Die Stufe des "**Wissen um Methoden**" wird in den ersten beiden Forschungsfragen adressiert. In Forschungsfrage 3 wird das "**Verstehen von Methoden**" im Detail betrachtet und wie dieses zu einer Steigerung der Akzeptanz beim Anwender führen kann. Durch die Beantwortung der Forschungsfrage 4 widmet sich die vorliegende Arbeit der abschließenden Kompetenzstufe, dem "**Anwenden von Methoden**". Die so abgeleiteten Forschungsfragen sind im Folgenden aufgeführt.

**Forschungsfrage 1:**

*Wie kann in agil agierenden Produktentwicklungsteams Transparenz darüber geschaffen werden, welche Methode, in welcher Situation am zweckmäßigsten ist?*

**Forschungsfrage 2:**

*Wie kann die bedarfsgerechte Auswahl an relevanten Methoden unterstützt werden?*

**Forschungsfrage 3:**

*Wie müssen Methoden aufbereitet sein, damit die Methodenakzeptanz beim Anwender erhöht wird?*

**Forschungsfrage 4:**

*Wie können Methoden im kontrollierten, praxisnahen Umfeld erlernt und erlebt und dadurch mit Erfolgserlebnissen verknüpft werden?*

## **3.4 Forschungsmethodik**

In diesem Teilkapitel wird zunächst die methodische Vorgehensweise mithilfe der Design Research Methodology<sup>335</sup> (DRM) vorgestellt. Im Anschluss wird auf die unterschiedlichen, der Arbeit zugrundeliegenden empirische Methoden, sowie auf die für deren jeweiligen Ansatz relevante Untersuchungsumgebung eingegangen.

### **3.4.1 Einordnung der methodischen Vorgehensweise in die Design Research Methodology**

In der Literatur existiert eine große Menge an strukturierten Vorgehensweisen zur Begleitung wissenschaftlicher Forschung. Im Kontext der ingenieurwissenschaftlichen Forschung sind diese jedoch nur bedingt einsetzbar. Die Forschungsmethode zu den zuvor skizzierten Forschungsfragen sollte die Möglichkeit bieten, Schritte zur Analyse und Synthese in iterativer Weise zu integrieren. Die Struktur der Arbeit orientiert sich dabei an dem von BLESSING und CHAKRABARTI vorgeschlagenen Rahmenwerk der Design

---

<sup>335</sup> Blessing und Chakrabarti, 2009.

Research Methodology (DRM), da dieses den Anforderungen eines iterativen Ansatzes der Synthese und Analyse am weitesten entspricht. In Abbildung 3-4 ist dieses Framework in Bezug auf die vorliegende Arbeit samt zugehörigen Kapiteln dargestellt.

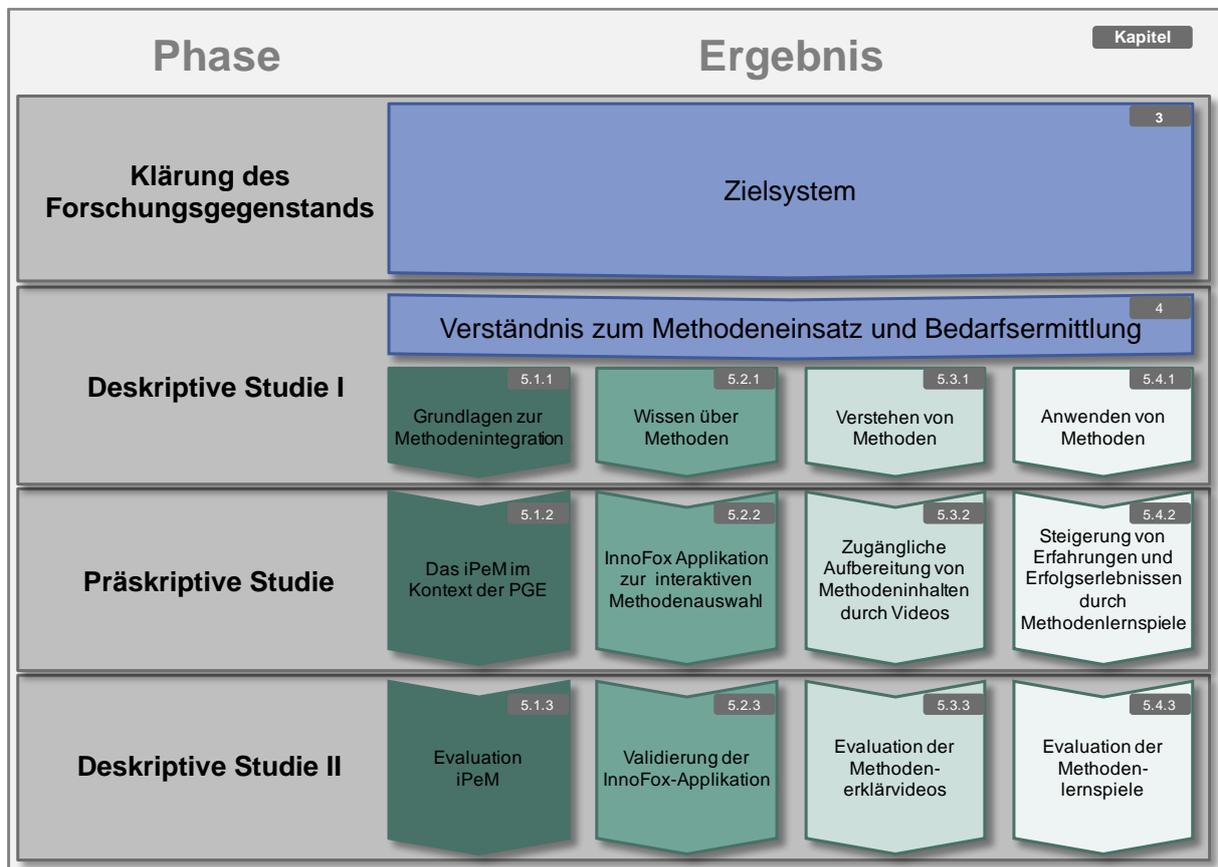


Abbildung 3-4: DRM Framework<sup>336</sup> im Kontext der vorliegenden Arbeit

Das DRM Framework gliedert den Forschungsprozess in mehrere generische Phasen. Hierbei wird in der ersten Phase, der „Klärung des Forschungsgegenstands“, basierend auf der Literatur, die Zielsetzung, der Forschungsarbeit spezifiziert. Im Kontext dieser Arbeit wurde hierzu der grundlegende Stand der Forschung zu Entwicklungsmethoden und deren Einsatz gesichtet und in Kapitel 2 aufbereitet. In diesem Kontext wurde dargelegt, dass eine Steigerung der Methodenkompetenz über die Schritte "Wissen um Methoden", "Verstehen von Methoden" und "Anwenden von Methoden" erfolgt. Neben der Methodenkompetenz ist die Methodenakzeptanz auf den Ebenen Mensch, Organisation und Technik die weitere Grundvoraussetzung der

<sup>336</sup> Ebd.

erfolgreichen Methodenanwendung.

Diese Erkenntnisse bilden die Basis der folgenden Untersuchungsschritte, indem die behandelten Inhalte zur Ausrichtung und Bewertung der weiteren Forschungsarbeit herangezogen werden. Als wesentliche Forschungsmethode wird hier die Literaturrecherche verwendet. Das Ergebnis dieser Phase besteht darin, die vorliegende Ausgangssituation darzulegen und in Kapitel 3 den entsprechenden Forschungsbedarf aufzuzeigen und daraus die Forschungsziele der Arbeit abzuleiten. In der zweiten Phase, der „Deskriptiven Studie I“ wird ein weiterführendes Verständnis des betrachteten Untersuchungsbereichs aufgebaut. Hierzu wird in Kapitel 4 auf Basis empirischer Untersuchungen der Status Quo in Bezug auf Bedarf, Einsatz und Akzeptanz von Methoden in realen Entwicklungsprozessen aufgezeigt. Zur Aufdeckung des Forschungsbedarfs wurde eine empirische Erhebung bei 131 Ingenieuren zum Methodeneinsatz, Prozessanalysen bei fünf Industrieunternehmen, sowie eine teilnehmende Beobachtung im Unternehmen durchgeführt. Der so identifizierte Forschungsbedarf wird anschließend durch eine fokussierte Literaturrecherche in den Kapiteln 5.X.1 abgesichert.<sup>337</sup>

In der dritten Phase, der „präskriptiven Studie“, werden Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz in der Produktentstehung entwickelt. Um eine ganzheitliche Lösung zur Verbesserung der Methodenakzeptanz zu erreichen, werden hierbei die Aspekte "**Wissen um Methoden**", "**Verstehen von Methoden**" und "**Anwenden von Methoden**" adressiert und in den Kapiteln 5.X.2 vorgestellt.

Die vierte Phase, die „Deskriptiven Studie II“ dient der Evaluation der Ansätze. Hierzu werden in den Kapiteln 5.X.3 die Validierungsergebnisse der Ansätze aufbereitet.

### 3.4.2 Empirische Methoden

Generische Rahmenwerke wie die vorher beschriebene DRM wurden entwickelt, um Forschungsprojekte methodisch zu strukturieren und zu organisieren. Darüber hinaus sind in der Vergangenheit zahlreiche spezifische, empirische Methoden entwickelt worden, die sehr konkrete Forschungsaktivitäten unterstützen sollen. Beide Aspekte sind wichtig und wertvoll für die erfolgreiche Durchführung von Forschungsprojekten.

---

<sup>337</sup> Die Variable X nimmt hierbei die Nummer der entwickelten Ansätze ein. 1 = PeM, 2 = InnoFox, 3 = Methodenlernvideos, 4 = Methodenlernspiele

Das von MARXEN<sup>338</sup> verfasste Rahmenwerk zur Konstruktionsunterstützung auf Basis des integrierten Produktentstehungsmodells iPeM, kategorisiert und beschreibt die unterschiedlichen Methoden und hilft bei der Auswahl der richtigen Forschungsmethoden. In den folgenden Darstellungen (Abbildung 3-5 - Abbildung 3-9) werden die einzelnen Forschungsmethoden näher vorgestellt, welche im Kontext der vorliegenden Arbeit zur Anwendung kommen.

Fragebogen	
<p><b>Anwendungsfeld:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Empirische Forschung, Analyse von realen Entwicklungsprozessen</li> <li>➤ Experimentelle Studien, Evaluation in kontrollierten Umgebungen</li> <li>➤ Anwendungsstudien, Einsatz von Entwicklungsunterstützung in realen Prozessen</li> <li>➤ Felder der Entwicklungsmethodik, in der die Wahrnehmung der</li> </ul>	
<p><b>Vorteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Direkte Datenerfassung</li> <li>➤ Einfacher Zugang zu großen Stichproben</li> <li>➤ Große Anzahl bestehender Umfrage-Tools</li> </ul>	<p><b>Nachteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Forscher kann nicht eingreifen</li> <li>➤ Fragen müssen präzise und eindeutig formuliert werden</li> <li>➤ Missverständnisse können die Studie ruinieren</li> </ul>



Abbildung 3-5: Forschungsmethodensteckbrief "Fragebogen" nach MARXEN<sup>339</sup>

<sup>338</sup> Marxen, 2014.

<sup>339</sup> Ebd.

Retrospektives Protokoll	
<p><b>Anwendungsfeld:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Empirische Forschung, Analyse von realen Entwicklungsprozessen</li> <li>➤ Menschzentrierte Forschung an der Entwicklungsmethodik</li> <li>➤ Wenn zusammenfassender Charakter Sinnvoll um Vergleich zur detaillierten Beschreibung</li> </ul>	
<p><b>Vorteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Entwicklungsaktivitäten bleiben durch Beobachter unberührt</li> <li>➤ Zugänglichkeit von realen Prozessen</li> <li>➤ Daten sind bereits zusammengefasst, wenn sie gesammelt werden</li> </ul>	<p><b>Nachteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Produziert nicht viele Daten, sondern eine zusammengefasste Version</li> <li>➤ Indirekte Datensammlung</li> <li>➤ Die Befragten können ungenaue oder unvollständige Daten liefern</li> </ul>

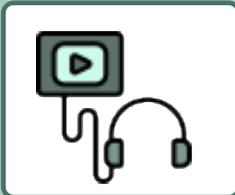


Abbildung 3-6: Forschungsmethodensteckbrief "Retrospektives Protokoll" nach MARXEN<sup>340</sup>

Teilnehmende Beobachtung	
<p><b>Anwendungsfeld:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Empirische Forschung, Analyse von realen Entwicklungsprozessen</li> <li>➤ Anwendungsstudien, Einsatz von Entwicklungsunterstützung in realen Prozessen</li> <li>➤ Langzeitprojekte, welche Einblick in Entwicklungsaktivitäten und Prozesse ermöglichen, indem die Datenquelle eine Soziale Gruppe ist</li> </ul>	
<p><b>Vorteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Direkte Datensammlung, da der Beobachter ein Teil der Datenquelle ist</li> </ul>	<p><b>Nachteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Beobachtung kann die Entwickler von den Aktivitäten ablenken.</li> <li>➤ Abläufe entsprechen nicht der Realität, da die Beobachtungssituation bekannt ist</li> </ul>



Abbildung 3-7: Forschungsmethodensteckbrief "Teilnehmende Beobachtung" nach MARXEN<sup>341</sup>

<sup>340</sup> Ebd.

<sup>341</sup> Ebd.

Fallstudie	
<p><b>Anwendungsfeld:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Explorative Forschung mit dem Ziel die Forschungsfrage zu identifizieren</li> <li>➤ Empirische Forschung, Analyse von realen Entwicklungsprozessen</li> <li>➤ Untersuchung von komplexen Situationen, wenn das Ziel ein ganzheitliches Bild ist</li> <li>➤ Identifikation von Hypothesen &amp; Falsifizierung von Theorien</li> <li>➤ Zeigt Anwendbarkeit/Nutzen einer Entwicklungsuntersützung</li> </ul>	
<p><b>Vorteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ganzheitlicher Ansatz</li> <li>➤ Funktioniert auch in komplexen Situationen</li> </ul>	<p><b>Nachteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Wissenschaftliche Akzeptanz</li> <li>➤ Aufwand, durch die notwendige Anwendung von verschiedenen Forschungsmethoden</li> </ul>



Abbildung 3-8: Forschungsmethodensteckbrief "Fallstudie" nach MARXEN<sup>342</sup>

Live Labs	
<p><b>Anwendungsfeld:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Untersuchungsumgebung, die es ermöglicht Methoden, Prozesse und Werkzeuge anhand eines möglichst realitätsnahen Entwicklungsprozesses zu erforschen</li> <li>➤ Empirische Forschung, Analyse von realen Entwicklungsprozessen</li> <li>➤ Untersuchung von komplexen Situationen, wenn das Ziel ein ganzheitliches Bild ist</li> <li>➤ Evaluation bestehender oder entwickelter Ansätze</li> </ul>	
<p><b>Vorteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bildung von Vergleichsgruppen</li> <li>➤ Aktive Steuerung des Prozesses</li> <li>➤ Realitätsnahes Verhalten der Probanden</li> </ul>	<p><b>Nachteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Live Labs finden im Jahresturnus statt</li> <li>➤ Akzeptanz der Ergebnisse als wiss. Aussagekräftig</li> </ul>



Abbildung 3-9: Forschungsmethodensteckbrief "LiveLabs"<sup>343</sup>

<sup>342</sup> Ebd.

<sup>343</sup> Walter u. a., 2016.

## 4 Untersuchung des Methodeneinsatzes

Innerhalb dieses Kapitels werden die Ergebnisse der empirischen Erhebung zum Methodeneinsatz, einer Prozessanalyse bei fünf Industrieunternehmen und einer teilnehmenden Beobachtung vorgestellt.<sup>344</sup>

Die empirische Erhebung wurde mit dem Ziel durchgeführt, den Status Quo des Methodeneinsatzes aufzuzeigen.

Hierauf aufbauend wurden Hypothesen abgeleitet und in retrospektiven Prozessanalysen bei Unternehmen untersucht. Dabei wurden im Projekt individuelle Ziele und Ausgangssituationen von Unternehmen unterschiedlicher Branchen und Größen berücksichtigt. Eine detaillierte Untersuchung der Methodenakzeptanz erfolgte durch eine weitere teilnehmende Beobachtung.

### 4.1 Empirische Untersuchung zum Methodeneinsatz in der Praxis

Obwohl zahlreiche Produktentwicklungsmethoden existieren und ihr Nutzen im entsprechenden Kontext nachgewiesen ist<sup>345</sup>, werden sie in der Praxis nur bedingt eingesetzt.<sup>346</sup> Ein Grund hierfür ist, dass es häufig an Know-How darüber fehlt, wie die Methoden im Unternehmen wirksam in die Produktentstehungsprozesse eingebunden werden können. Im Rahmen der Forschung wurde daher eine empirische Studie durchgeführt, um der Frage nachzugehen, wann bestimmte Methodenkategorien von besonderer Bedeutung sind, und inwiefern die Qualität und Quantität des Methodeneinsatzes entlang des Produktentstehungsprozesses variieren.<sup>347</sup>

---

<sup>344</sup> Die Studien wurde im Rahmen des BMBF Projekts „IN<sup>2</sup> - Von der Information zur Innovation“<sup>344</sup> durchgeführten.

<sup>345</sup> Pahl und Beitz, 2013.

<sup>346</sup> Jänsch, 2007; Braun und Lindemann, 2004.

<sup>347</sup> Die in Kapitel 4.1 dargestellten Untersuchungen wurden im Projekt IN<sup>2</sup> durchgeführt und im Rahmen der Publikation Albers, Reiß, Bursac, Urbanec, u. a., 2014.veröffentlicht.

#### 4.1.1 Studiendesign der empirischen Erhebung

Um den Methodeneinsatz in der Praxis zu untersuchen, wurde eine empirische Erhebung mit 247 IngenieurInnen durchgeführt, um folgende Teilaspekte zu beleuchten:

1. Welche Methodenkategorien werden in der Praxis eingesetzt?
2. Welche Methodenkategorien werden in den entsprechenden Aktivitäten der Produktentstehung nach ALBERS<sup>348</sup> von den Anwendern als geeignet empfunden?
3. Welche sind die bevorzugten Methoden in den entsprechenden Aktivitäten?

Um eine möglichst hohe Stichprobengröße zu gewährleisten, wurde ein onlinebasierter Fragebogen mit geschlossenem Antwortformat implementiert. Ein Vorteil dieser Art der Befragung ist zum einen, dass Personen, die sich aufgrund mangelnder Zeit nicht differenziert ausdrücken können oder wollen, geschlossene Fragen häufiger beantworten, als offene.<sup>349</sup> Die Daten geschlossener Fragen lassen sich außerdem gut vergleichen, wodurch quantitative Ergebnisse abgeleitet werden können.<sup>350</sup>

Von den angefragten 342 Personen nahmen insgesamt 247 Ingenieure an der Online-Umfrage teil, von denen 131 den Fragebogen mit allen 33 Fragen vollständig ausgefüllt haben.

An der Studie nahmen Ingenieure aus Unternehmen mit diverser Größe und aus unterschiedlichen Branchen teil. Wie in Abbildung 4-1 zu sehen ist, beantworteten die Umfrage sowohl Ingenieure aus großen Unternehmen (>1000 MA), als auch Vertreter aus kleinen und mittleren Unternehmen (bis 250).<sup>351</sup>

---

<sup>348</sup> Albers, Braun, und Muschik, 2010b.

<sup>349</sup> Blum, 2013.

<sup>350</sup> Baumert, 2013.

<sup>351</sup> EU-Kommission (Hrsg.): Empfehlung der Kommission vom 6. Mai 2003 betreffend die Definition der Kleinunternehmen, sowie der kleinen und mittleren Unternehmen. (2003/361/EG). Artikel 2 des Anhangs, S. 36–41

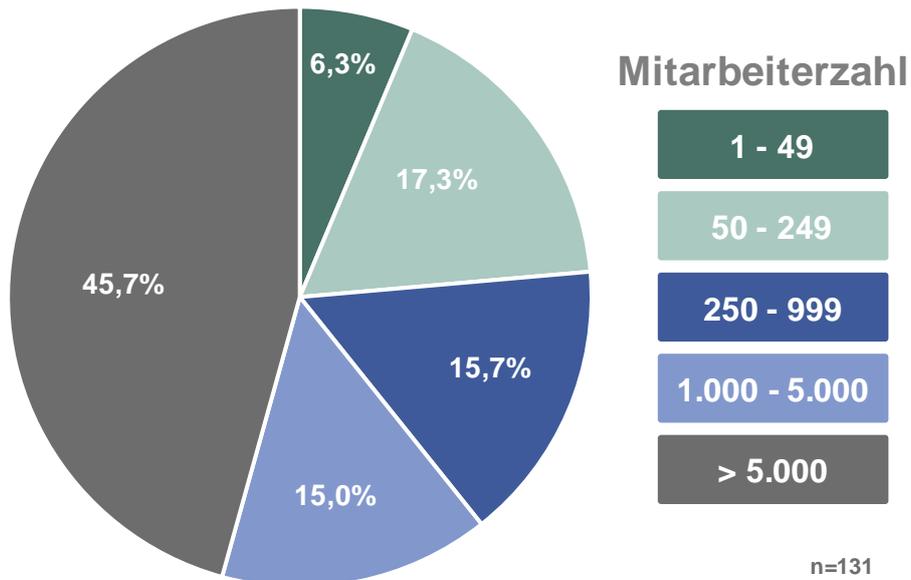


Abbildung 4-1: Verteilung der Befragten anhand nach Unternehmensgröße<sup>352</sup>

Das Branchenspektrum (Abbildung 4-2) erstreckt sich vom Automobilsektor (OEMs und Zulieferer), über den klassischen Maschinenbau, bis hin zu Unternehmen aus dem Bereich der Elektrotechnik.

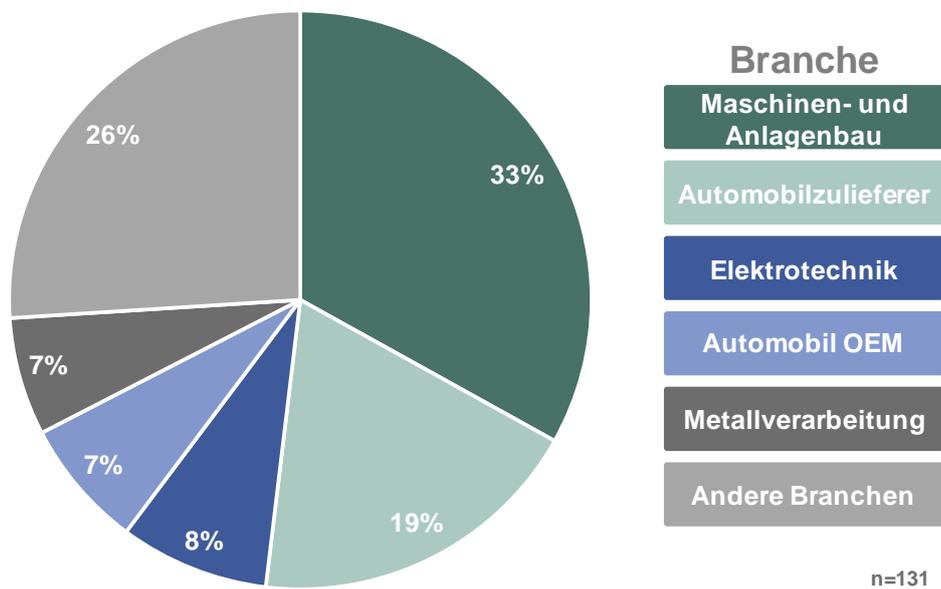


Abbildung 4-2: Verteilung der Befragten nach Branche<sup>353</sup>

Für die Auswertung war es von großer Relevanz, an welchen Aktivitäten des Produktentstehungsprozesses die Teilnehmer involviert sind und welche

<sup>352</sup> nach Albers, Reiß, Bursac, Urbanec, u. a., 2014.

<sup>353</sup> nach Ebd.

Methodenkategorien (z. B. Kreativitäts-, Analyse- oder Bewertungsmethoden) am häufigsten verwendet wurden. Zusätzlich wurde der Frage nachgegangen, wie die Methoden von praktizierenden Produktentwicklern hinsichtlich einer quantitativen und qualitativen Nutzung bewertet werden. Abbildung 4-3 visualisiert den Prozentsatz der Teilnehmer, welche in den entsprechenden Aktivitäten der Produktentstehung praktische Erfahrungen haben.

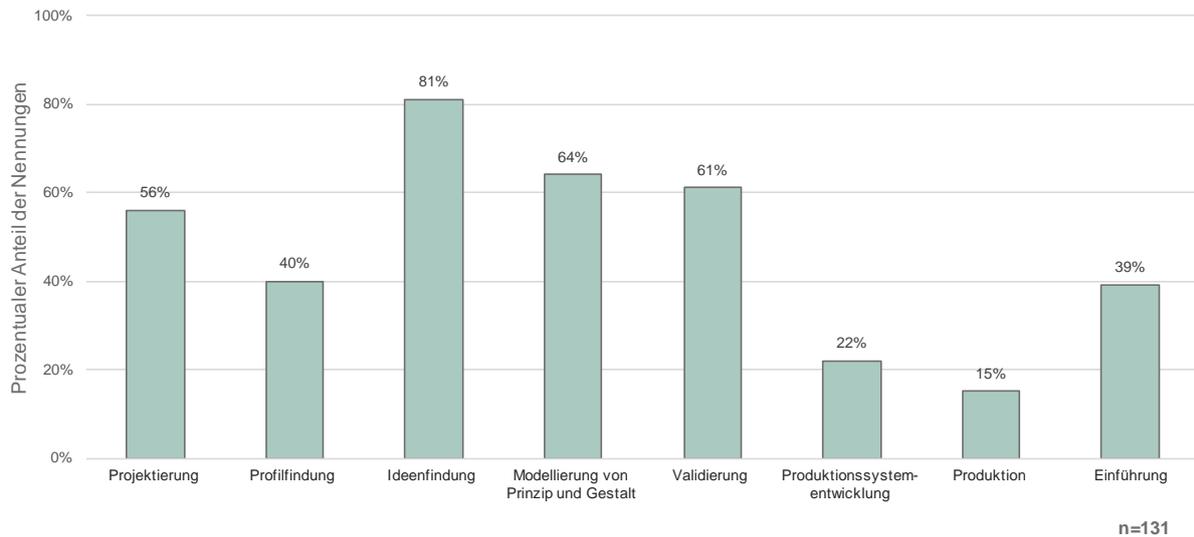


Abbildung 4-3: Verteilung der Teilnehmer nach Aktivitäten im PEP<sup>354</sup>

So gaben beispielsweise 81% der Befragten an, mindestens in einem Projekt mit dem Fokus der Ideenfindung tätig gewesen zu sein.

<sup>354</sup> nach Ebd.

#### 4.1.2 Ergebnisse der empirischen Erhebung zum Methodeneinsatz in der Praxis

Eines der Ziele der Studie war es, Erkenntnisse über den Einsatz von Methodenkategorien in realen Produktentwicklungsprozessen zu erlangen.

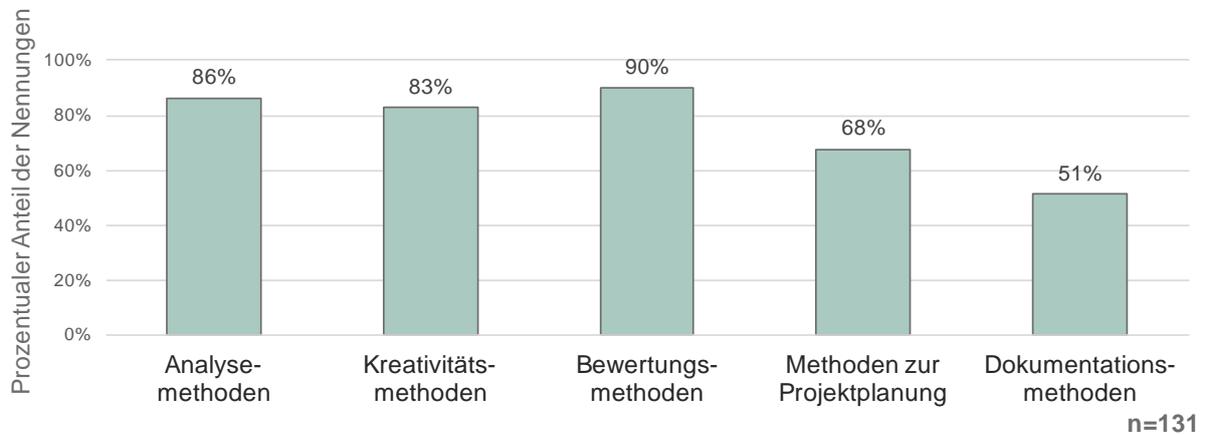


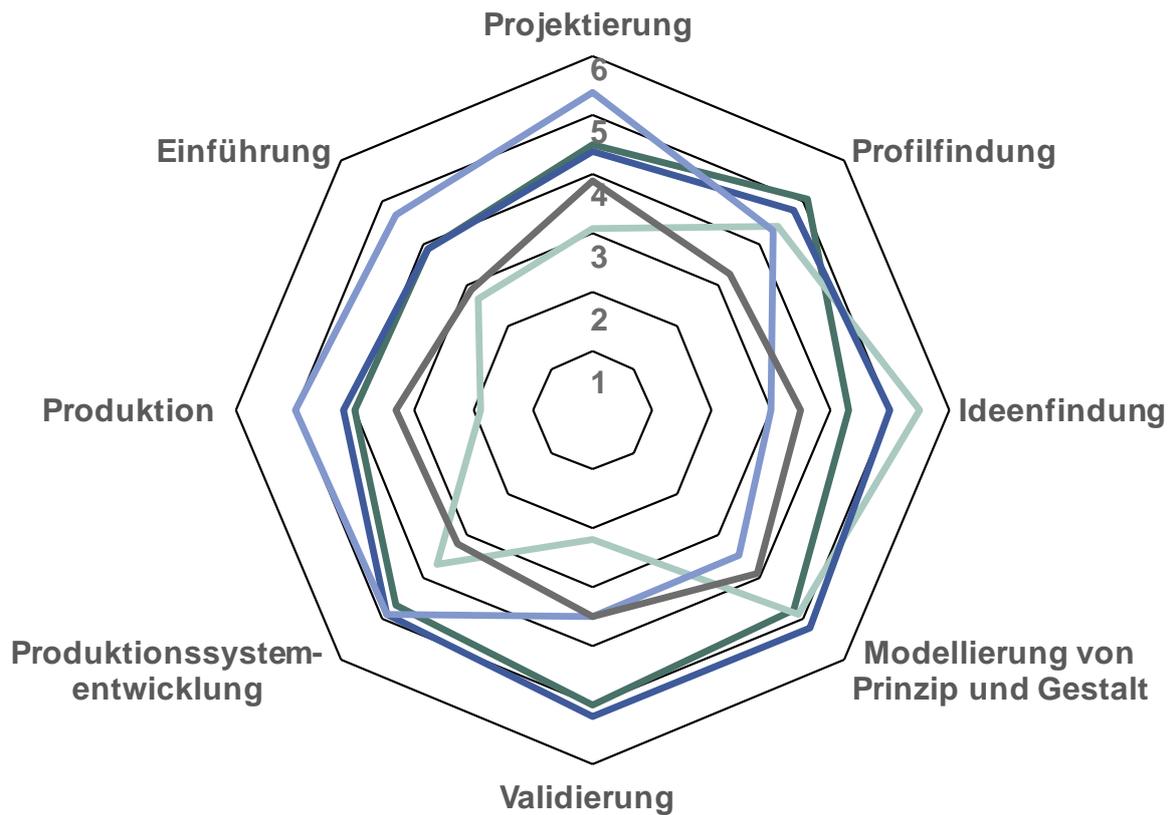
Abbildung 4-4: Prozentsatz des Einsatzes von Methodenkategorien<sup>355</sup>

Wie Abbildung 4-4 zeigt, greift ein Großteil der Teilnehmer während der täglichen Arbeit auf Analyse-, Kreativitäts- oder Bewertungsmethoden zurück, während Methoden zum Nachbereiten und Lernen nur von etwas mehr als der Hälfte der Beteiligten eingesetzt werden.

Aufbauend auf der Verteilung, wurde die eingeschätzte Eignung der Methodenkategorie in den einzelnen Situationen der Produktentstehung betrachtet. Um ein durchgängiges Verständnis der verwendeten Termini zu gewährleisten fand vor der Befragung eine Erklärung der Begrifflichkeiten statt.

Abbildung 4-5 stellt die durchschnittliche Einschätzung der Eignung einer Methodenkategorie in den einzelnen Aktivitäten der Produktentstehung dar.

<sup>355</sup> nach Ebd.



n=131

### Methodenkategorie

Analysemethoden	Durchschnittliche Einschätzung der Eignung einer Methodenkategorie: <b>1 Punkt</b> → Methodenkategorie ist überhaupt nicht geeignet in der Aktivität <b>6 Punkte</b> → Methodenkategorie ist sehr gut geeignet in der Aktivität
Kreativitätsmethoden	
Bewertungsmethoden	
Methoden zur Projektplanung	
Dokumentationsmethoden	

Abbildung 4-5: Eignung der Methodenkategorie in den einzelnen Aktivitäten der Produktentstehung<sup>356</sup>

Ein Ergebnis der Studie ist unter anderem, dass bestimmte Methodenkategorien zwar schwerpunktmäßig eingesetzt wurden, jedoch einzelne Methodenkategorien auch entlang des kompletten PEP ihre Anwendung finden. So wurden bei den Teilnehmern

<sup>356</sup> nach Ebd.

beispielsweise Kreativitätsmethoden nicht nur während der Ideenfindung, sondern auch zur Unterstützung der Produktionsplanung und der Markteinführung verwendet. Dieses Ergebnis lässt den Schluss zu, dass es die Aktivitäten der Produktentstehung übergreifende Einflussfaktoren geben muss, welche für die Auswahl der Methode von Bedeutung sind. Diesem Aspekt wird das iPeM durch die Strukturierung der Aktivitäten der Produktentstehung durch Aktivitäten der Problemlösung gerecht. Ein ähnlicher Ansatz ist in der überarbeiteten VDI Richtlinie 2221 zu finden.<sup>357</sup>

Aus diesem Grund müssen die Methoden neben ihrer Eignung hinsichtlich eines Einsatzes in den Aktivitäten der PE zusätzlich zu ihrer nutzenstiftenden Eignung bezüglich der Problemlösungsaktivitäten des SPALTEN-Prozesses bewertet werden (vgl. Abbildung 4-6).

---

<sup>357</sup> VDI 2221, 2018.

Aktivitäten der Produktentstehung	Aktivitäten der Problemlösung						Ø
	S	P	A	L	T	E	
Projektieren	4,4	3,4	4,4	5	4		4,2
Profile finden	5,1	4	4,8	3,7	3,6		4,2
Ideen finden	4,3	5,4	4,5	3	3,7		4,2
Prinzip und Gestalt modellieren	4,7	4,7	4,9	3,9	4,1		4,5
Validieren	5	2,3	5	3,9	4		4
Produktionssystem entwickeln	4,7	3,6	4,4	4,8	3,8		4,3
Produzieren	4,2	2,5	4,3	5,1	4,1		4
Einführen	3,5	3	3,7	4,7	3,9		3,8
n=131	Ø	4,5	3,6	4,5	4,3	3,9	

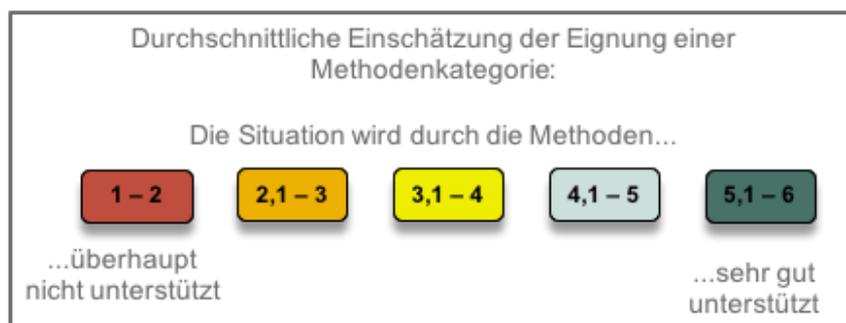


Abbildung 4-6: Bewertung der Methoden im Hinblick auf die Situation im PEP<sup>358</sup>

Durch den Mittelwert aller Methodenbewertungen kann so ein Portfolio entwickelt werden, welches Situationen mit guter bis mangelhafter Methodenabdeckung zeigt. Unter Situation wird in diesem Kontext der Punkt im Produktentwicklungsprozess verstanden, welcher sich aus der Kombination von Aktivität der Produktentstehung und Aktivität der Problemlösung beschreiben lässt. Durch die Verortung der Methoden in der iPeM Aktivitätenmatrix kann beispielsweise auf eine hohe subjektive Zufriedenheit mit dem Methodenangebot in der Situation „Alternative Lösungen generieren“ während der „Ideenfindung“ geschlossen werden. Zusätzlich lassen sich Schwerpunkte für die

<sup>358</sup> nach Albers, Reiß, Bursac, Urbanec, u. a., 2014.

zukünftige Methodenforschung identifizieren, da beispielsweise die Zufriedenheit bei der Generierung alternativer Lösungen in der Aktivität Validierung sehr gering ist.

Um die allgemeine Methodeneignung auch im speziellen Fall zu analysieren, muss betrachtet werden, inwiefern die einzelnen Methoden innerhalb der Kategorie ihre Anwendung finden. In Abbildung 4-7 sind die Kategorien „Kreativitätsmethoden“ und „Methoden zum Bewerten und Entscheiden“ dargestellt.

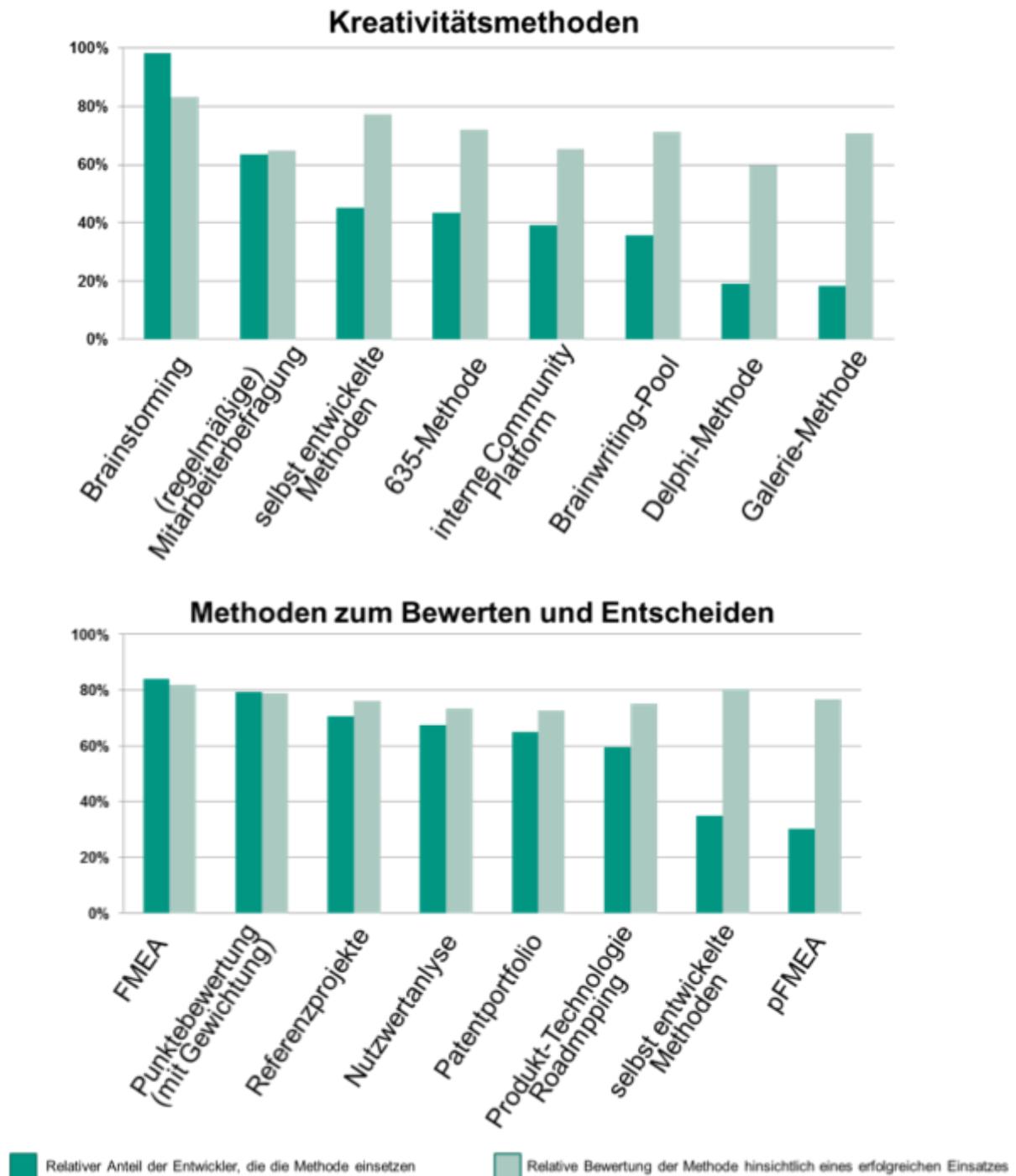


Abbildung 4-7: Relativer Einsatz und relative Bewertung unterschiedlicher Kreativitäts- und Bewertungsmethoden<sup>359</sup>

Auffällig ist hierbei die geringe Varianz in der Bewertung der Eignung einzelner konkreter Methoden(hellgrün), während die Anzahl der Einsätze der Methoden innerhalb der entsprechenden Kategorien (dunkelgrün) stark streut. So wird das

<sup>359</sup> nach Ebd.

Brainstorming (98%) in der Kategorie der Kreativitätsmethoden mit großem Abstand als die am häufigsten eingesetzte Methode angegeben, während die Qualität aller zur Auswahl stehenden Kreativitätsmethoden weitestgehend gleich eingeschätzt wird.

Aus der empirischen Erhebung lässt sich folgern, dass Methoden, sofern sie eingesetzt werden, als passend und mehrwertstiftend erachtet werden. Jedoch zeigt die Studie auch, dass bei der Methodenauswahl häufig auf bewährt empfundene Methoden zurückgegriffen wird und weniger hinterfragt wird, ob es zur aktuellen Situation im PEP besser passende Methoden geben könnte. Dies führt dazu, dass zwar eine Vielzahl von Methoden entwickelt wird, allerdings deren Anwendung in der möglichen Vielfalt nicht vorhanden ist. Aufgrund der Tatsache, dass viele der wenig eingesetzten Methoden als erfolgreich beurteilt wurden, sollte es daher ein Ziel der Methodenforschung sein, dem Entwickler situationsgerecht auch neue, geeignete Methoden an die Hand zu geben. Durch die Verbreitung neuer, wirksamer Methoden kann so eine Horizonterweiterung beim Entwickler erreicht werden, was wiederum eine effizientere Produktentwicklung vorantreiben kann.

## **4.2 Analyse realer Produktentstehungsprozesse**

Das Ziel der Prozessanalyse bei den IN<sup>2</sup>-Konsortialpartnern war es, die real ablaufenden Prozesse hinsichtlich des Methodeneinsatzes, der Akzeptanz gegenüber Methoden und möglichen Optimierungspotentialen zu analysieren. Dies geschah durch die retrospektive Analyse der Prozesse.

### **4.2.1 Studiendesign der Prozessanalyse**

Als Grundlage für die Analyse der Methodenanwendung dienten reale Produktentstehungsprozesse (PEP) der Partnerunternehmen. Im folgenden Kapitel wird ein stufenweises Vorgehen zur Ableitung eines Referenzprozessmodells der realen Produktentstehung eines Unternehmens vorgestellt. Die Referenzprozessmodelle geben sowohl Aufschluss über die Methodennutzung, als auch über die Entstehung und Entwicklung von Wissensobjekten.

In den drei Stufen wurde pro Unternehmen anhand eines realen PEPs ein Referenzprozessmodell abgeleitet (Abbildung 4-8). Bei der Erfassung des PEPs wurden die folgenden Aspekte fokussiert betrachtet:<sup>360</sup>

1. Effektive und effiziente Anwendung von Methoden.
2. Methodenunterstützte Entstehung und Speicherung von Wissen.
3. Entwicklung von Wissen über den PEP hinweg.

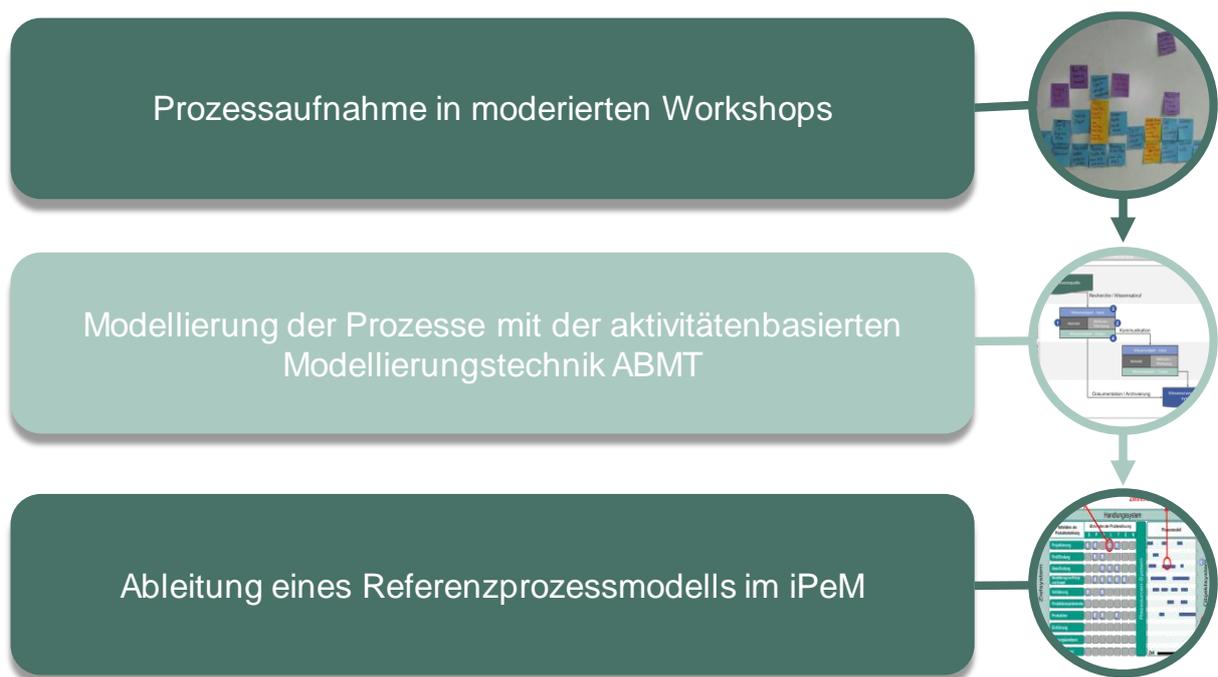


Abbildung 4-8: Stufen der Referenzprozessmodellableitung<sup>361</sup>

Zunächst wurde auf der ersten Stufe ein realer PEP – und hier insbesondere die frühen Phasen – mithilfe der Metaplanteknik erfasst. Aufgrund der Einzigartigkeit eines jeden PEP lag der Fokus darauf, die realen Abläufe und Zusammenhänge abzubilden, die sich möglichst in allen PEP der Unternehmen wiederholen. Sonderfälle werden ebenfalls notiert und dokumentiert. Auf der zweiten Stufe wurden die Ergebnisse der ersten Stufe in einer Prozesslandkarte mithilfe der aktivitätenbasierten Modellierungstechnik ABMT<sup>362</sup> modelliert und durch einen iterativen Prozess mit dem

<sup>360</sup> Albers, Seiter, u. a., 2015.

<sup>361</sup> Nach Albers, Lüdcke, Bursac, und Reiß, 2014; Albers, Seiter, u. a., 2015.

<sup>362</sup> Albers, Reiß, u. a., 2013.

betroffenen Unternehmen überprüft, sowie bei Bedarf verbessert. Die dritte Stufe beinhaltet das Ableiten eines Referenzprozessmodells und die Abbildung im iPeM. Im Folgenden werden die einzelnen Schritte im Detail beschrieben.

#### 4.2.2 Aufnahme von real ablaufenden Produktentstehungsprozessen

Die Vorgehensweise zur Aufnahme eines real ablaufenden PEP (Abbildung 4-9) orientiert sich an den folgenden Elementen des iPeM: Objekte, Aktivitäten und Methoden, sowie Ressourcen.<sup>363</sup> In einem moderierten Workshop wurden reale PEPs retrospektiv erfasst und analysiert.



Abbildung 4-9: Vorgehen zur Erfassung des realen Produktentstehungsprozesses

Der Schwerpunkt der Analyse lag insbesondere auf der Betrachtung der aufgenommenen Anwendungsmodelle der Prozesse. Daher wurden alle im Laufe des

<sup>363</sup> Die detaillierte Vorgehensweise ist in Albers, Lohmeyer, und Radimersky, 2013. ausführlich beschrieben.

PEP entstehenden Wissensobjekte gesammelt. Diese umfassen unter anderem Dokumententypen und –vorlagen unterschiedlichster Art. Aber auch Prototypen werden als Wissensobjekte angesehen, da sie das Wissen repräsentieren, das zu ihrer Erstellung notwendig war.<sup>364</sup> Das Sammeln dieser Objekte ermöglichte den Einstieg in die Erfassung der realen Abläufe und Zusammenhänge, indem so die geistige Fixierung auf eventuell vorgeschriebene Soll-Prozesse umgangen werden konnten.<sup>365</sup>

Die logische und zeitliche Abhängigkeit wurde im zweiten Schritt des Vorgehens berücksichtigt. Die zuvor gesammelten Objekte wurden hierbei chronologisch nach dem Zeitpunkt ihrer Fertigstellung auf der Metaplanwand angeordnet. Diese Anordnung diente als Basis für die folgende Identifizierung der Aktivitäten. Gemäß des ZHO-Ansatzes können hierbei Objekte bei der Beschreibung des Prozesses nur in Verbindung mit Aktivitäten des Handlungssystems vorkommen.<sup>366</sup> Für die zuvor zeitlich angeordneten Objekte wurden im nächsten Schritt diejenigen Aktivitäten identifiziert, die zur Erstellung des Objekts führten. Hierbei galt es zu analysieren, durch welche methodischen Herangehensweisen und mit welchen Werkzeugen die Erstellung der Objekte unterstützt wird. Für die spätere Betrachtung einzelner Aspekte war es von großer Bedeutung, dass die Zusammenhänge des im ersten Workshop aufgenommenen PEP ausreichend abgebildet wurden.

Basierend auf den Annahmen von NONAKA und TEKEUCHI<sup>367</sup>, sowie ALBERS und LOHMEYER<sup>368</sup> kann neues Wissen nur durch kontinuierliche Transformation von implizitem in explizites Wissen entstehen. Unter dem Begriff „Aktivität“ wird in diesem Zusammenhang sowohl die Transformation eines Wissensobjekts in ein darauf aufbauendes Wissensobjekt, als auch die Steigerung des Reifegrades eines Wissensobjekts verstanden. Aktivitäten benötigen stets Ressourcen und können insbesondere durch Methoden und Werkzeuge unterstützt werden. Als Beispiele für Wissensobjekte können Skizzen, Layouts, CAD-Modelle oder Qualitätsberichte aufgeführt werden.

---

<sup>364</sup> Das vollständige Klassifizierungsschema von Wissensobjekten ist im Anhang aufgeführt

<sup>365</sup> Albers, Seiter, u. a., 2015.

<sup>366</sup> Albers, Braun, und Muschik, 2010b.

<sup>367</sup> Nonaka und Takeuchi, 2012.

<sup>368</sup> Albers und Lohmeyer, 2012.

Um die Kopplung aus Aktivitäten (1 in Abbildung 4-10), unterstützenden Methoden (2 in Abbildung 4-10) und den verwendeten (3 in Abbildung 4-10) und erstellten (4 in Abbildung 4-10) Wissensobjekten zu untersuchen, wurde die aktivitätenbasierte Modellierungstechnik ABMT<sup>369</sup> angewendet, die es ermöglicht, zentrale Wissensflüsse sowie den unterstützenden Methodeneinsatz innerhalb des PEP zu veranschaulichen. Als Grundlage für die Modellierungstechnik wurde das Metamodell iPeM als übergreifendes Framework verwendet, da dieses die benötigten Grundbausteine zur Verfügung stellt. Abbildung 4-10 zeigt eine abstrahierte Prozessdarstellung, modelliert mit der aktivitätenbasierten Modellierungstechnik ABMT.

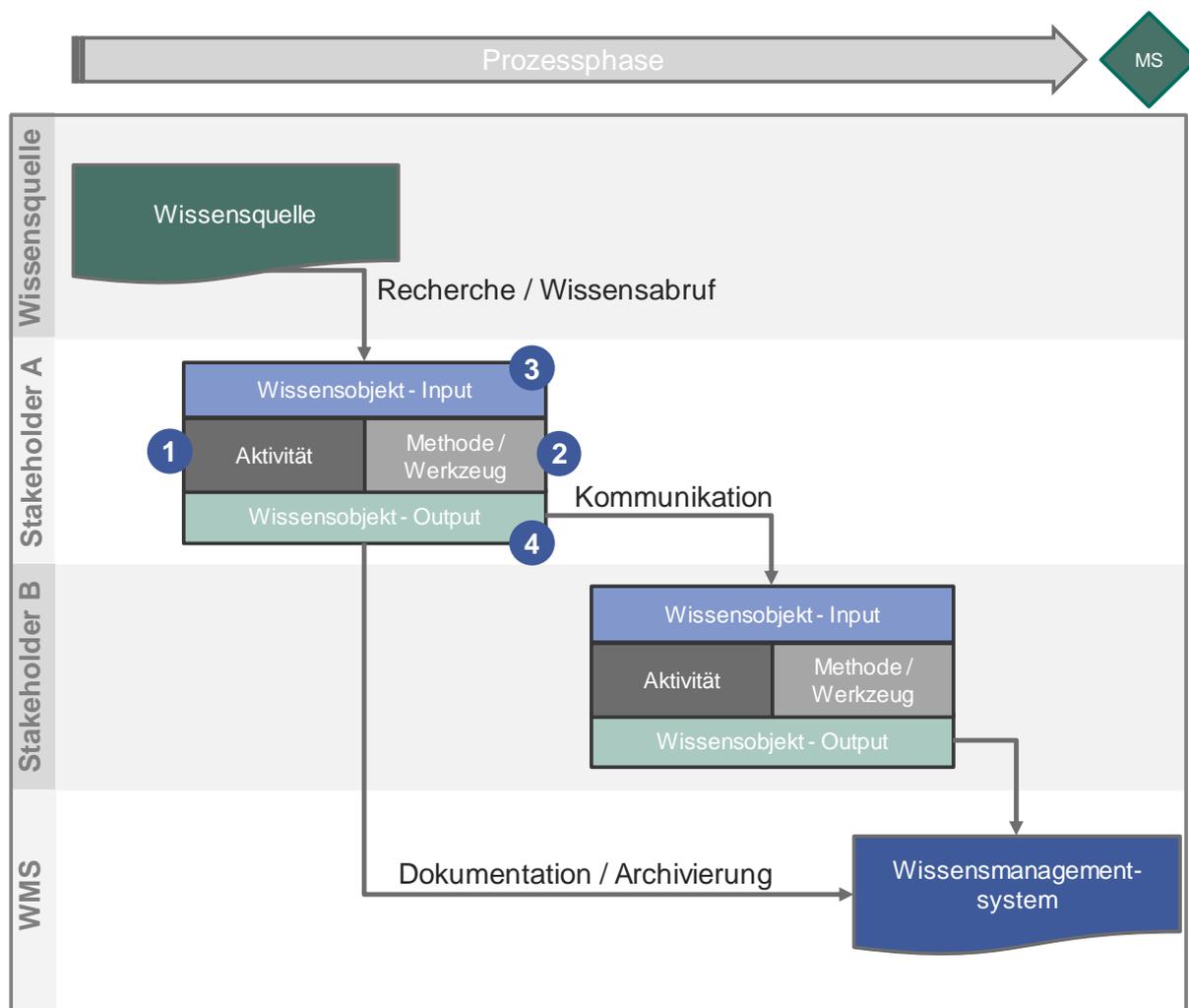


Abbildung 4-10: Aktivitätenbasierte Modellierungstechnik ABMT<sup>370</sup>

Der Aufbau des Modells ist wie folgt beschrieben:

<sup>369</sup> Albers, Reiß, u. a., 2013.

<sup>370</sup> Ebd.

**Stakeholder:** Einer Zeile (Swimlane) ist jeweils ein Verantwortlicher zugeordnet. Er wird auf der linken Seite im Feld als "Stakeholder" beschrieben.

**Prozessphase:** Die Prozessphase wird über den Swimlanes in Form von Pfeilen und Meilensteinen dargestellt. Die Pfeile repräsentieren dabei bestimmte Prozessphasen, die in Meilensteine münden.

**Wissensquelle:** Externes Wissen kann über externe Wissensträger eingebracht werden. Hierfür wird eine extra Swimlane abgebildet.

**Wissensmanagementsysteme (WMS):** Das generierte Prozesswissen wird in Wissensmanagementsystemen festgehalten, sodass es zu jeder Zeit innerhalb des PEP abrufbar ist.

**Aktivitäten-Boxen:** Die Boxen repräsentieren einen Prozessschritt. Sie beinhalten sowohl die durchgeführte Aktivität, als auch deren In- und Output, sowie die einzusetzenden Methoden und Werkzeuge, welche notwendig sind, um die Aktivität durchzuführen und das Wissensobjekt zu generieren.

**Pfeile:** Wissensflüsse werden durch Pfeile zwischen und innerhalb der Swimlanes repräsentiert. Sie stellen den proaktiven Abruf von Wissen aus einer Wissensquelle oder aus einem Wissensmanagementsystem dar, sowie die Kommunikation von Wissen über Rollen hinweg, und die Archivierung des Wissens in Wissensmanagementsystemen.

Innerhalb der Modellierungstechnik gelten für Wissensobjekte die folgenden drei notwendigen Bedingungen:

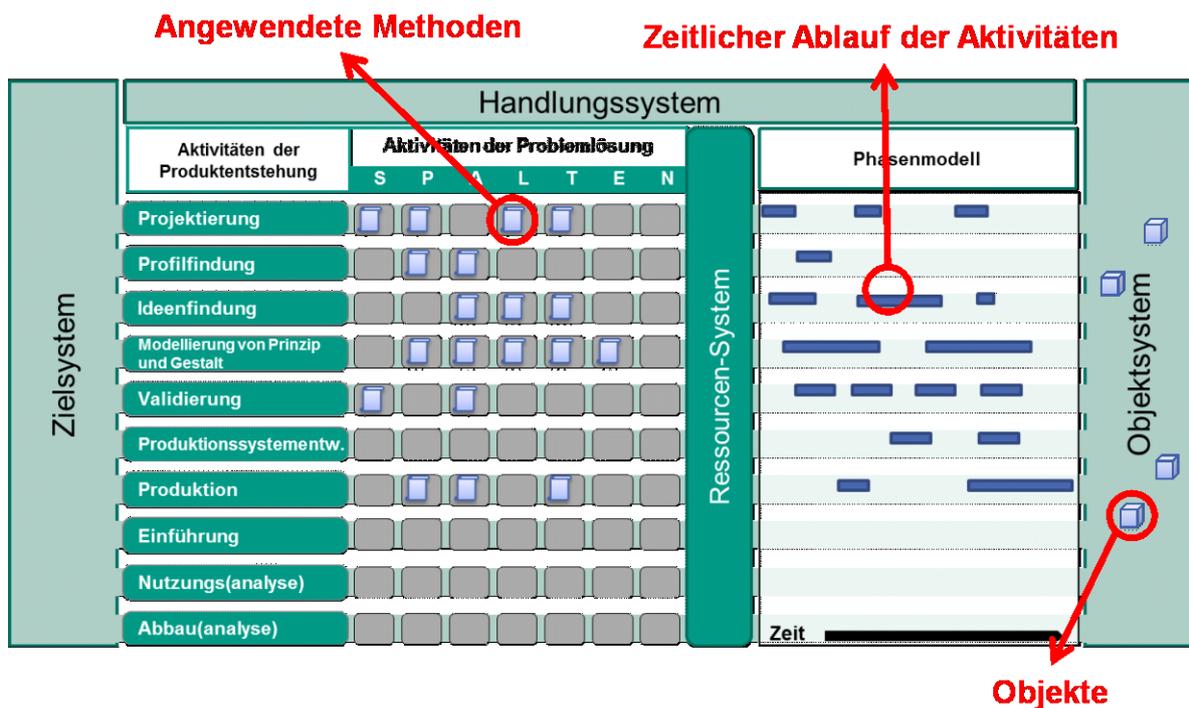
1. Ein Wissensobjekt muss in dokumentierter Form vorliegen. Das heißt: es muss vom Wissensträger explizit und auf einem physischen oder virtuellen Medium zur Verfügung gestellt werden.
2. Ein Wissensobjekt muss archivierbar sein. Diese Bedingung ist insbesondere im Hinblick auf ein nachhaltiges Wissensmanagement und die Wiederverwendung von Ergebnissen innerhalb eines Prozesses von Bedeutung.
3. Ein Wissensobjekt muss kommunizierbar sein. Das bedeutet, dass Wissensobjekte in einer, für potentielle Adressaten verständlichen Form gestaltet werden. Dies ist insbesondere innerhalb von interdisziplinären oder interkulturellen Teams von großer Bedeutung.

Die aktivitätenbasierte Modellierungstechnik wurde im Rahmen einer explorativen Vorstudie anhand des Formulars „Student Teams KA-RaceIng“ getestet.<sup>371</sup> Sie wurde mit dem Ziel der Analyse des Zusammenhangs von Methoden und Prozessschritten bei insgesamt fünf IN<sup>2</sup>-Projektpartnern angewendet.

Um die realen Prozesse mehrerer Unternehmen miteinander vergleichen zu können beziehungsweise um es anderen Unternehmen zu ermöglichen, ihre eigene Situation PEP-ähnlichen Unternehmen zuzuordnen, wurden diese anschließend mithilfe des iPeM dargestellt. Dabei wurden die verwendeten Methoden in der Aktivitätenmatrix den Aktivitäten der Produktentstehung und den Aktivitäten der Problemlösung zugeordnet. Die iPeM-Darstellung (Abbildung 4-11) wurde hierbei verwendet, um unterschiedliche PEPs auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu untersuchen. Die detaillierte Betrachtung dieser Unterschiede führte im weiteren Projektverlauf zu Erkenntnissen bezüglich der „Best Practices“ des Methodeneinsatzes und der Wissensdokumentation.

---

<sup>371</sup> Formula Student Teams entwickeln und fertigen seit 2006 in interdisziplinären Teams in ca. einem dreiviertel Jahr einen konventionellen und einen elektrischen Rennwagen und treten in internationalen Wettbewerben gegeneinander an, wobei die Team-Zusammensetzung jährlich wechselt. KA-RaceIng eignet sich als Untersuchungsumgebung für die explorative Vorstudie, da sie zum einen relativ kurze Entwicklungszyklen hat und dadurch eine begleitende Studie erlauben und zum anderen, da sie interdisziplinäre Produkte bei einer hohen Fluktuation entwickeln. Eine starke Interdisziplinarität ebenso wie eine hohe Fluktuation erhöhen die Notwendigkeit für Wissensmanagement. Folglich weisen die Studien-Teilnehmer eine höhere Bereitschaft für die Untersuchung auf.

Abbildung 4-11: Darstellung eines abgeleiteten Referenzprozesses in iPem<sup>372</sup>

Diese strukturierte Darstellung ermöglicht die Verknüpfung von PEP, Methodenanwendung und Wissensobjekten. Die erste Fassung der Prozessabbildung wurde mithilfe von Beispielen aus dem realen Projektgeschehen abgeglichen und - sofern notwendig - korrigiert, damit der abgebildete Prozess auch den realen Produktentwicklungsprozessen folgt.

Dieser, für jeden Projektpartner spezifische Prozess, diente dann als Abbildung des aktuellen Zustands und zur Ableitung von Potentialen für den Einsatz von Entwicklungs- und Wissensmanagementmethoden.

#### 4.2.3 Ergebnisse der Prozessanalyse

Um Aussagen über den Methodeneinsatz in den untersuchten Unternehmen tätigen zu können, wurden die Prozesse hinsichtlich vorher festgelegten Kriterien und Kennzahlen untersucht. In

Tabelle 4-1 werden die Ergebnisse der Prozessanalyse hinsichtlich der Quantität des Methodeneinsatzes zusammengefasst.

<sup>372</sup> Nach Albers, Seiter, u. a., 2015.

Tabelle 4-1: Auswertung der Prozessanalyse (Quantität des Methodeneinsatzes)

	Unternehmen A	Unternehmen B	Unternehmen C	Unternehmen D	Unternehmen E	Durchschnitt
Anzahl der Aktivitäten	122	45	38	61	44	62
Aktivitäten mit Methodenunterstützung	34	13	19	25	10	20,2
Anteil der methodisch unterstützten Aktivitäten	28%	29%	50%	41%	23%	34%
Anzahl unterschiedlicher Methoden	17	11	8	17	3	11,2

In den ersten fünf Spalten sind die Ergebnisse der Betrachtung der einzelnen Unternehmen aufgeführt, in der letzten Spalte der Durchschnitt aller Unternehmen. Die Zeilen betrachten unterschiedliche Kennzahlen der Analyse. Ein wesentliches Ergebnis der Untersuchung ist, dass viele der Aktivitäten bisher kaum methodisch unterstützt werden. Von den im Schnitt 62 Aktivitäten, werden durchschnittlich 20,2 Aktivitäten durch Methoden unterstützt, was einem Anteil von 34% entspricht.

Das Verhältnis von Aktivitäten mit Methodenunterstützung (Zeile 2 -  $\bar{x}$  ca.20) zur Anzahl unterschiedlicher Methoden (Zeile 4 -  $\bar{x}$  ca.11) lässt darauf schließen, dass eine Methode, sofern sie im PEP implementiert ist, im Schnitt in circa zwei Aktivitäten zum Einsatz kommt.

Abbildung 4-12 stellt die minimale, maximale und mittlere Anzahl an durchgeführten Methoden bezogen auf einen Prozessstakeholder dar.

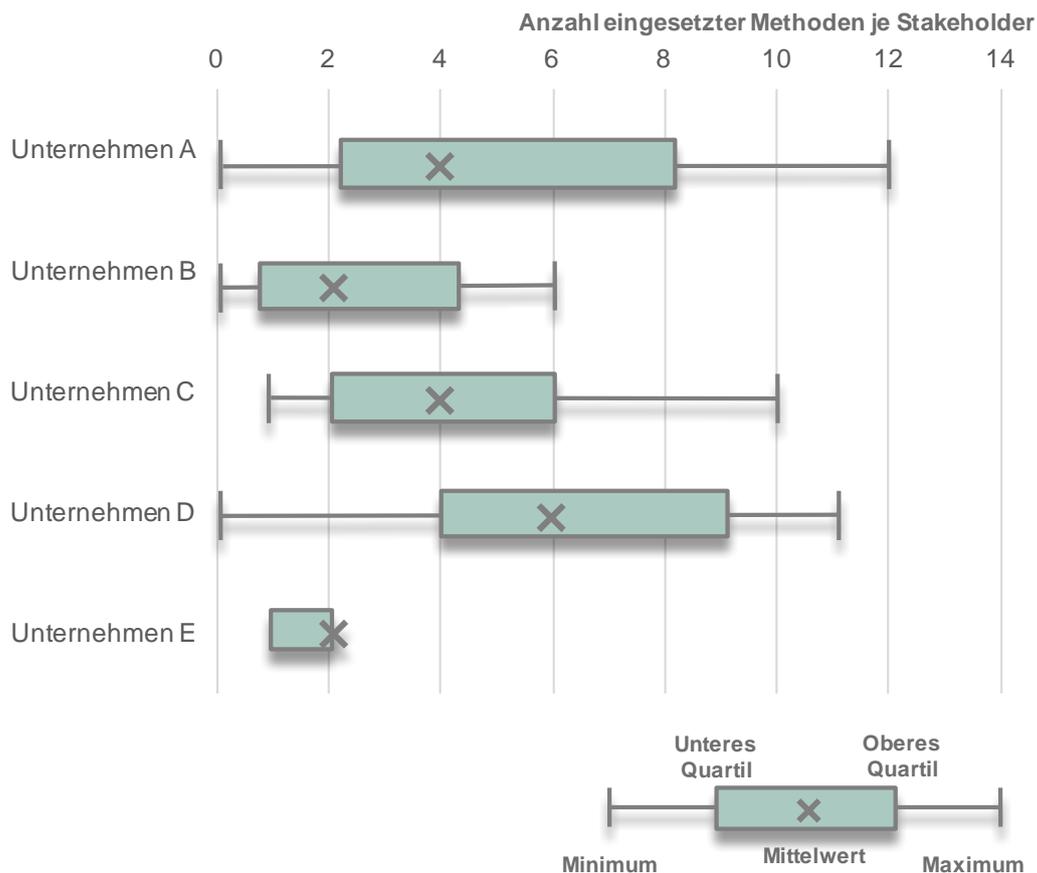


Abbildung 4-12: Methodeneinsatz bezogen auf Stakeholder

Die hohe Streuung zwischen minimaler und maximaler Anzahl an eingesetzten Methoden bei und der Trend des Mittelwerts zum unteren Quartil weist darauf hin, dass im PEP die Verantwortung für den Methodeneinsatz an einige wenige Rollen gebunden ist. Insbesondere in agilen Teams, welches sich durch ein hohes Maß an Eigenverantwortlichkeit auszeichnen kann diese Ansammlung der Methodenkompetenz auf wenige Projektbeteiligte dazu führen, dass innerhalb eines Teams keine oder nur kaum Methodenkompetenz vorhanden ist.

Im Anschluss an die Analyse wurden bei vier der fünf Unternehmen Expertenworkshops durchgeführt.

Um eine Verbesserung der Methodenunterstützung in Entwicklungsprozessen zu ermöglichen, wurden aufbauend auf den generischen Referenzprozessen gemeinsam mit Experten Handlungsempfehlungen bezüglich des Methodeneinsatzes erarbeitet. Ziel war es, unter anderem Aktivitäten zu identifizieren, die durch den Methodeneinsatz unterstützt werden können. Hierbei wurden folgende Aspekte betrachtet:

**In welchen Aktivitäten konnten die Methoden Mehrwert stiften?**

Die untersuchten Methoden wurden von Experten Aktivitäten zugeordnet, in denen diese als mehrwertstiftend wahrgenommen wurden.

**Ist ein zusätzlicher Fach- oder Methodenexperte notwendig?**

Die erste Zuordnung wurde im nächsten Schritt mit den im Unternehmen vorhandenen Personalressourcen abgeglichen.

**Welche weiteren Ressourcen sind zur Durchführung notwendig?**

Die Zuordnung der benötigten Ressourcen zu den Methoden hat gezeigt, dass die Faktoren „Zeit“ und „Kompetenzen“ die erfolgskritischsten Ressourcen bei der Methodenauswahl sind. Der Faktor „finanzielles Budget“ wurde bei der Methodenauswahl nahezu nicht berücksichtigt.

In Abbildung 4-13 sind die Ergebnisse der Potentialanalyse dargestellt, in der der Anteil der potentiell methodisch zu unterstützten Aktivitäten (grün) über den Anteil der tatsächlich durch Methoden unterstützten Aktivitäten dargestellt ist. Unter potentiell zu unterstützenden Aktivitäten werden all die Aktivitäten verstanden, in denen der Prozessstakeholder mit einer Problemsituation, charakterisiert durch eine Ist-Soll Abweichung und einem nicht eindeutig definierten Lösungsweg, konfrontiert wird.

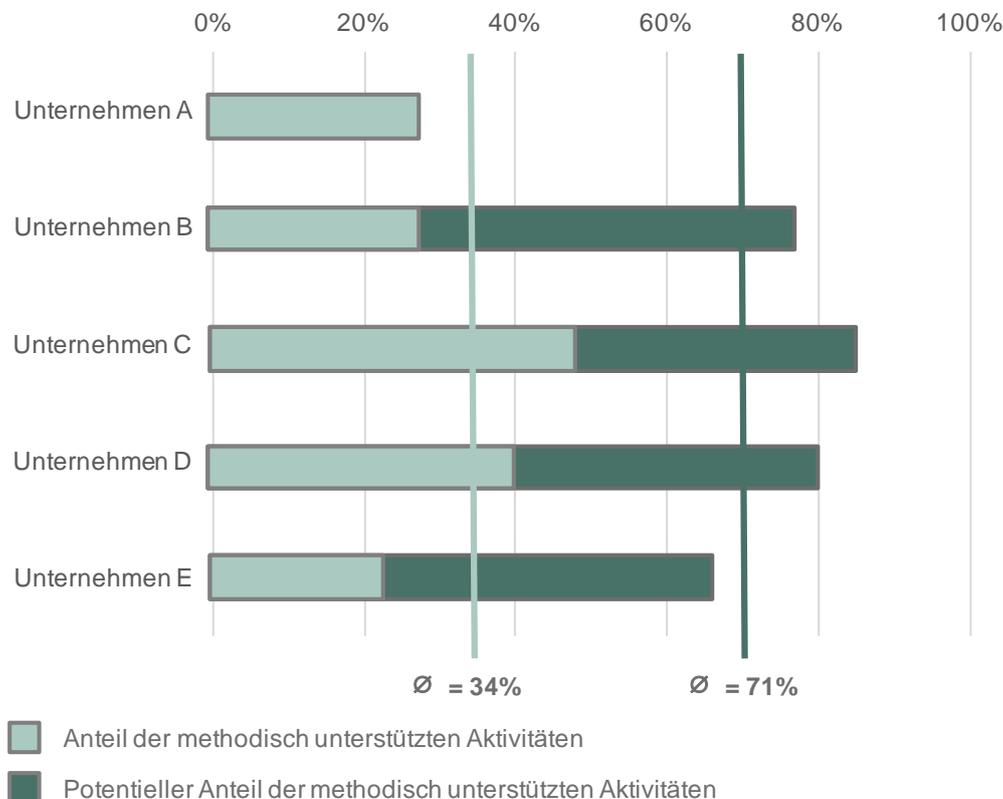


Abbildung 4-13: Potential des Methodeneinsatzes

Die Grafik zeigt, dass der Methodeneinsatz im Durchschnitt in doppelt so vielen Fällen als sinnvoll eingeschätzt wird, als dies tatsächlich in Prozess der Fall ist.

Aus der Prozessanalyse in fünf Unternehmen lässt sich zum einen folgern, dass Methoden durchaus in Entwicklungsprojekten eingesetzt werden, der Anteil der im PEP durch Methoden unterstützten Aktivitäten jedoch stark variiert. Es zeigt sich, dass sich die Methodenkompetenz bei einigen wenigen Prozessstakeholdern bündelt und zum Teil von gewissen Abteilungen (Stakeholdern) gar keine Methoden angewandt werden. Zusätzlich hat die Potentialanalyse ergeben, dass Methoden weit über ihre bisherigen Anwendungsbereiche hinaus als mehrwertstiftend eingeschätzt werden.

### **4.3 Fallstudie zum Methodeneinsatz**

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse einer Fallstudie vorgestellt, in welcher der Methodeneinsatz innerhalb eines Technologieunternehmens untersucht wurde. Die Studie, die in einem großen deutschen Technologieunternehmen durchgeführt wurde, zeigt, welche Methoden in der Praxis verwendet werden und welche Faktoren die Auswahl und Anwendung der Methoden beeinflussen.

#### **4.3.1 Studiendesign**

Bei Betrachtung der in den vorangehenden Kapiteln angeführten Erkenntnisse, kann gefolgert werden, dass der Methodeneinsatz von unterschiedlichsten Faktoren abhängt. Die Studie wurde in Form einer Online-Umfrage durchgeführt. Hierfür wurden 121 Projektleiter der Forschungs- und Entwicklungsabteilung eines großen deutschen Technologieunternehmens kontaktiert. Mit insgesamt 49 Umfrageteilnehmern konnte eine Rücklaufquote von 40,49% erzielt werden. Die TeilnehmerInnen verfügen alle über einen akademischen Abschluss und zwischen 11 und 29 Jahren Berufserfahrung. Innerhalb der Umfrage wurden folgende Aspekte adressiert:

- Methodenwissen
- Restriktionen (zeitlich, finanziell, personell)
- Implementierungsaufwand
- Komplexität (Methode und/oder Forschungsvorhaben)
- Akzeptanz (individuell und unternehmensbezogen)

Um Informationen über die individuelle Methodennutzung, das subjektive Qualitätsempfinden, sowie die generelle Akzeptanz der eingesetzten Methoden herauszufinden, wurden folgende Leitfragen konzipiert:

- Welche Methoden werden in der Praxis verwendet?
- Wie wird die Qualität der eingesetzten Methoden wahrgenommen?
- Werden häufiger angewendete Methoden als leistungsfähiger empfunden?
- Wo liegen die Probleme beim Methodeneinsatz?
- Wie ist die Akzeptanz?

#### 4.3.2 Ergebnisse

In der Umfrage standen die Antwortmöglichkeiten einer 5-stufigen Likert-Skala zur Auswahl. In der folgenden Tabelle 4-2 ist die Absolut Anzahl der getroffenen Einschätzung zu den Aussagen von allen TeilnehmerInnen dargestellt.

Tabelle 4-2: Auswertung der Fallstudie zur Methodenanwendung

	Stimme überhaupt nicht zu (1)	Stimme nicht zu (2)	Indifferent (3)	Stimme zu (4)	Stimme voll und ganz zu (5)	Weiß nicht	Ø
Viele Methoden sind mir nicht bekannt	0	6	6	27	10	0	3,84
Ich Nutze viele Methoden	4	23	18	3	0	1	2,37
Den Einsatz von Methoden halte ich für sinnvoll	0	0	5	30	14	0	4,18
Viele Methoden des Innovationsmanagements sind mir nicht bekannt	0	5	11	22	9	2	3,59
Ich Nutze viele Methoden des Innovationsmanagements	11	22	9	4	0	3	2,00
Den Einsatz von Methoden im Innovationsmanagement halte ich für sinnvoll	0	2	9	27	9	2	3,76

n = 49

Obwohl die Umfrageteilnehmer sowohl ihre Methodenkenntnisse, als auch ihren Methodeneinsatz als eher gering einschätzten, wurde die Verwendung von Methoden von einer großen Mehrzahl der Befragten als sinnvoll beurteilt. Methoden, die das Innovationsmanagement betreffen, weisen eine ähnliche Tendenz auf. Dies kann

wiederum auf die Nähe der befragten Personen zu Prozessen des Innovationsmanagements zurückgeführt werden.

Mit dem Methodeneinsatz verfolgten die Umfrageteilnehmer überwiegend Ziele wie Zeitersparnis (55,1 %), Steigerung des Innovationsgrades (53,1 %) und Prozessoptimierung (49 %) (vgl. Abbildung 4-14).

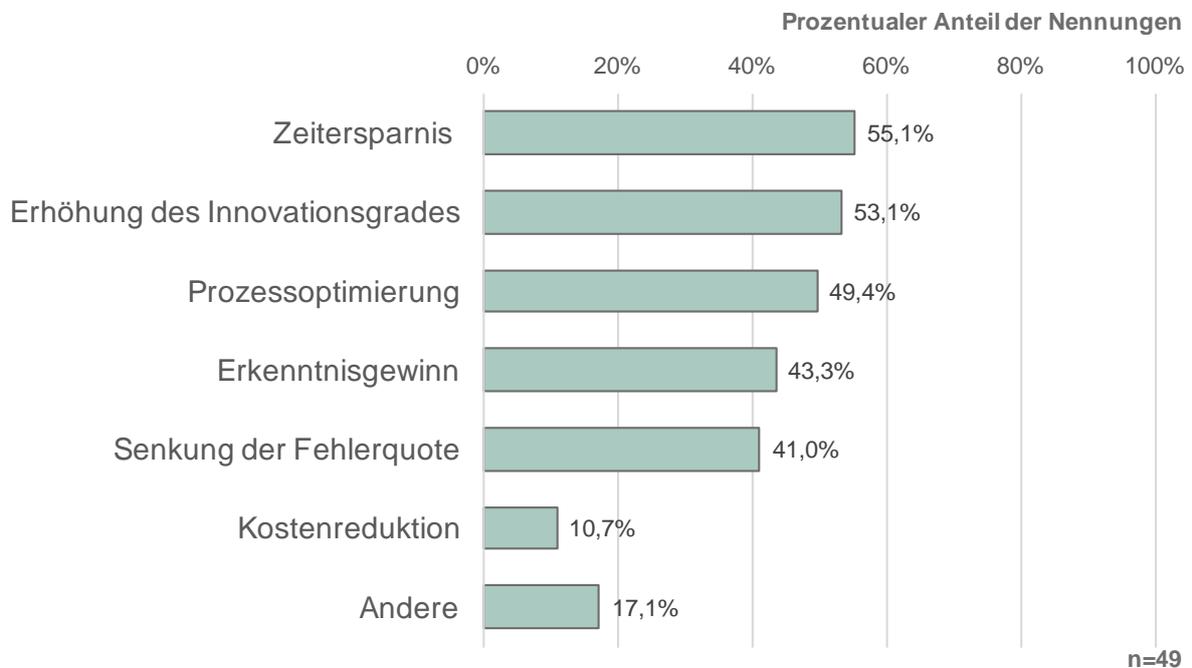


Abbildung 4-14: Ziele beim Methodeneinsatz

Schwierigkeiten, die beim Methodeneinsatz entstehen, wurden von knapp 70 % der Befragten auf mangelnde Erfahrungen und Erfolgserlebnisse zurückgeführt. Zeitprobleme, sowie für den jeweiligen Anwendungsfall nicht geeignete Methoden, wurden von etwa der Hälfte der Befragten genannt. Dass der Nutzen nicht erkennbar sei, führte hingegen nur etwa jeder sechste Teilnehmer an (vgl. Abbildung 4-15).

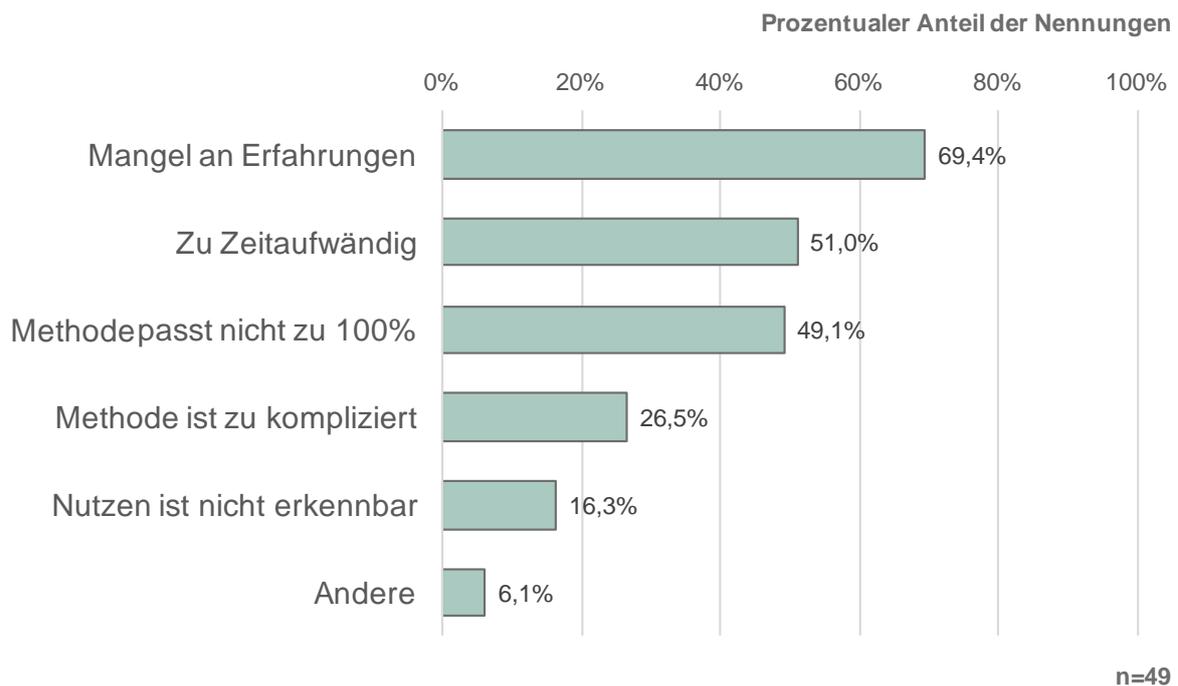


Abbildung 4-15: Hemmnisse für einen gesteigerten Methodeneinsatz

#### 4.4 Zwischenfazit zum Methodeneinsatz in der Praxis

Basierend auf dem Stand der Forschung und den drei durchgeführten Studien kann die geringe Akzeptanz von Methoden in der Praxis auf folgende Punkte zurückgeführt werden.

**Schlechtes Design von Methoden:** Die Anwendung vieler Methoden erfordert unnötig komplizierte Verfahren, spiegelt nicht die reale Praxis wider und passt nicht in den Umfang der bestehenden Aufgabe oder des bestehenden Problems.

**Mangel an Erfahrungen und Erfolgserlebnissen:** In der Praxis fehlt es häufig an Erfahrungen und Erfolgserlebnissen verbunden mit dem Methodeneinsatz. Hinzu kommt, dass der vorhandene Mehrwert einer Methode selten wahrgenommen wird.

**Mangelndes Interesse:** Viele Organisationen und PraktikerInnen glauben, dass sie die "neuen" Methoden und Werkzeuge, die ihnen zur Verfügung stehen, nicht brauchen.

**Negative Einstellung:** Die meisten AnwenderInnen und EntscheiderInnen haben eine negative Einstellung zur Einführung neuer Methoden und Werkzeugen. In vielen Fällen ist diese Einstellung das Ergebnis von früheren schlechten Erfahrungen bei der Einführung von Methoden oder Werkzeugen.

**Mangelnde Attraktivität:** Die meisten Methoden und Hilfsmittel (insbesondere die von akademischer Herkunft) werden in ungeschliffener Form an die Öffentlichkeit gebracht,

in einer akademischen Sprache präsentiert und sind zu kompliziert, um sie bei praktischen Problemen und Aufgaben anzuwenden.

Angst vor Veränderungen: Die Auswirkungen der Einführung von Methoden sind nur schwer einzuschätzen und werden in der Literatur nicht gut beschrieben. Die Einführung neuer Methoden wird im Allgemeinen als eine Veränderung wahrgenommen, und Veränderungen werden von den meisten PraktikerInnen nicht begrüßt - unabhängig von der Art der Branche und dem Ziel der Veränderung.

Intransparenter Mehrwert der Methode: Viele AnwenderInnen sind sich nicht sicher, wie sie von den vorhandenen Methoden und Werkzeugen profitieren können.

Intransparentes Einsatzgebiet der Methode: Es mangelt an Taxonomie und einem Verfahren zur Unterstützung der Bewertung und Auswahl von Methoden.

Schlechte Kommunikation: Es existieren bei der Mehrheit an verfügbaren Methoden und Instrumenten Mängel in der professionellen Verbreitung über wissenschaftliche Plattformen hinaus.

Mangelnde Ressourcen: Organisationen beklagen sich darüber, dass sie nicht über die notwendigen Ressourcen verfügen, um neue Methoden und Werkzeuge zu erlernen, zu implementieren und anzuwenden.

Diese Akzeptanzaspekte lassen sich zusammengefasst aus zwei unterschiedlichen Blickwinkeln betrachten: Einerseits aus Sicht des einzelnen Entwicklers als Nutzer der Methode (individuelle Akzeptanz), andererseits aus Sicht des Unternehmens und der Unternehmensprozesse (organisatorische Akzeptanz).<sup>373</sup> Für die erfolgreiche Anwendung von Methoden sind folglich Leistungsfähigkeit, Darstellung und Prozessanbindung sowohl aus individueller als auch organisatorischer Sicht zu gewährleisten.

Zudem lassen sich die auftreten der Akzeptanzbarriere in den Schwerpunkt bei der Methodenbereitstellung oder eher bei der Methodenanwendung verorten.

Da sich so ergebende Portfolio der Gründe für eine reduzierte Akzeptanz von Methoden ist in Abbildung 4-16 dargestellt.

---

<sup>373</sup> Albers und Lohmeyer, 2012.

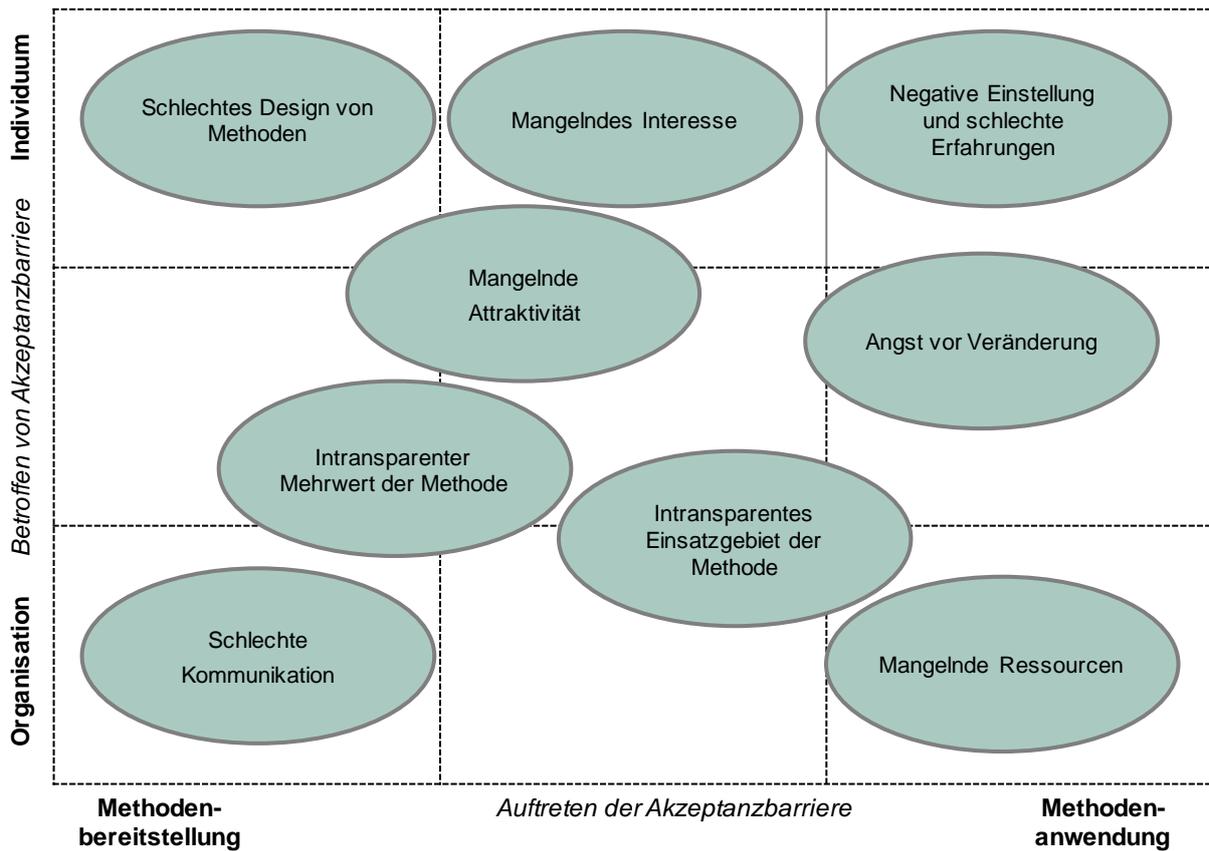


Abbildung 4-16: Gründe für eine reduzierte Akzeptanz von Methoden

Die Summe der aufgeführten Kritikpunkte resultiert aus einem Mangel an Akzeptanz von Entwicklungsmethoden in der Praxis. Allerdings ist eben diese Akzeptanz die grundlegende Voraussetzung für eine erfolgreiche Einführung und Anwendung von Methoden.

## 5 Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz

Im folgenden Kapitel, welches im Sinne der DRM die „Präskriptive Studie“ beschreibt, werden Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz in der Produktentstehung entwickelt. Der Aufbau von Methodenkompetenz und die Steigerung der Akzeptanz kann, wie in Kapitel 3 dargelegt, in Anlehnung an die Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich nach Bloom<sup>374</sup> beschrieben werden.

Um eine durchgängige Lösung zur Verbesserung der Methodenakzeptanz zu erreichen, werden hierbei die Stufen "Wissen", "Verstehen" und "Anwenden" von Methoden adressiert und in den folgenden Kapiteln vorgestellt. Es werden aufeinander aufbauende Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz in Prozessen des ASD-Agile Systems Design aufgezeigt und analysiert. Hierzu werden vier ausgewählte Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz vorgestellt und diskutiert:

Das iPeM als Ontologie der Methodenverortung (Kapitel 5.1)

Interaktive Methodenempfehlungen durch den InnoFox (Kapitel 5.2)

Zugängliche Aufbereitung von Methodeninhalten durch Methoden-Videos (Kapitel 5.3)

Erfahrungsaufbau und Erfolgserlebnisse durch Methoden-Lernspiele (Kapitel 5.4)

Die Akzeptanz wird in diesem Kontext innerhalb der Dimension Mensch samt den dazugehörigen Schnittstellen zur Organisation und Technologie verortet. Im konkreten Fall der Betrachtung der Methodenakzeptanz in agilen Prozessen der PGE – Produktgenerationsentwicklung, lassen sich die jeweiligen Ergebnisse, wie in Abbildung 5-1 dargestellt, im TOM-Modell nach BULLINGER<sup>375</sup> einordnen.

---

<sup>374</sup> Bloom u. a., 1976.

<sup>375</sup> Bullinger, Wörner, und Prieto, 1998, 10.

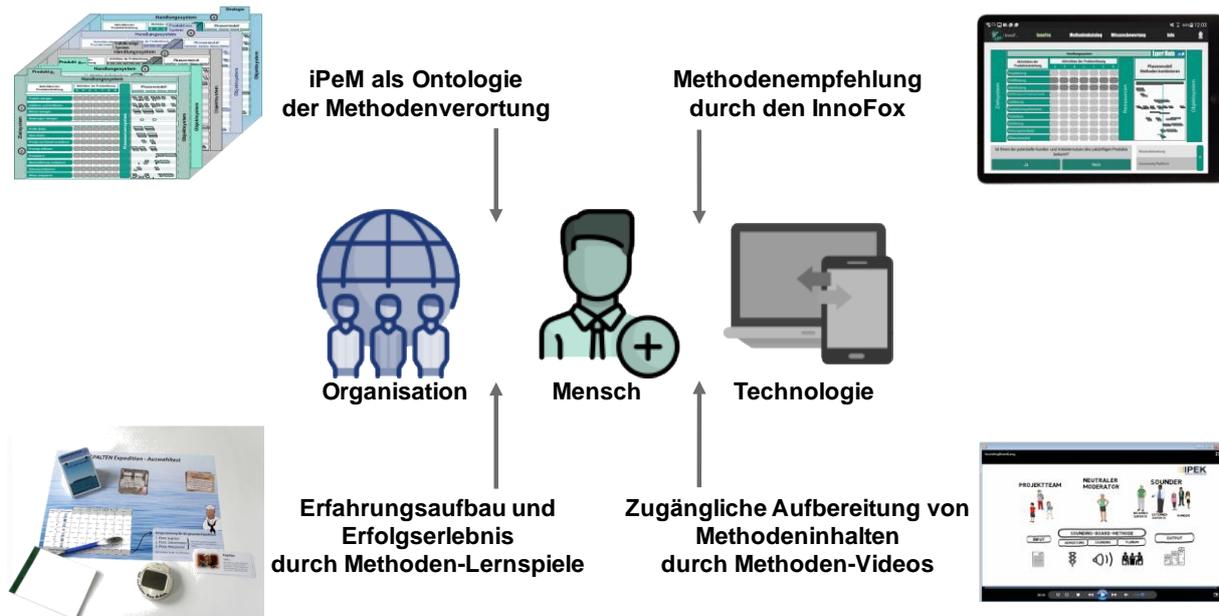


Abbildung 5-1: Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz nach dem TOM Modell

## 5.1 Das iPeM als Ontologie des Methodeneinsatzes

Um dem Menschen im Mittelpunkt der Produktentwicklung, Methodenwissen zugänglich zu machen, bedarf es bedarfsgerechter Vorgehensmodelle<sup>376</sup>. Wie in Kapitel 2 dargestellt, existiert jedoch kein Vorgehensmodell der Produktentstehung, welches Methoden über die generationsübergreifenden Prozesse hinaus verorten kann, und auf die Anforderungen einer ganzheitlichen, integrierten und agilen Produktentwicklung eingeht.<sup>377</sup> Um diese Lücke zu definieren und zu schließen, wurde eine empirische Untersuchung der Verwendung des iPeM in den letzten 10 Jahren durchgeführt. Aufbauend auf diesen Ergebnissen und einer ergänzenden Literaturrecherche wurde das iPeM modifiziert, um ein Produktentstehungsmodell als Ontologie zum Methodeneinsatz in der Praxis zu entwickeln.<sup>378</sup>

<sup>376</sup> Albers, 2010b.

<sup>377</sup> Albers, Reiss, u. a., 2016.

<sup>378</sup> Die hier beschriebenen Ergebnisse wurden im Rahmen der Veröffentlichung „The integrated Product engineering Model (iPeM) in context of the product generation engineering“ von Albers et al. 2016 veröffentlicht.

### 5.1.1 Bedarfsermittlung

Die Erforschung von Methoden in Produktentwicklungsprozessen ist seit vielen Jahren Gegenstand von wissenschaftlichen Arbeiten im Forschungsfeld der Entwicklungsmethodik. Dabei sind diverse Beschreibungsmodelle entstanden.<sup>379</sup> Zusätzlich werden derartige Modelle ebenso aus der Unternehmenspraxis heraus erstellt, um Entwicklungsprozesse zu formalisieren und zu dokumentieren. Zur Analyse dieser Vielfalt von Modellen ist ein Metamodell notwendig, das es erlaubt, die unterschiedlichen Ansätze in einer übergeordneten Ebene vergleichbar abzubilden.<sup>380</sup> Zwar erfüllt das integrierte Produktentstehungsmodell diese Anforderungen, allerdings besteht in vielen Unternehmen zunehmend der Bedarf, die Produktentwickler bei der Entwicklung neuer Produktgenerationen agil mit geeigneten Methoden zu unterstützen.

Um dies zu ermöglichen, ist eine integrierte Betrachtung der Produktentstehungsprozesse unterschiedlicher Generationen notwendig. Obwohl die meisten Produkte in Generationen entwickelt werden, liegt der Fokus aktueller Produktentwicklungsmodelle auf der Entwicklung von nur einem Produkt. Wie in Kapitel 2 dargestellt, existiert kein Vorgehensmodell der Produktentstehung, welches Methoden über die generationsübergreifenden Prozesse hinweg verorten kann.

Ziel der Studie zur detaillierten Identifikation des IST-Standes war es, den aktuellen Einsatz von Vorgehensmodellen sowie der Verwendung des iPeM zu erheben, um auf Basis dessen, ein Anforderungscluster an ein ganzheitliches Metamodell abzuleiten. Für die quantitative Umfrage, welche mit dem Online-Umfrage-Tool „LimeSurvey“ entworfen wurde, wurden über einen Zeitraum von drei Wochen hinweg insgesamt 636 Alumni des Instituts für Produktentwicklung per E-Mail kontaktiert. Davon haben N = 108 an der Umfrage teilgenommen. Dies führte zu einer Rücklaufquote von 17%.

---

<sup>379</sup> Vgl. Kapitel 2.5

<sup>380</sup> Albers und Braun, 2011.

Die Fragen sind den folgenden drei zentralen Aspekten zugeordnet<sup>381</sup>:

- Ziele des Einsatzes von Prozessmodellen
- Anforderungen an Prozessmodelle
- Erfüllung der Anforderungen durch die Prozessmodelle

Um die Anforderungen an das Prozessmodell ableiten zu können, werden zunächst die Ziele der Modellnutzung identifiziert. Die Ergebnisse sind in Abbildung 5-2 dargestellt.

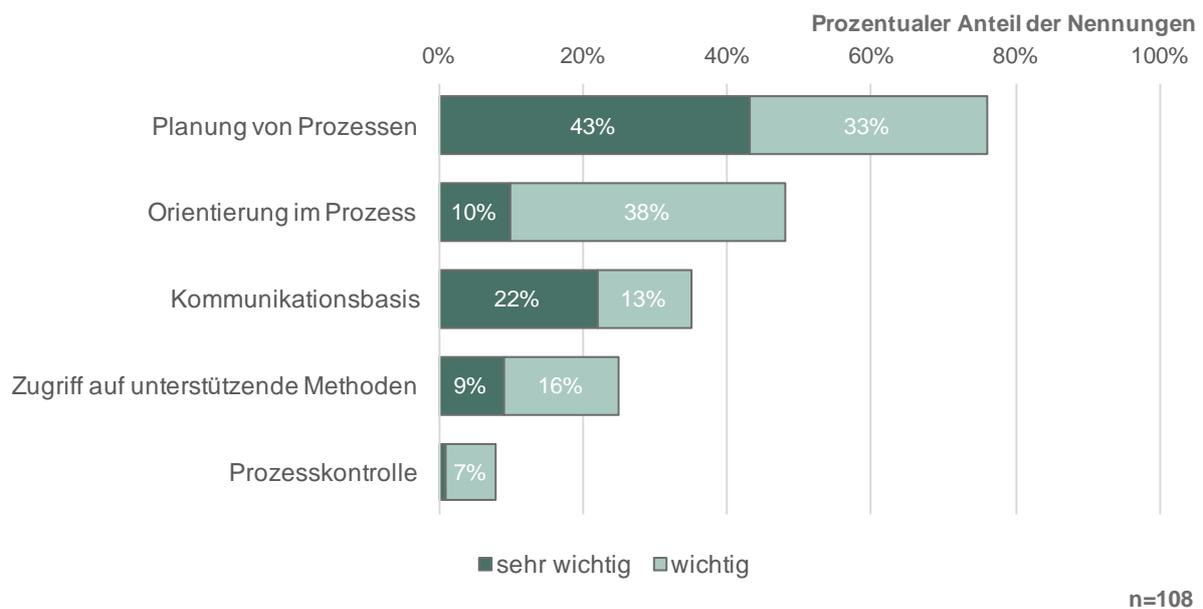


Abbildung 5-2: Ziele von Prozessmodellen

In der Befragung haben die TeilnehmerInnen die unterschiedlichen Ziele der Nutzung von Prozessmodellen (von Rang 1, dem wichtigsten Ziel bis zu Rang 5, dem am wenigsten wichtigen Ziel) priorisiert. Für die TeilnehmerInnen ist demnach die Planung des Prozesses das wichtigste Ziel, während die Unterstützung beim Prozesscontrolling als weniger relevant angesehen wird. Basierend auf den Zielen wurden im nächsten Schritt die Anforderungen an künftige Prozessmodelle ermittelt. In Abbildung 5-3 wird die Auswertung der Befragung in Form von Whisker-Box-Plot-Charts visualisiert.

<sup>381</sup> Die hier beschriebenen Ergebnisse wurden im Rahmen der Veröffentlichung „The integrated Product engineering Model (iPeM) in context of the product generation engineering“ von Albers, Reiss, u. a., 2016. publiziert.

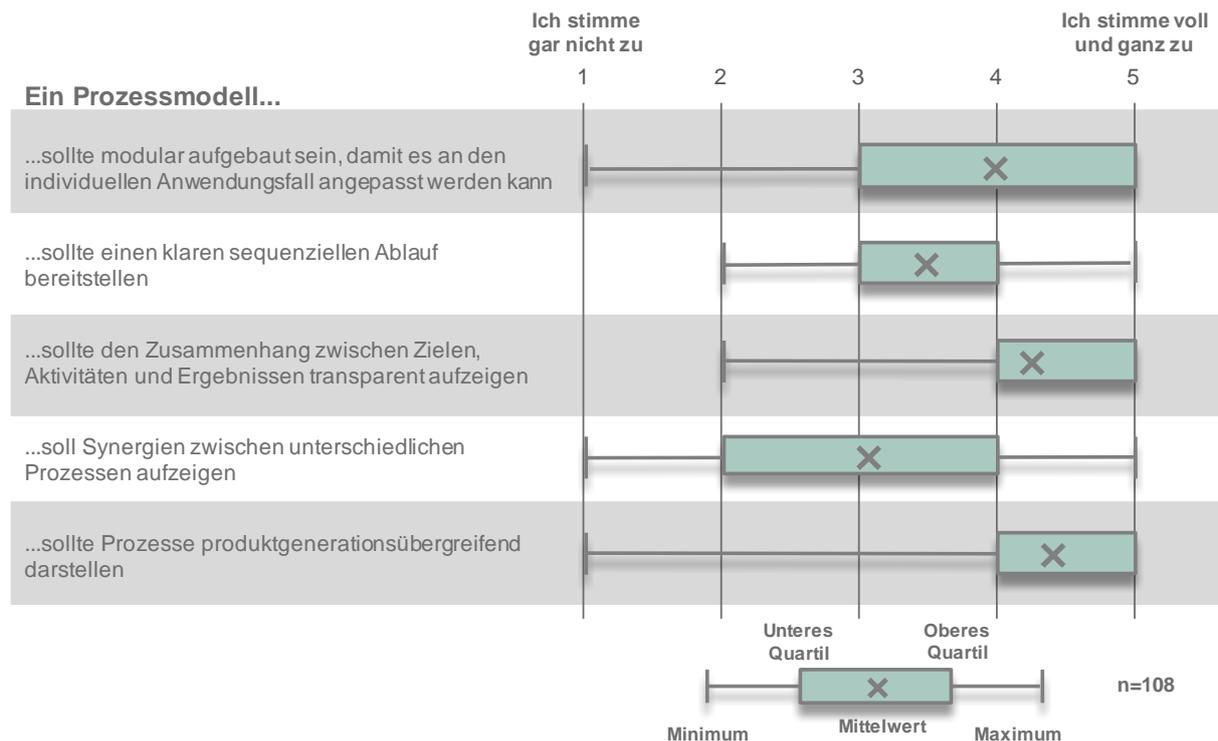


Abbildung 5-3: Anforderungen an zukünftige Prozessmodelle

### 5.1.2 Das iPeM - integriertes Produktentstehungsmodell im Kontext der Produktgenerationsentwicklung

Aufgrund der Umfrageergebnisse soll demnach eine an den individuellen Prozess adaptierbare Struktur, die Schaffung von Transparenz zwischen Zielen, Aktivitäten und Ergebnissen und die Integration unterschiedlicher Prozesse der Entwicklung von Produktgenerationen in einem gemeinsamen Modell ein Ziel der weiteren Modellentwicklung sein.

Bedingt durch die individuellen Anforderungen des Kunden, des Marktes und den Einflüssen von Mitbewerbern ergeben sich neue Aufgaben für die moderne Methodenentwicklung in Prozessen der PGE - Produktgenerationsentwicklung. Dabei ist der Produktbegriff weiter zu fassen: Er beinhaltet neben mechatronischen Systemen auch damit verbundene Dienstleistungen (Services) und Geschäftsmodelle. Um eine effiziente Produktentwicklung zu ermöglichen, werden Produkte zunehmend auf Basis von Architekturen, Plattformen und im Kontext von Produktgenerationen entwickelt. Die Produktentwicklung beinhaltet für die EntwicklungsingenieurInnen und ProzessplanerInnen eine große Unsicherheit. Aufgrund dieser Unsicherheit einer

steigenden Dynamik und dem Druck immer schneller Ergebnisse zu generieren und vorzustellen wird daher ein erhöhter Anteil an agilen Prozessen gefordert.<sup>382</sup>

Ein Aspekt, der vor allem in den letzten Jahren durch die interdisziplinäre und standortübergreifende Entwicklung immer wichtiger wurde, ist der Wissenstransfer in Entwicklungsprozessen.<sup>383</sup> Zum Beispiel sollten die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Bereichen wie Produktentwicklung, Produktion und Validierung modelliert werden können.<sup>384</sup> Auch gibt es nicht mehr nur „den einen“ Entwicklungsprozess, beginnend auf einem weißen Blatt Papier.<sup>385</sup> Produkte werden vielmehr in Generationen entwickelt. Daher sollte mit einem Modell auch die Wechselwirkung der verschiedenen Generationen abgebildet und unterstützt werden können.

Die Herausforderung liegt darin, alle relevanten Bereiche des Produktentstehungsprozesses abbilden zu können und gleichzeitig durch konkrete Methoden den Prozess zu unterstützen.

Da sich Entwicklungsprozesse in Unternehmen fortwährend weiterentwickeln, sollte ein unterstützendes Prozessmodell so gestaltet sein, dass auch dieses kontinuierlich weiterentwickelt werden kann. Diese Herausforderung zwischen ausreichender Abstraktion zur kontinuierlichen Weiterentwicklung und Ganzheitlichkeit bei gleichzeitig konkreter Methodenunterstützung sollte durch ein entsprechendes Prozessmodell gelöst werden können.

Um diese aktuellen und zukünftigen Anforderungen an ein Prozessmodell zu erfüllen, wurde das iPeM erweitert. Die Logikstruktur des iPeM wurde hierbei jedoch nicht grundlegend verändert. (vgl. Abbildung 5-4)

---

<sup>382</sup> Albers, Behrendt, u. a., 2017.

<sup>383</sup> Albers, Radimersky, und Turki, 2013.

<sup>384</sup> Albers, Reiss, u. a., 2016.

<sup>385</sup> Albers, Rapp, u. a., 2017.

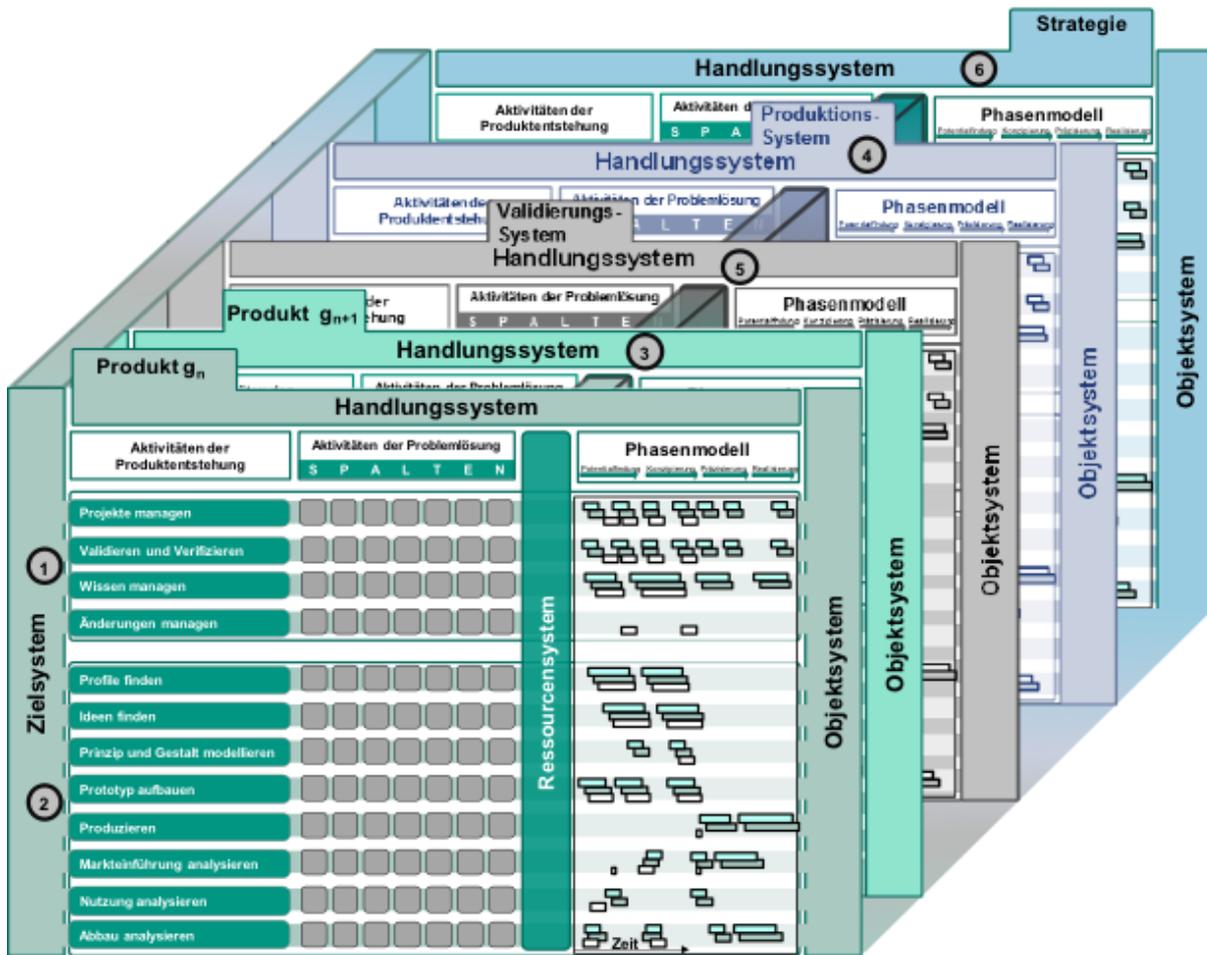


Abbildung 5-4: Das iPeM - integriertes Produktentstehungsmodell im Kontext der Produktgenerationsentwicklung <sup>386</sup>

Das weiterentwickelte iPeM ist dreidimensional und modular aufgebaut. Die logische Struktur wurde dabei (im Vergleich zum bisherigen iPeM) in ihrem Grundzusammenhang nicht verändert. Die Erweiterung besteht hauptsächlich in einer Anpassung der Aktivitäten und in einer Erweiterung des zweidimensionalen Modells in die dritte Dimension, welche die Entwicklungsprozesse der unterschiedlichen Produktgenerationen, der Validierungssysteme, der Produktionssysteme und der Strategie beinhaltet. Somit können unterschiedliche Bereiche eines Unternehmens oder eines Projekts jeweils in einer Ebene repräsentiert werden. Zudem wurden die Begrifflichkeiten der einzelnen Aktivitäten aktiv formuliert.

<sup>386</sup> Albers, Reiss, u. a., 2016.

Im Folgenden werden die Anpassungen im Detail beschrieben:

Für eine integrierte Produktentstehung sind unterschiedliche Aktivitäten notwendig. Diese werden im Zuge von PE-Prozessen in verschiedenen Ausprägungen durchgeführt

**Die Aktivitäten der Produktentstehung werden in zwei Cluster eingeteilt.** Beide Cluster umfassen einzelne Aktivitäten. Im folgenden Abschnitt werden die beiden Cluster von Aktivitäten und deren Einzelkomponenten beschrieben.

Die **Basisaktivitäten** (1 in Abbildung 5-4) werden ergänzend zu den Kernaktivitäten ausgeführt, um diese zu unterstützen sowie den PEP kontinuierlich zu verbessern. Die Basisaktivitäten des iPeM kommen in allen Ebenen vor und sind in Tabelle 5-1 dargestellt.

Tabelle 5-1: Beschreibung der Basisaktivitäten

Basisaktivitäten	Beschreibung
Projekte managen	Planung und Controlling des Produktentstehungsprozesses. (Planung des initialen Ziel- und Handlungssystems), sowie dessen kontinuierliche Steuerung beziehungsweise Regelung. <sup>387</sup>
Validieren und Verifizieren	Die Validierung beinhaltet die kontinuierliche Überprüfung von Objektsystemen gegenüber dem Zielsystem und umfasst die Teilaktivitäten Verifikation, Analyse und Bewertung, sowie deren Objektivierung mit dem Ziel der Eigenschaftsabsicherung des Produkts. <sup>388</sup>
Wissen managen	Überblick schaffen über interne und externe Daten, Informationen und Fähigkeiten. Weitere Aktivitäten sind die Identifikation, der Erwerb und die Entwicklung von Wissen, sowie dessen Verteilung, Nutzung und Bewahrung. <sup>389</sup>
Änderungen managen	Abstimmung von technischen, wirtschaftlichen und sozialen Veränderungen. Aktivitäten sind: Untersuchung zur frühzeitigen Erkennung von Fehlern/Potentialen, sowie die Umsetzung notwendiger Maßnahmen. <sup>390</sup>

<sup>387</sup> Albers und Braun, 2011.

<sup>388</sup> Ebd.

<sup>389</sup> Probst, Raub, und Romhardt, 2010.

<sup>390</sup> Albers, Reiss, u. a., 2016.

Die Basisaktivitäten beziehen sich immer auf eine Kernaktivität in unterstützender oder verarbeitender Hinsicht. So kann beispielsweise in der Aktivität „Wissen managen“ einerseits das Wissen bezüglich des Prozesses (Projekte managen) oder das Wissen bezüglich der Produkte (z. B. Modellierung von Prinzip und Gestalt) gemanagt werden. Auch können Profile, Ideen oder Prototypen in der Aktivität „Validieren und Verifizieren“ überprüft werden.

Die, aus dem ursprünglichen iPeM<sup>391</sup> übernommenen Aktivitäten „Projekte managen“ und „Validieren und Verifizieren“ werden durch die Aktivitäten „Wissen managen“ und „Änderungen managen“ ergänzt.

Die Aktivität „*Wissen managen*“ integriert die durch PROBST<sup>392</sup> definierten Bausteine des Wissensmanagements als Basis und erweitert diese um die durchgängige Integration im Kontext des erweiterten Prozessbeschreibungsmodells. Sie wurden mit dem Ziel entwickelt, die Wissensarbeit möglichst praxisnah zu unterstützen. Bei der Wissensidentifikation geht es darum, interne und externe Transparenz über bereits vorhandenes Wissen zu schaffen. Ziel dabei ist es, einen Überblick über interne und externe Daten und über Informationen und Fähigkeiten im Unternehmen zu erhalten. Der Wissenserwerb beschreibt das Importieren des Wissensbedarfs aus externen Quellen. In der Wissensentwicklung geht es um die Erzeugung „neuer Fähigkeiten“. Mithilfe der Wissens(ver)teilung wird das Wissen an den notwendigen Ort gebracht. Bei der Wissensnutzung wird die Anwendung des unternehmensinternen Wissens sichergestellt. Die Wissensbewahrung sichert das einmal erworbene Wissen auch für die Zukunft.

Unter der Aktivität „Änderungen managen“ wird die Abstimmung von technischen, wirtschaftlichen und sozialen Veränderungen verstanden.

Die **Kernaktivitäten** (2 in Abbildung 5-4) stellen den Teil jener Aktivitäten der Produktentstehung dar, welche direkt zur Erhöhung des Produktreifegrades führen. Durch Anwendung der Kernaktivitäten in Verbindung mit den Basisaktivitäten auf den unterschiedlichen Ebenen (Produkt, Strategie, Produktionssystem und

---

<sup>391</sup> Vgl. Kapitel 2

<sup>392</sup> Probst, Raub, und Romhardt, 2010.

Validierungssystem) kann der Produktentstehungsprozess ausgeführt werden. Die Kernaktivitäten des iPeM sind in Tabelle 5-2 dargestellt.

Tabelle 5-2: Kernaktivitäten in Anlehnung an ALBERS UND BRAUN <sup>393</sup>

Kernaktivitäten	Beschreibung
Profile finden	Definition des Produktprofils, bestehend aus Kunden- und Anbieternutzen, sowie einer lösungsneutralen Charakterisierung der Eigenschaften des künftigen Produkts.
Ideen finden	Identifikation von möglichen ganzheitlichen Lösungen zur Realisierung des Produktprofils.
Prinzip und Gestalt modellieren	Explizite Ausarbeitung der Produktidee(n) unter Berücksichtigung technischer und wirtschaftlicher Randbedingungen, sowie eine detaillierte Erarbeitung des physikalischen Zusammenhangs von Funktion und Gestalt.
Prototyp aufbauen	Diese Aktivität kann auf unterschiedlichen Reifegradebenen ausgeführt werden und kann die Erstellung sowohl physischer als auch virtueller Prototypen beinhalten. <sup>394</sup>
Produzieren	Tätigkeiten zur Realisierung des Produkts: Die Aktivität gliedert sich in die zielgerichtete Kombination von Produktionsfaktoren (Input) und deren Transformation in Produkte (Output)
Markteinführung analysieren	Vordenken und Analyse der Vermarktung des entwickelten Produkts samt vollständiger Betrachtung der Logistikaktivitäten im Vertriebsnetz.
Nutzung analysieren	Betrachtung, Dokumentation und Interpretation des Nutzer- und Nutzungsverhaltens.
Abbau analysieren	Antizipation der Möglichkeiten von Stilllegung oder Recycling nach Ende der Produktlebensdauer.

<sup>393</sup> Albers und Braun, 2011.

<sup>394</sup> Albers u. a.o. J.

Die Kernaktivitäten im erweiterten iPeM entsprechen zum größten Teil den Aktivitäten der Produktentstehung aus dem iPeM in der Ursprungsversion.

Aufgrund des übergreifenden Charakters werden die Aktivitäten „Projekte managen“ und „Validieren und Verifizieren“ den Basisaktivitäten zugeordnet. Die Aktivität „Produktionssystem entwickeln“ geht im neuen iPeM in einem parallel zum Produktentstehungsprozess begleitenden Prozess auf.

In Prozessen werden kontinuierliche Prototypen aufgebaut. Daher gehört seit der Überarbeitung die Aktivität „Prototyp aufbauen“ zu den Kernaktivitäten. Da dieser Aufbau komplex sein kann und ein Prototyp ein für die Gesamtentwicklung äußerst mehrwertstiftendes Objekt ist, ist es sinnvoll eine eigene Aktivität einzuführen, die wiederum durch SPALTEN unterstützt werden kann. Weiterhin kann ein Prototyp auf allen Ebenen und in unterschiedlichen Reifegraden erstellt werden.<sup>395</sup>

Nach der Einführung von Kern- und Basisaktivitäten ist die Integration von mehreren Produktgenerationsentwicklungsprozessen und Begleitprozessen eine weitere wichtige Anpassung im Modell. Um das Zusammenspiel der unterschiedlichen Entwicklungsprozesse in einem Unternehmen besser zu unterstützen, wurde eine neue Ebenenstruktur eingeführt.

Da Produkte in Generationen entwickelt werden, ist es sinnvoll, für jede Generation einen eigenen Produktentstehungsprozess abzubilden. Mit den Ebenen im Modell (siehe Abbildung 5-4) können Beziehungen zwischen den einzelnen Produkten abgebildet werden. Weiterhin können beispielsweise die Wechselwirkungen der Profile unterschiedlicher Produktgenerationen modelliert, und im Phasenmodell durch Referenz-, Implementierungs- und Anwendungsmodelle dargestellt werden.

Im Rahmen der Produktentstehung wird die Produktion durch das Produktionssystem unterstützt. Dieses Produktionssystem stellt für sich auch wieder ein Produkt dar, dessen Entstehung ebenfalls mit einem durchgängigen PEP gezeigt werden kann. Dieser Prozess ist in der Ebene „Produktionssystementwicklung“ (4 in Abbildung 5-4) zu sehen. Die Entwicklung des Produktionssystems steht hierbei immer in starker Wechselwirkung zur Entwicklung des Produkts selbst.<sup>396</sup> Die Einteilung ist jedoch stets

---

<sup>395</sup> Albers, Reiss, u. a., 2016.

<sup>396</sup> Ebd.

Sichten abhängig. So ist das Entwickeln einer Werkzeugmaschine für den Werkzeugmaschinenhersteller der PEP der entsprechenden Generation, während dieser aus Sicht des Kunden als Teil der Produktionssystementwicklung verstanden wird.<sup>397</sup>

Zur Validierung der Produkte werden Validierungssysteme benötigt. Ein Validierungssystem kann in der Fahrzeugentwicklung von der Simulation, bis hin zum Straßenversuch, samt den dazugehörigen Methoden stufenweise entstehen<sup>398</sup>.

Ein potentialträchtiger Ansatz ist hierbei das sogenannte Test-based-Development (TbD) auf Basis der IPEK X-in-the-Loop (XiL)-Methodik<sup>399</sup>, mit dem sowohl virtuelle und physische Prototypen, Umfeld und Nutzer in der Entwicklung effizient gekoppelt werden und so das Produkt in seiner Anwendungsumgebung auch unter Echtzeitbedingungen erlebt und erprobt werden kann.<sup>400</sup> Die hier generierten Modelle sind zukünftig bei einer konsequenten Produktgenerationsentwicklung zum Teil schon vorhanden und können im Sinne der PGE mit geringen Anpassungen übernommen werden.<sup>401</sup>

Betrachten wir zum Beispiel die Entscheidung eines Unternehmens, erstmalig bei einem Fahrzeug die Trommelbremsen durch Scheibenbremsen zu ersetzen: Für das Unternehmen handelt es sich hierbei um eine Prinzipvariation, da bisher keinerlei Erfahrungen mit dem Typ Scheibenbremsen vorliegen. Daraus ergeben sich die relevanten Wissenslücken, die zum Beispiel bei der ersten Definition dieser Idee identifiziert wurden. Die Projektierung auf Produktebene stößt dann eine Validierungsaktivität zur Behebung dieser Wissenslücke an. Es folgt ein Problemlösungsprozess der Validierung.<sup>402</sup> In diesem konkreten Fall kann die Wissenslücke nicht direkt geschlossen werden, da beispielsweise Modelle, Prototypen oder Prüfstände fehlen. Eine daraus folgende Projektierung auf der Ebene der Validierungssystementwicklung stößt daraufhin weitere Aktivitäten wie beispielsweise die Ideenfindung oder auch Modellierung von Prinzip und Gestalt an.<sup>403</sup> Die

---

<sup>397</sup> Albers, Walch, und Bursac, 2016.

<sup>398</sup> Albers, Behrendt, u. a., 2013.

<sup>399</sup> Ebd.

<sup>400</sup> Bause u. a., 2016.

<sup>401</sup> Albers, Bursac, und Wintergerst, 2015b.

<sup>402</sup> Albers, Behrendt, u. a., 2017.

<sup>403</sup> Albers, Behrendt, u. a., 2016.

Entstehung lässt sich parallel zur Entwicklung des Produkts im iPeM modellieren. So ist mit dem neuen iPeM die Modellierung der Entstehung des Validierungssystems als ein eigener PEP möglich.

Durch die Betrachtung der Strategie (6 in Abbildung 5-4) kann ein zum Unternehmensziel konsistentes Produktzielsystem sichergestellt werden. Und durch die gemeinsame Modellierung der Strategie mit den anderen Bereichen wird die Verbindung der Produktentstehungsaktivitäten mit der strategischen Management-Perspektive unterstützt<sup>404</sup>.

### **5.1.3 Modellierung und Gestaltung von agilen Prozessen am Beispiel der Entwicklung einer neuen E-Fahrzeug-Architektur mithilfe des integrierten Produktentstehungsmodelles – iPeM**

Mithilfe des integrierten Produktentstehungsmodells (iPeM) und seiner erweiterten Form der Produktgenerationsentwicklung können Entwicklungsingenieure und Prozessplaner mit einer aktivitätenbasierten Prozessmodellierung unterstützt werden. An einem Fallbeispiel<sup>405</sup> eines deutschen Automobilherstellers wird das iPeM anhand der Planung des Produktentstehungsprozesses in den frühen Phasen der Produktentwicklung angewandt.

Die Zielsetzung der Fallstudie besteht in der Evaluation des iPeM an einem Fahrzeugentwicklungsprojekt im Unternehmen. Es werden hierbei Potentiale erarbeitet, um eine Verkürzung der Gesamtentwicklungsdauer zu ermöglichen und eine effizientere Zusammenarbeit zu gewährleisten. Dadurch sollen zukünftig frühere Markteinführungstermine von Fahrzeugen ermöglicht werden, um entscheidenden Vorteile gegenüber Wettbewerbern mit herkömmlichen Entwicklungsweisen zu erhalten.

Untersuchungsgrundlage ist neben den bisherigen Prozessplanungssystemen und Dokumenten mehrere Workshops und Arbeitskreise, die bereichsübergreifend durchgeführt werden. Weitere Einflüsse werden in Einzelterminen mit den Prozessverantwortlichen spezifisch erarbeitet. Nach Analyse der erforderlichen Daten für die Umsetzung der Ebenen und deren Wechselwirkungen werden exemplarisch

---

<sup>404</sup> Albers u. a., 2016.

<sup>405</sup> Betreuet Abschlussarbeit: Scheeff 2016

mehrere Detail-Beispielprozesse im iPeM modelliert. Davon ausgehend werde Empfehlungen für weiteren Übertrag von vorhandenen Prozessen gegeben und die Potentiale im Expertengremium diskutiert.

Besonders in der frühen Phase der Produktentwicklung mit noch vagen Zielen sowie einer hohen Dynamik müssen Änderungen auf einfache Weise abbildbar sein. Ein möglicher Tausch der Fahrzeugentwicklungsreihenfolge sowie den Auswirkungen auf die Entwicklungstätigkeiten muss schnell realisiert werden können.

Weiter müssen für die Prozessmodellbeschreibung dieses Projekts nicht nur im Sinne der Produktgenerationsentwicklung die Produktentstehungsprozesse mehrerer Fahrzeuge abgebildet sein, sondern auch die Einflüsse der Produktionssystementwicklung und der Strategie in direktem Bezug hierzu berücksichtigt werden. Hierbei werden die Potentiale durch die Modellierung in den Ebenen des erweiterten iPeM als vorteilhaft gesehen.

In der Fallstudie legt die Ebene des Produkts den Produktentstehungsprozess eines Fahrzeugs fest und wird unter anderem durch die Wiederverwendung von Teilen bestimmt. Während neu entwickelte Bauteile speziell für eine Baureihe neu entwickelt werden und teils an nachfolgende Baureihen übergeben werden, ist für eine effiziente Entwicklung ein hoher Grad an Wiederverwendung erforderlich.

Dies wirkt sich in direkter Weise auf die Entwicklungsdauer der Haupt- und der Derivatfahrzeuge aus.

Auch mit der Ebene der Produktionssystementwicklung muss ein eigenständiger Produktentstehungsprozess abgebildet werden; hierbei werden unter anderem Prozessketten von Werkzeuherstellung, Zusammenbau und Logistik abgebildet.

Weiter ist die Werkzeuherstellung abhängig von strategischen Entscheidungen, da je nach globalem Produktionsstandort andere Zulieferer am Projekt beteiligt sein können. Aus diesem Grund entstehen unterschiedliche Logistikzeiten, die vom Ort des Zusammenbaus und des Test- und Freigabeprüfungen abhängig sind. Es gilt festzuhalten, dass hierbei die Abbildung mehrerer Iterationsschleifen gewährleistet sein muss.

Die Ebene der Strategie nimmt eine weitere zentrale Funktion ein. Insbesondere in den frühen Phasen der Produktentwicklung werden Produktkonzepte bewertet und Zieleblätter der technischen Fachbereiche in Katalogen gesammelt. Diese Anforderungen werden u. a. in Klausuren und Projekttagen aufbereitet und koordiniert.

Durch die Koordination der Gremientermine zeigt sich ein übergreifender Einfluss. Auch die bereits identifizierte Planung der Markteinführungstermine und –Abfolge der Haupt- und Derivatfahrzeuge basierend auf mehreren bewerteten Szenarien muss im Kontext betrachtet werden.

Die Ebene der Validierungssysteme ist im Fall der Elektrofahrzeugentwicklung von besonderer Bedeutung. Gegenüber bisherigen verbrennungsmotorischen Antrieben bestehen seitens der Erprobung u. a. Herausforderungen bezüglich den Ladezeiten von Batterien. Auch einer veränderten und neuen Software-Entwicklung und diesbezüglicher Tests sowie Freigaben im Hintergrund der Mechatronik muss Rechnung im PEP getragen werden.

Durch die Analyse konnte festgestellt werden, dass die Unterteilung des gesamten Entwicklungsprozesses in verschiedene Layer Vorteile bietet: Eine Chance durch eine auszugsweise Darstellung kann beispielweise in einer besserer Kommunikation und Koordination von Prozessen mit Zulieferern wie beispielsweise Batterieherstellern gegeben sein. Die Wechselwirkungen der Ebenen zueinander ermöglichen es, das gesamte Potential einer Prozessplanung mittels des iPeM zu erfassen.

Im konkreten Fall der Komponentenentwicklung der Fahrzeugleuchten in Bezug auf das Gesamtfahrzeug wird der zeitliche Umfang u. a. durch den Strategiebereich bestimmt. Durchgeführte Problemlöseprozesse und Entscheidungen aufgrund von Einflüssen des Marktes und internen Kostenberechnungen lösen Planung für Produktausprägungen aus.

Weiteres Potential zeigt sich in der Nutzung des Layers Validierungssystementwicklung. Oftmals ist nur die Erreichung und Überprüfung des Reifegrads einer Produkteigenschaft zu bestimmten Terminen und Meilensteinen von Bedeutung, jedoch ist der PEP bis zur Erreichung dieser Reifegradüberprüfung nicht vollständig beschrieben.

Verfeinert sich das Zielsystem im Lauf des Projektfortschritts und weichen bisherige Aktivitäten von diesem Zielsystem ab, so können identifizierte Risiken und Unstimmigkeiten über die Aktivität „Änderungen managen“ im Produktentstehungsprozess erfasst werden.

Durch die separate Abbildung der Basisaktivitäten werden mehrere Lösungsansätze ermöglicht (vgl. Abbildung 5-5).



Abbildung 5-5: Darstellung Verbindung von Basisaktivitäten und Projektterminen

Wird beispielsweise durch die Prüfung mittels „Validieren und Verifizieren“ festgestellt, dass eine Produkteigenschaft nicht erfüllt werden kann, soll durch eine Verbindung zur Ebene der Strategie bzw. weiteren eingebundenen Kontrollgremien eine Überprüfung der Projekttermine ausgelöst werden.

Zusätzlich wird die Auswirkung auf die anderen Layer geprüft. Möglicherweise beinhaltet ein Verzug im Reifegrad einer Produkteigenschaft eine Abhängigkeit zu Prozessen wie der Werkzeuge innerhalb der Produktionssystementwicklung. Auch in dieser Ebene muss der entsprechende Zeitraum zur Verfügung stehen.

Generell werden diese Vorgänge durch die Aktivitäten der Produktentstehung und des Problemlöseprozesses SPALTEN beschrieben. Durch die erhaltenen Situationen und den exemplarisch aufgeführten Wechselwirkungen kann eine Flexibilität u. a. in der Terminplanung erreicht werden und Potential für eine optimierte Planung beinhaltet sein. Eine Fixierung auf starre und unflexible, feste Meilensteine und demzufolge einem Zeitverlust in der Planung kann vermieden werden, wengleich die Durchführung der Aktivitäten und Situationen richtig gesteuert und umgesetzt werden muss.

Treten andererseits Konflikte auf und wird der kritische Pfad des Projekts beeinflusst, müssen Veränderungen im Bereich der Kernaktivitäten stattfinden.

Zum einen kann durch eine angepasste Schnittstellenfunktion, beispielsweise mit der Aktivität „Änderungen managen“, unabhängig vom eigentlichen PEP der Reifegrad des Produkts durch agile Methoden wie zum Beispiel des Vorgehensmodells Scrum und den Sprints wieder erhöht werden. Dies kann durch den Einfluss spezieller

Arbeitsgruppen oder auch externer Lösungen geschehen. Somit ist eine Neuplanung des PEP noch nicht erforderlich.

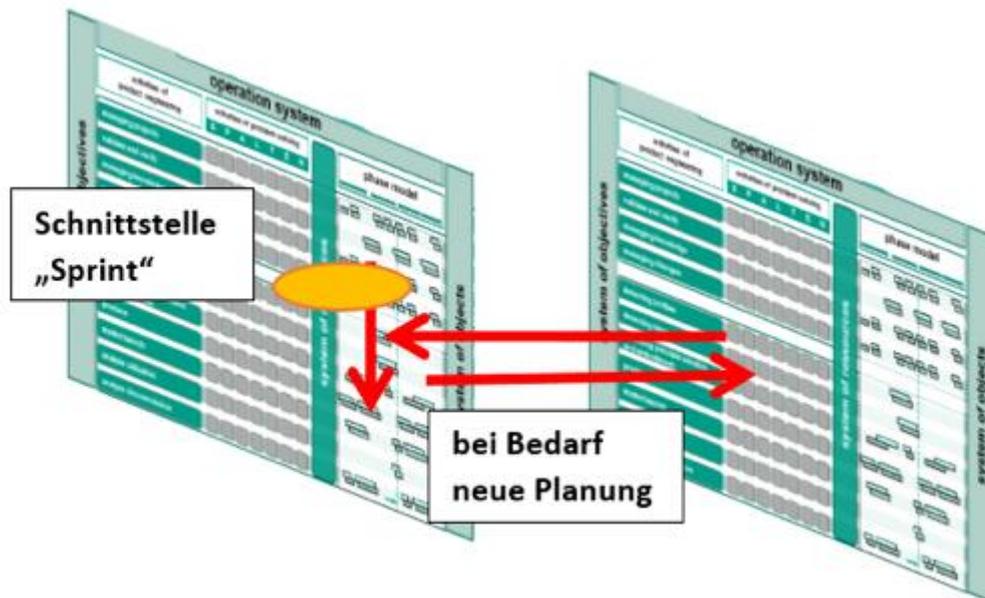


Abbildung 5-6: exemplarische Schnittstelle „Sprint“ sowie möglicher Neuplanung

In der Fallstudie wurde das integrierte Produktentstehungsmodell iPeM an einem Entwicklungsprojekt von mehreren Fahrzeugen einer elektrischen Fahrzeugarchitektur angewandt. Hierbei wurde festgestellt, dass ein hoher Mehrwert in der Produktentwicklung durch die iPeM-Modellierung erzielbar ist.

So wird die Möglichkeit geboten, die entweder separat oder teils in einem einzigen Plan geführten Prozesse und Aktivitäten der Produktentwicklung in die Ebenen des iPeM aufzuteilen und die Prozesse zusätzlich über die Wechselwirkungen der Ebenen zu modellieren und zu ergänzen. Dadurch können alle Prozessbeteiligten eines Bereiches mit eingebunden und die Auswirkungen der Aktivitäten auf transparente Weise dargestellt werden.

Im Gegensatz zu einer aufbereiteten Gesamtdarstellung auf nur einer einzigen Seite mit mehreren hunderten Entwicklungsmeilensteinen kann so eine Übersichtlichkeit geschaffen werden und der Gesamtüberblick verbessert werden. Jeder Prozess kann nun einerseits in seinem eigenen, spezifischen Produktentstehungsprozess, der über den jeweiliger Layer dargestellt ist, anschaulich für sich selbst und andererseits wiederum in den Wechselwirkungen zu den weiteren Ebenen beschrieben werden.

Eine zusätzliche Chance liegt in der Integration zusätzlicher, eigenständiger Planungen weiterer Fachbereiche. Das Modell kann jederzeit, modular und flexibel, mit zusätzlichen Ebenen erweitert werden.

Die separate Betrachtung der Basisaktivitäten bietet weiter eine eindeutige Abbildungs- sowie Reaktionsmöglichkeit auf Änderungen, was in den frühen Phasen der Produktentwicklung von hohem Vorteil ist und neue Möglichkeiten einer effizienten Planung zulässt. Zugleich wird aufgrund der besseren Übersicht auch die Projektsteuerung erleichtert. Die Agilität im Prozess kann nun mit den begleitenden Maßnahmen wie beispielsweise des Managements von Änderungen oder des Wissensmanagements verbessert abgebildet, umgesetzt und vor allem gesteuert werden.

Es hat sich gezeigt, dass sich viele der bisherigen Prozesse des Fallbeispiels auch mit dem iPeM abbilden lassen, wobei das iPeM mit seinem Ansatz der aktivitätenbasierten Modellierung ein Umdenken in der Prozessplanung auslöst. Unterstützt durch die Systemtechnik wird erreicht, dass zugleich alle Ziele und Objekte in ihren unterschiedlichen Versionen und Varianten abgebildet werden.

Durch diese ganzheitliche Betrachtung von Zielsystem und Objektsystem kann ein besonderer Mehrwert geschaffen werden: Mittels der expliziten Integration des Zielsystems in die Modellbildung können die Auswirkungen der oftmaligen Anpassung in der Frühen Phasen der Produktentstehung direkt aufgezeigt werden und vor möglichen Konflikten warnen.

#### **5.1.4 Zwischenfazit zum integrierten Produktentstehungsmodell als Ontologie der Methodenverortung**

Das im Rahmen der Arbeit dargestellte iPeM deckt die relevanten Handlungsfelder der Produktentstehung ab. Dadurch ist eine ganzheitliche Betrachtung der Produktentstehung möglich.

Durch die Modifikationen ermöglicht das iPeM die generationsübergreifende und ganzheitliche Modellierung des PEP. Dies führt zum einen zu einer schnellen Reaktionsmöglichkeit auf Veränderungen in den unterschiedlichen Ebenen durch den gezielten Methodeneinsatz. Insbesondere vor dem Hintergrund einer immer agiler werdenden Produktentwicklung ist dies von großem Vorteil, weil neue Möglichkeiten einer effizienten Planung entstehen. Zusätzlich wird aufgrund der besseren

Übersichtlichkeit auch die Projektsteuerung, das Methodenmanagement und das gezielte Wissensmanagement innerhalb des Prozesses erleichtert.

Die separate Betrachtung der Basisaktivitäten bietet weiter eine eindeutige Abbildungs-, sowie Reaktionsmöglichkeit auf Änderungen, was in den Frühen Phasen der PGE - Produktgenerationsentwicklung von hohem Vorteil ist, und neue Möglichkeiten einer effizienten Planung zulässt.

Hierbei ist die Frühe Phase der Produktgenerationsentwicklung nach ALBERS<sup>406</sup> wie folgt definiert:

*„Die „Frühe Phase“ der Produktgenerationsentwicklung ist eine Phase im Entwicklungsprozess einer neuen Produktgeneration, die mit der Initiierung eines Projektes beginnt und mit einer bewerteten technischen Lösung endet, die schließlich das initiale Zielsystem hinsichtlich seiner wesentlichen Elemente abdeckt. Die zur technischen Lösung gehörende Produktspezifikation als Teil des Zielsystems enthält uu. a. Informationen bzgl. der verwendeten Technologien und Subsysteme sowie deren Übernahme- und Neuentwicklungsanteile. Sie ermöglicht eine valide Bewertung des zu entwickelnden technischen Systems hinsichtlich der relevanten Parameter wie beispielsweise der Produzierbarkeit, der notwendigen Ressourcen oder des technischen und ökonomischen Risikos.“*

Zugleich wird aufgrund der besseren Übersichtlichkeit auch die Projektsteuerung erleichtert. Die Agilität im Prozess kann nun mit den begleitenden Maßnahmen, wie beispielsweise dem Management von Änderungen oder dem Wissensmanagement verbessert abgebildet, umgesetzt, sowie gesteuert werden.<sup>407</sup>

Somit wurde ein Framework geschaffen, welches die Orientierung im Prozess, die Methodenauswahl, und die Verknüpfung von Entwicklungsprozessen der PGE ermöglicht. Das iPeM kann somit als Ontologie zum Methodeneinsatz in der PGE -

---

<sup>406</sup> Albers, Rapp, u. a., 2017.

<sup>407</sup> Albers, Behrendt, u. a., 2017.

Produktgenerationsentwicklung angesehen werden.<sup>408</sup> Im folgenden Kapitel wird ein Ansatz zur Operationalisierung dieses Frameworks dargestellt.

## 5.2 Methodenempfehlung und Bereitstellung durch den „InnoFox“

In Kapitel 5.2 wird die Forschungshypothese 2 adressiert, wonach innerhalb von Problemlösungsteams in der Produktentwicklung häufig nur begrenzte Kenntnisse darüber existieren, welche Methoden es in der Breite gibt, und welche in der aktuellen Situation das größte Erfolgspotential versprechen.

In Bezug auf das Ziel der Arbeit, die Methodenakzeptanz durch das "**Wissen um Methoden**" in Unternehmen zu verbessern, wird daher der Frage nachgegangen, wie dem Produktentwickler ein transparenter Überblick über relevante, situations- und bedarfsgerechte Methoden der Produktentwicklung gegeben werden kann.

Hierzu wurde eine Applikation für mobile Endgeräte entwickelt, welche situationsspezifische Empfehlungen von Entwicklungsmethoden ausgibt. Im Rahmen dieses Kapitels wird diese Applikation vorgestellt. Der InnoFox wurde im Rahmen des bereits beschriebenen BMBF-Projekts „IN<sup>2</sup> - Von der Information zur Innovation“ gemeinsam mit sieben Unternehmen und zwei Institutspartnern entwickelt.<sup>409</sup>

Im Folgenden werden die wichtigsten Elemente des InnoFox vorgestellt.<sup>410</sup> Die Grundlage des InnoFox bildet ein praxisnaher Methodenkatalog. Mithilfe eines eigens dafür entwickelten Algorithmus werden entsprechend den Eingaben des jeweiligen Nutzers, situations- und bedarfsgerechte Methodenempfehlungen generiert. Um für unerfahrene Nutzer die Anwendung zu erleichtern, kann mithilfe eines Fragendialogs der Lösungsraum schrittweise eingegrenzt werden, was die individuelle Eignung der Methoden für die Anwendungssituation des Nutzers sicherstellt.

---

<sup>408</sup> Die hier beschriebenen Ergebnisse wurden im Rahmen der Veröffentlichung „The integrated Product engineering Model (iPeM) in context of the product generation engineering“ von Albers, Reiss, u. a., 2016. Publiziert.

<sup>409</sup> Albers, Seiter, u. a., 2015.

<sup>410</sup> Eine ausführliche Beschreibung des InnoFox ist in der Veröffentlichung „InnoFox - Situationsspezifische Methodenempfehlung im Produktentstehungsprozess“ (Albers, Reiß, u. a., 2015a.) zu finden.

### 5.2.1 Die Wissensbasis der InnoFox Applikation

Wie im Stand der Forschung gezeigt, ist die Entwicklung und Etablierung von Methoden in der Produktentwicklung kein grundsätzlich neues Thema und wurde in der Literatur häufig behandelt (Tabelle 5-3).<sup>411</sup>

Tabelle 5-3: Überblick zur Etablierung von Methoden in der Produktentwicklung

ALBERS UND SEITER <sup>412</sup>	Verbesserte Ausschöpfung vorhandener Innovationspotentiale durch Kopplung von Prozess-, Wissens- und Methodenmanagement; Ergebnisbericht des BMBF Verbundprojektes IN <sup>2</sup>
BADKE-SCHAUB <sup>413</sup>	Towards a Designer-Centered Methodology: Descriptive Considerations and Prescriptive Reflections
BIRKHOFFER ET. AL. <sup>414</sup>	Cleaning up Design Methods - Describing Methods Completely and Standardized
ENGELN <sup>415</sup>	Methoden der Produktentwicklung
GRANER <sup>416</sup>	Der Einsatz von Methoden in Produktentwicklungsprojekten: Eine empirische Untersuchung der Rahmenbedingungen und Auswirkungen
JÄNSCH <sup>417</sup>	Akzeptanz und Anwendung von Konstruktionsmethoden im industriellen Einsatz: Analyse und Empfehlungen aus kognitionswissenschaftlicher Sicht
LINDEMANN <sup>418</sup>	Methodische Entwicklung technischer Produkte: Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden
PAHL UND BEITZ <sup>419</sup>	Konstruktionslehre: Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung

<sup>411</sup> Vgl. Abschnitt 2.6

<sup>412</sup> Albers, Seiter, u. a., 2015.

<sup>413</sup> Badke-Schaub, Daalhuizen, und Roozenburg, 2011.

<sup>414</sup> Birkhofer u. a., 2002.

<sup>415</sup> Engeln, 2011.

<sup>416</sup> Graner, 2012.

<sup>417</sup> Jänsch, 2007.

<sup>418</sup> Lindemann, 2008.

<sup>419</sup> Pahl und Beitz, 2013.

---

STETTER LINDEMANN <sup>420</sup>	UND	The transfer of methods into industry
WALLACE <sup>421</sup>		Transferring Design Methods into Practice
YEH ET. AL. <sup>422</sup>		Performance improvement in new product development with effective tools and techniques adoption for high-tech industries
ZANKER <sup>423</sup>		Situative Anpassung und Neukombination von Entwicklungsmethoden

---

<sup>420</sup> Stetter und Lindemann, 2005.

<sup>421</sup> Wallace, 2011.

<sup>422</sup> Yeh, Pai, und Yang, 2008.

<sup>423</sup> Zanker, 1999.

Der InnoFox nutzt den bestehenden Pool von Methoden als „Wissensbasis“, um darauf basierend diese Sammlung aufzubauen und dann situationsgerecht zu unterstützen.

„Situationsgerecht“ bedeutet: Die Methoden werden passend zur jeweiligen Entwicklungssituation, in der sich der Entwickler aktuell im PEP befindet, empfohlen.

„Bedarfsgerecht“ heißt, dass sich die Empfehlungen nach den aktuell im Unternehmen verfügbaren Ressourcen richten.<sup>424</sup>

Das Vorgehen zum Erstellen des Methodenpools ist in Abbildung 5-7 dargestellt.



Abbildung 5-7: Vorgehen zur Erstellung des Methodenpools in IN<sup>2</sup>

Aufgrund der Einzigartigkeit eines jeden Produktentwicklungsprozesses bedarf es einer breiten Abdeckung unterschiedlicher Methoden.<sup>425</sup> Um dies in der Applikation zu

<sup>424</sup> Albers, Walter, Gladysz, Reiß, u. a., 2014.

<sup>425</sup> Vgl. Kapitel

berücksichtigen, muss eine Vielzahl an alternativen Situationen vorausgedacht und durch Methoden abgedeckt werden.<sup>426</sup>

Der InnoFox baut daher auf einem vorher entwickelten Methodenpool auf. Auf Basis zahlreicher Quellen<sup>427</sup> erstellt, bildet der Methodenpool eine umfangreiche Methodensammlung. Durch die Einbindung des Konsortiums wird die Relevanz des Pools sichergestellt. Als Grundlage der Kategorisierung dient das iPeM aufgrund seines Metamodellcharakters und der damit verbundenen Fähigkeit, unterschiedliche Prozessmodelle abbilden zu können.<sup>428</sup> Die Verortung im iPeM ermöglicht die Weiterverarbeitung und Kategorisierung der Methoden.

Zwecks Vergleichbarkeit der Methoden ist eine Dokumentation der Inhalte in standardisierten Methodensteckbriefen unabdingbar<sup>429</sup>. Durch die praxisnahe Beschreibung der Methodensteckbriefe wird die Zugänglichkeit der Methoden erleichtert.

Der so erstellte Methodenpool umfasst über 130 verschiedene Methoden der Produktentstehung und des Wissens- und Zukunftsmanagements. Tabelle 5-4 stellt den Pool der enthaltenen Methoden dar.

Tabelle 5-4: Liste der im InnoFox enthaltenen Methoden<sup>430</sup>

ABC-Analyse	Projekterfassung	Marktrecherche, -analyse
Analogiebildung	Process Failure Mode and Effect Analysis (pFMEA)	6-3-5 Methode
Archive	Punktbewertung	Mitarbeiterbefragung
Benchmark	R&D Jour Fixe	Morphologische Analyse
Best Practice Sharing	Quality Function Deployment	Nutzwertanalyse
Black-Box	Reizwortanalyse	Multidimensionale Skalierung

<sup>426</sup> Albers und Reiß, 2014.

<sup>427</sup> Lindemann, 2009; Engeln, 2011; Ehrlenspiel, 2013; Pahl und Beitz, 2013.

<sup>428</sup> Vgl. Kapitel 2.1 und Kapitel 5.1.2

<sup>429</sup> Reiß u. a., 2016.

<sup>430</sup> Albers, Seiter, u. a., 2015.

Brainstorming	Sichtung von Referenzprojekten bei der Auslegung neuer Projekten	Ordnersystem
Brainwriting Pool	Sprachnotizen	Paarweiser Vergleich
Checkliste generieren	Story Telling	Patentportfolio
Claim-Management	SWOT- Analyse	Product-Reverse Engineering
Clusteranalyse	Synektik	Mikroartikel
Unternehmensinterne Community Plattform zur Ideengenerierung	Szenario-Management <sup>TM</sup>	Planspiel
Conjoint-Analyse	Target Costing	Tobin´s q
Datenbanksystem	Technische Machbarkeitsstudie	Walt Disney Methode
Delphi Methode	Technologie Roadmapping	Wissensbilanz
Design-to-cost (DTC)	Technologiescouting	Wissensnetzwerk
FAQ Kataloge	Trendanalyse	Wissensträgerkarten
FMEA	Triadengespräch	Standardisierung Berichtswesen
Funktionsanalyse	TRIZ	TILMAG-Methode
Galeriemethode	Vernetzungsanalyse	Das wandernde Blatt
Herstellbarkeitsbewertung	Unternehmens- Wiki	
Kano-Methode	Wissensportfolio	
Konsistenzmatrix	Wissens- und Erfahrungsaustausch unter Mitarbeitern	
Knowledge Café	Vorgehensmodell zur Optimierung des Outside-In Technologietransfers	

Lessons Learned

Coaching

Damit die Methoden später aus Sicht der Entwickler mit einem hohen Maß an Akzeptanz genutzt werden, sind eine hohe Qualität bei der Beschreibung der theoretischen Inhalte und eine praxisnahe Aufbereitung von größter Bedeutung. Die Methodensteckbriefe beruhen auf vorgegebenen, inhaltlichen Bausteinen und sollen den Entwicklern einen schnellen Überblick über die Methoden liefern, eine Vergleichbarkeit der Methoden ermöglichen, und die Anwender bei der Durchführung unterstützen. Im Folgenden werden die Bausteine am Beispiel der Methoden Brainwriting Pool dargestellt (Tabelle 5-5):

Tabelle 5-5: Beispiel Methodensteckbrief Brainwriting Pool

<b>Abstract</b>	<p>Brainwriting Pool ist eine Kreativitätsmethode. Ihre Durchführung bietet sich an, wenn eine große Anzahl an alternativen Lösungen benötigt wird. Hierbei schreiben die einzelnen Workshop-Teilnehmer ihre Ideen auf Blätter und tauschen diese untereinander aus, indem sie (wenn ihnen keine neuen Ideen mehr einfallen) ihr Blatt in die Tischmitte (den Pool) legen und dafür ein fremdes Blatt dem Pool entnehmen. Durch Assoziationen werden neue Ideen generiert. Im Vergleich zum Brainstorming hat Brainwriting Pool den Vorteil, dass die Teilnehmer in konzentrierter Stillarbeit ihren individuellen Gedankengängen folgen können und weniger durch andere Teilnehmer abgelenkt werden.</p>
<b>Vorteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stillarbeit, keine Ablenkung durch andere Workshop-Teilnehmer</li> <li>• Ideen können nicht verloren gehen, da die aufgeschrieben werden</li> <li>• Kein Protokoll ist erforderlich</li> <li>• Unkomplizierte Durchführung der Methode</li> <li>• Die Moderation entfällt weitgehend</li> <li>• Kein Aufgeschlossenes Kommunikationsklima notwendig</li> </ul>
<b>Nachteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gedanken müssen niedergeschrieben werden, dadurch können Missverständnisse verursacht werden</li> <li>• Gedanken müssen niedergeschrieben werden, dadurch kann die Spontanität eingeschränkt werden</li> <li>• Mehrfachnennungen sind möglich</li> <li>• Nachbearbeitung und Strukturierung ist aufgrund vieler Ideen notwendig</li> </ul>

**Wo in welchen Situationen der Produktentwicklung haben Praxisunternehmen die Methode genutzt?**

Als Kreativitätsmethode bietet sich Brainwriting Pool bei der Generierung einer großen Anzahl an alternativen Lösungen an. Sie bietet sich vor allem bei Problemstellungen an, welche kreative Lösungen erfordern.

**Kurzbeschreibung**

Die Kreativitätsforschung begann in den fünfziger Jahren in den USA und wurde bis heute stark weiterentwickelt. Brainwriting Pool gehört zu den Kreativitätsmethoden des Brainwritings, wie beispielsweise die 6-3-5 Methode oder das Collective-Notebook. Brainwriting-Methoden sind schriftliche Formen des Brainstormings und bringen den Vorteil mit sich, dass sie Moderation stark vereinfacht wird, da die Workshop-Teilnehmer auf die Generierung von Ideen fokussiert werden und nicht dazu verleitet werden über Ideen zu diskutieren und diese frühzeitig zu bewerten.

Nach der Vorstellung der Aufgabenstellung erhält jeder Teilnehmer ein Blatt Papier, auf welches er seine Ideen schreibt. Dies macht er so lange, wie ihm neue Ideen einfallen. Anschließend legt er sein Blatt in den Pool (die Tischmitte) und entnimmt dem Pool ein Blatt eines anderen Teilnehmers. Durch das Lesen der fremden Ideen entstehen meistens neue Ideen, welche der die Teilnehmer auf dem Blatt ergänzen. Dies geht so lange weiter, wie neue Ideen entstehen. Die Durchführung führt zu einem Problem, denn wenn z. B. der erste Workshop-Teilnehmer sein Blatt in den Pool legt, muss er warten, bis ein zweiter Teilnehmer sein Blatt in die Mitte legt. So kommt es zwangsläufig zu Pausen, da regelmäßig darauf gewartet werden muss, dass paarweise die Teilnehmer ihre Blätter tauschen. Um dem zu entgehen, ist es sinnvoll wenn es mehr Blätter als Teilnehmer gibt. Dies führt zu zwei Varianten:

1. Jeder Teilnehmer hat zu Beginn zwei Blätter und beschriftet diese abwechselnd, so kann er einzelne Blätter schon zu einem früheren Zeitpunkt in die Mitte legen.
2. Bereits bekannte alternative Lösungen (aus z. B. einer Literaturrecherche oder einem weiteren Workshop) werden auf zusätzliche Blätter geschrieben, welche der Moderator ebenfalls in den Pool legt.

	<p>Tipp:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sollte eine Zuordnung der Ideen zu den einzelnen Teilnehmern zwingend notwendig sein, können die Teilnehmer Stifte mit unterschiedlichen Farben verwenden.</li> <li>• Manchmal ist es hilfreich nicht leere Blätter zu nehmen, sondern im Vorfeld eine Skizze abzubilden, dies kann bei den Teilnehmern zusätzlich zu Assoziationen führen. Möchte man z. B. identifizieren in wie weit Smartphone-Apps in Kombination mit einem Fahrzeug eingesetzt werden können, so kann es hilfreich sein eine Skizze zu erstellen, die den typischen Gebrauch eines Fahrzeugs über die Zeit abbildet (Produktion, Kauf, Gebrauch, Reparatur, Verkauf, Verschrottung).</li> </ul>
<p><b>Input (Welche Informationen gehen in die Methode ein?)</b></p>	<p>Aufgabenstellung  Literaturrecherche (als methodische Unterstützung)  Einzelinterviews (als methodische Unterstützung)  Weitere Kreativitätsmethoden (als methodische Unterstützung)  Gruppendiskussionen (als methodische Unterstützung)  Binärer Vergleich (als methodische Unterstützung)</p>
<p><b>Wesentliche Arbeitsschritte</b></p>	<p><b>Vorbereitung der Methode</b></p> <p>In einem ersten Schritt wird eine Präsentation vorbereitet zur Vorstellung des Problems und der zu verwendenden Methode. Des Weiteren müssen Werkzeuge und Hilfsmittel zur Bearbeitung bereitgestellt werden.</p> <p><b>Durchführung der Methode</b></p>

	<p>Zunächst wird die Problemstellung vorgestellt und konkretisiert sowie die zu verwendende Methode erläutert. Jeder Workshop-Teilnehmer erhält zwei Blätter, auf die die Teilnehmer jeweils unterschiedliche Ideen notieren. Sofern einem Teilnehmer keine Ideen mehr einfallen, legt er beide Blätter in den Pool zurück und nimmt ein Blatt eines anderen Teilnehmers aus dem Pool. Die Methode endet, wenn alle Teilnehmer alle Blätter gesehen haben und ihnen keine neuen Ideen einfallen. Diese Durchführungsvariante kann ergänzt/modifiziert werden, indem die bereits mit alternativen Lösungen beschriebenen Blätter verdeckt in den Pool zurückgelegt werden.</p> <p><b>Nachbereitung der Methoden</b></p> <p>Abschließend werden die Ideen konsolidiert und strukturiert. Die Bewertung der gesammelten Ideen kann anschließend erfolgen oder in einem separaten Workshop.</p>
<p><b>Output (Welche Informationen gehen aus der Methode hervor?)</b></p>	<p>Viele alternative Lösungen</p>
<p><b>Hilfsmittel</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppe von Teilnehmern</li> <li>• Schreibutensilien</li> <li>• Papier</li> <li>• Besprechungsraum oder Besprechungsecke</li> </ul>
<p><b>Ähnliche / Alternative Methoden</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brainstorming</li> <li>• 6-3-5 Methode</li> <li>• Collective Notebook</li> <li>• Galeriemethode</li> </ul>
<p><b>Quelle / Literatur</b></p>	<p>McFadzean, E. S. (1997): Improving Group Productivity with Group Support Systems and Creative Problem Solving Techniques. Creativity and Innovation Management, Vol. 6, No. 4, pp. 218–225.</p>
<p><b>Externe Berater</b></p>	<p>Kein Berater notwendig</p>

Die Kriterien bei der Erstellung der Methodensteckbriefe waren sind Leitfaden zur Befüllung der Methodensteckbriefe im Anhang V Dargestellt:

### 5.2.2 Der Methodenauswahlalgorithmus im InnoFox

Um die Auswahl von Methoden zu unterstützen, ist es wichtig, die charakteristischen Parameter einer Situation im PEP zu erfassen. Auf diese Weise soll die Eignung von

Methoden zur Erreichung spezifischer Ziele in der Produktentwicklung (Zielsystem), die Eignung für gewisse Aktivitäten der Produktentstehung und Problemlösung, inklusive der erforderlichen Ressourcen (Handlungssystem), sowie die Eignung von Methoden zur Erarbeitung bestimmter Wissensobjekte (Objektesystem) sichergestellt werden.<sup>431</sup> Die Abbildung 5-8 fasst die, für die Methodenauswahl relevanten, Auswahlkriterien zusammen.

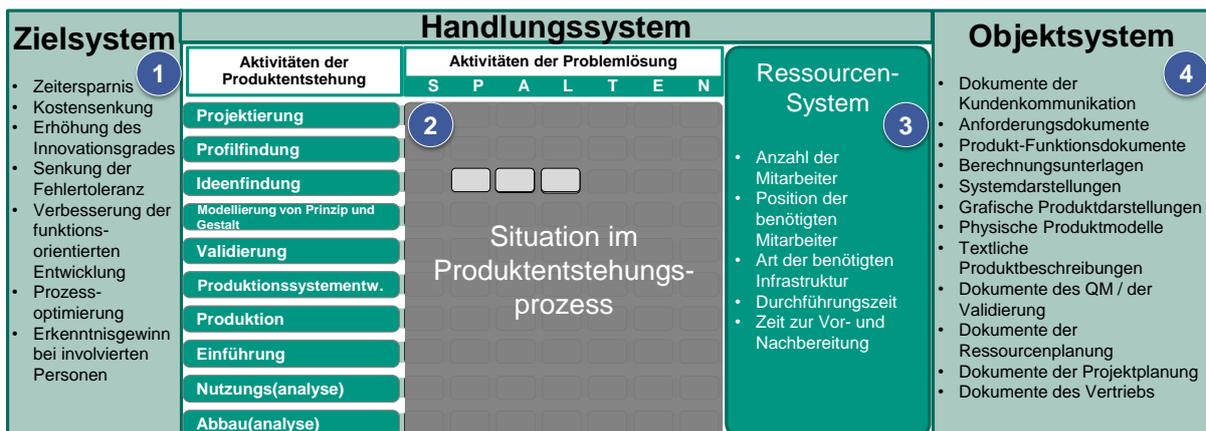


Abbildung 5-8: Systematik zur Methodenauswahl in Anlehnung an das iPeM<sup>432</sup>

Um eine möglichst fundierte Basis für die Auswahl und Empfehlung von Methoden bezüglich des **Zielsystems** (1 in Abbildung 5-9) des Methodeneinsatzes anzubieten, werden die möglichen Ziele des Methodeneinsatzes<sup>433</sup> zu sieben übergeordneten Zielkriterien zusammengefasst.

Da Methoden immer mit bestimmten Zielen verbunden sind<sup>434</sup>, kann in der Anwendung durch die Auswahl individueller Ziele, eine erste Filterung der Methoden erfolgen.

<sup>431</sup> Reiß u. a., 2016.

<sup>432</sup> Albers, Walter, Gladysz, Reiß, u. a., 2014.

<sup>433</sup> Braun und Lindemann 2004, Birkhofer et al. 2002.

<sup>434</sup> Vgl. Kapitel 2.5

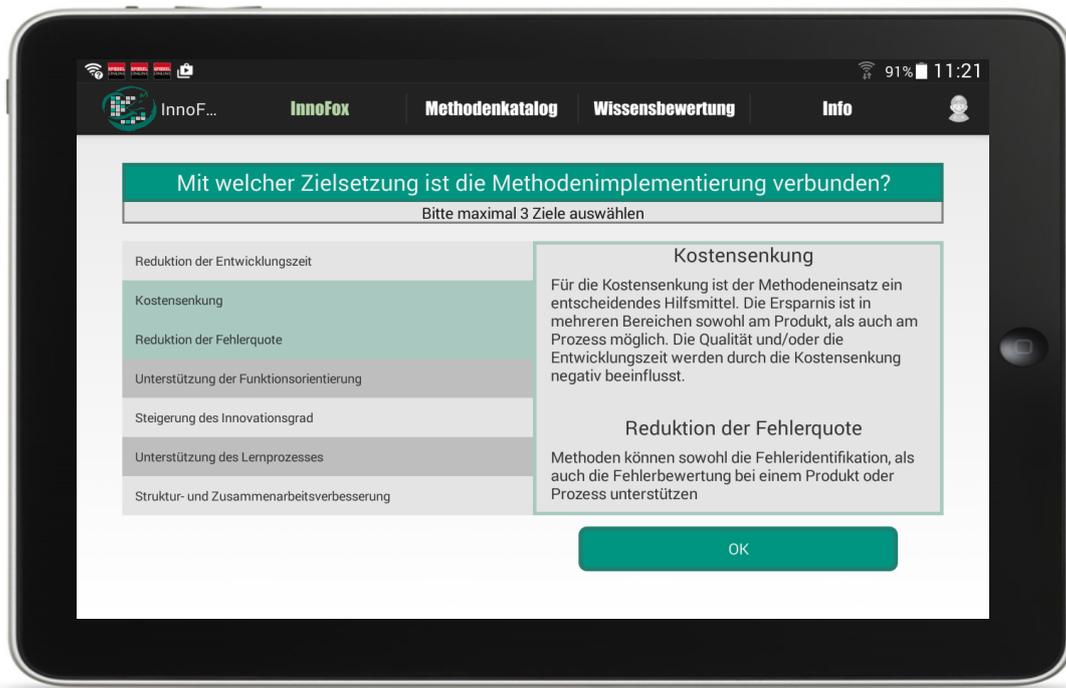


Abbildung 5-9: Zielkriterien für den Methodeneinsatz

In Tabelle 5-6 werden die für den InnoFox relevanten Zielkriterien des Methodeneinsatzes genauer beschrieben.

Tabelle 5-6: Beschreibung der Zielkriterien

Ziel	Beschreibung
Senkung der Entwicklungszeit	Die Entwicklungszeit kann durch Methoden gesenkt werden. Zu beachten ist, dass eine Verkürzung der Entwicklungszeit mit den Kosten wechselwirkt und sich negativ auf die Qualität des Produkts auswirken kann. Ein großer Kritikpunkt des Methodeneinsatzes ist der große Zeitaufwand, sodass beim Einsatz einer Methode sichergestellt werden muss, dass die angestrebte Verbesserung den Zeitaufwand der Methode rechtfertigt.
Kostensenkung	Für die Kostensenkung ist der Methodeneinsatz ein entscheidendes Hilfsmittel. Die Ersparnis ist in mehreren Bereichen sowohl am Produkt, als auch am Prozess möglich. Die Qualität und/oder die Entwicklungszeit werden durch die Kostensenkung negativ beeinflusst.
Reduktion der Fehlerquote	Methoden können sowohl die Fehleridentifikation als auch die Fehlerbewertung bei einem Produkt oder Prozess unterstützen.
Unterstützung der Funktionsorientierung	Mit einer funktionsorientierten Entwicklung soll durch kundennahes Entwickeln die Effektivität optimiert werden.

Steigerung des Innovationsgrades	des	Mit dem Methodeneinsatz wird die Erhöhung des Innovationsgrades beabsichtigt. Hierbei soll bewusst eine hohe Quantität an Lösungsalternativen erzeugt werden.
Unterstützung des Lernprozesses	des	Ein Ziel der Konstruktionsmethoden ist die „Effektivitätssteigerung“ der Fähigkeiten eines Ingenieurs. Der Methodeneinsatz stärkt die Kreativität und das Problembewusstsein der AnwenderInnen. Dabei ist nicht der Erkenntnisgewinn einer einzelnen Person, beispielsweise bei der Moderation, sondern aller AnwenderInnen von Bedeutung. Der Erkenntnisgewinn bezieht sich auf das Lernen neuer Denkansätze oder das Aufbrechen alter Denkmuster und nicht auf den Gewinn neuer Daten, beziehungsweise Informationen.

Die in Kapitel 4 vorgestellte empirische Erhebung und Prozessanalyse ermöglicht eine Zuordnung der Methoden zu den 70 Aktivitätenfeldern im **Handlungssystem** des iPeM (2 in Abbildung 5-8). Basierend auf den Analyseergebnissen und Befragungen, wird eine Einordnung der Methoden in die Rubriken „Aktivitäten der Produktentstehung“ und „SPALTEN-Aktivitäten der Problemlösung“ vorgenommen.

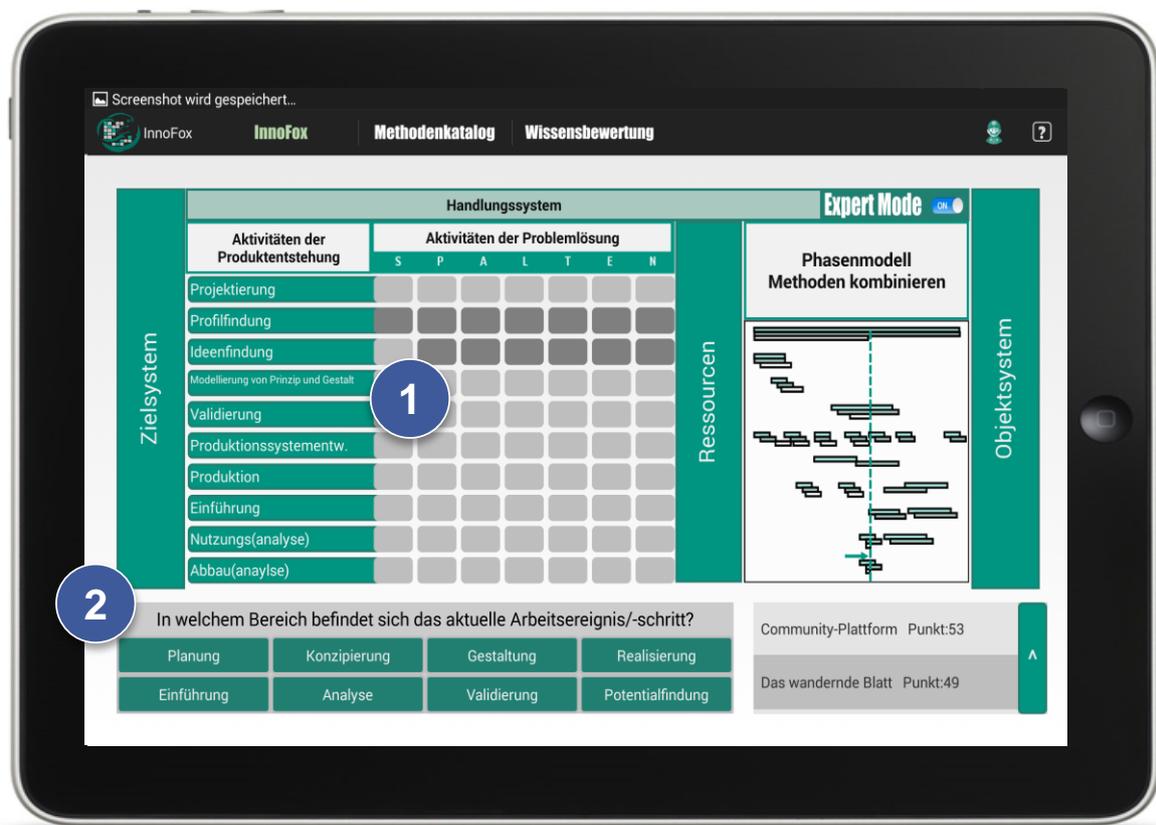


Abbildung 5-10: Situationsfestlegung im InnoFox

Eine Situation kann im InnoFox beispielsweise durch ein einziges Feld in der Aktivitätenmatrix repräsentiert werden - wie die Problemeingrenzung in der Aktivität „Ideen finden“. Sie kann aber auch ein Cluster von Einzelaktivitäten sein, wie beispielsweise die gesamte Validierung über alle SPALTEN-Aktivitäten hinweg, oder das Nachbereiten und Lernen entlang aller Aktivitäten der Produktentstehung.<sup>435</sup> Durch die Anwahl der entsprechenden Matrixfelder (1 in Abbildung 5-10) kann mit nur wenigen Klicks die Situation im PEP möglichst exakt beschrieben werden.

Ein weiteres Element der Situationserfassung ist der interaktive Fragedialog, welcher die Logik auch für Nutzergruppen zugänglich macht, die nicht mit dem iPeM vertraut sind (2 in Abbildung 5-10). Grundlage hierfür ist ein mehrstufiger Entscheidungsbaum. Der detaillierte Entscheidungsbaum ist im Anhang dargestellt.

Für die Spezifizierung des **Ressourcensystems** können die in Kapitel 2.5. beschriebenen Kriterien zur Charakterisierung einer Methode als Ausgangspunkt verwendet werden. Die Kriterien des Ressourcensystems, wie in Abbildung 5-11 dargestellt, sind aufgrund ihres aktivitätenübergreifenden Charakters von besonderer Relevanz für die Methodenauswahl.

---

<sup>435</sup> Albers und Reiß, 2014.

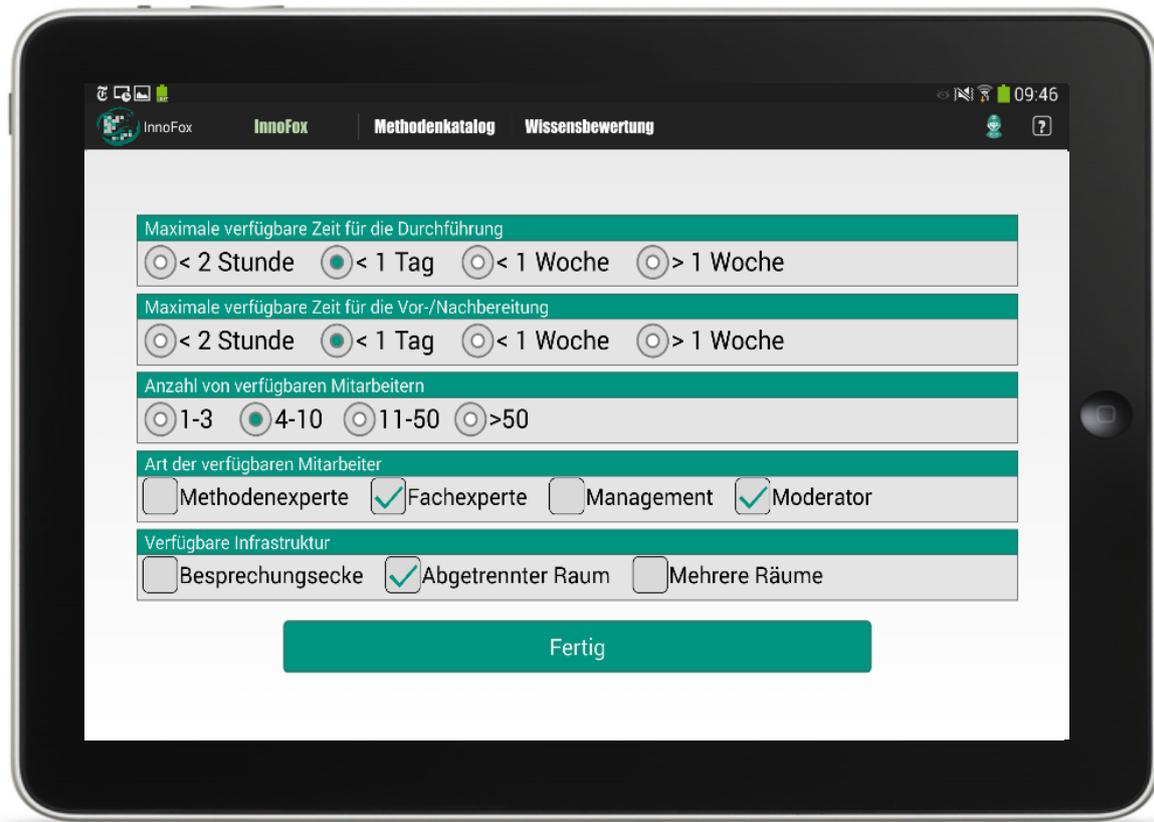


Abbildung 5-11: Auswahlkriterien des Ressourcensystems

Basierend auf der Prozesserhebung bei Unternehmen können mithilfe der ABMT<sup>436</sup> die wichtigsten Wissensflüsse in den entsprechenden Produktentstehungsphasen modelliert werden, wodurch eine Korrelation zwischen den verwendeten Methoden und den erzeugten Wissensobjekten im **Objektsystem** nachgewiesen wird.<sup>437</sup> Die Auswahl eines zu erstellenden Wissensobjekts ermöglicht somit ein weiteres Filterkriterium, was wiederum zu einer noch besser passenden Methodenempfehlung führen kann.

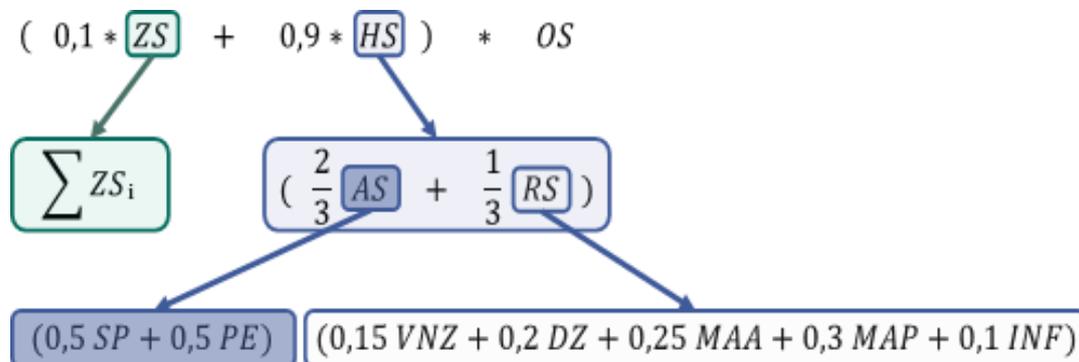
Basierend auf Expertenstudien konnte jede der 131 Methoden hinsichtlich der vorgestellten Kriterien bewertet werden. So wurde die Eignung der Methoden bezüglich der SPALTEN- und Produktentstehungsaktivitäten mittels eines Fragebogens von mindestens zwei Konsortialpartnern auf einer Skala von 1 bis 5 beurteilt. Auch die Eignung einer Methode zur Erreichung des Ziels konnte durch das Konsortium bestimmt werden. Auf diese Weise ergeben sich methodenspezifische Performancewerte bezüglich jedes Kriteriums.

<sup>436</sup> Albers, Reiß, u. a., 2013.

<sup>437</sup> Albers, Lüdcke, Bursac, und Reiß, 2014.

Um dem Nutzer die für ihn geeignetsten Methoden empfehlen zu können, vergleicht der Algorithmus des InnoFox die Eingabeparameter mit den Performancewerten der Methoden und orientiert sich dabei nach der Übereinstimmung der Parameter des Zielsystems, Handlungssystems und des Objektsystems.<sup>438</sup>

Unter Verwendung einer Nutzwertanalyse berechnet der Auswahlalgorithmus für den jeweiligen Anwendungsfall einen Kongruenzwert. Die Berechnung eines Kongruenzwertes wird bei jeder Nutzung des InnoFox für alle Methoden, die in der Methodendatenbank hinterlegt sind, nach dem Schema in Abbildung 5-12 durchgeführt. Die Gewichtungen der einzelnen Werte wurden iterativ in sechs Validierungsstudien ermittelt. Hierzu wurde der Algorithmus mit bestimmten ausgesuchten Situationsdaten, für die das Ergebnis bekannt ist, erprobt.<sup>439</sup>



- ZS: Teilkongruenzwert des Zielsystems
- HS: Teilkongruenzwert des Handlungssystems
- OS: Teilkongruenzwert des Objektsystems
- ZS<sub>i</sub>: Teilkongruenzwert von Ziel i
- AS: Teilkongruenzwert des Aktivitätensystems
- RS: Teilkongruenzwert des Ressourcensystems
- SP: Teilkongruenzwert der Aktivitäten der Problemlösung
- PE: Teilkongruenzwert der Aktivitäten der Produktentstehung
- VNZ: Teilkongruenzwert der Zeit für Vor- und Nachbereitung
- DZ: Teilkongruenzwert der Durchführungszeit
- MAA: Teilkongruenzwert der Anzahl der Mitarbeiter
- MAP: Teilkongruenzwert der Position der Mitarbeiter
- INF: Teilkongruenzwert der Infrastruktur

Abbildung 5-12: Berechnung des Kongruenzwertes für die Methoden des InnoFox<sup>440</sup>

Um die Methodenempfehlungen des InnoFox möglichst genau auf den Bedarf des Anwenders abzustimmen, werden ausschließlich die Kriterien des Zielsystems, des

<sup>438</sup> Albers, Reiß, u. a., 2015b.

<sup>439</sup> Sander und Stucky, 2013.

<sup>440</sup> Albers, Walter, Gladysz, Reiß, u. a., 2014.

Handlungssystem und des Objektsystems berücksichtigt, die der Anwender zur Charakterisierung seines Anwendungsfalles eingibt. Dies ermöglicht, die vom Anwender beim Methodeneinsatz angestrebten Ziele, seine aktuelle Handlungssituation, seine Ressourcenausstattung und den zu erstellenden Dokumenttyp in die Bewertung der Methoden miteinzubeziehen.<sup>441</sup>

Das Ergebnis der Nutzwertanalyse zeigt an, inwieweit jede einzelne Methode für den Anwendungsfall geeignet ist. So werden die geeigneten Methoden herausgestellt und nach dem Grad ihrer jeweiligen Eignung sortiert. (vgl. 1 in Abbildung 5-13)

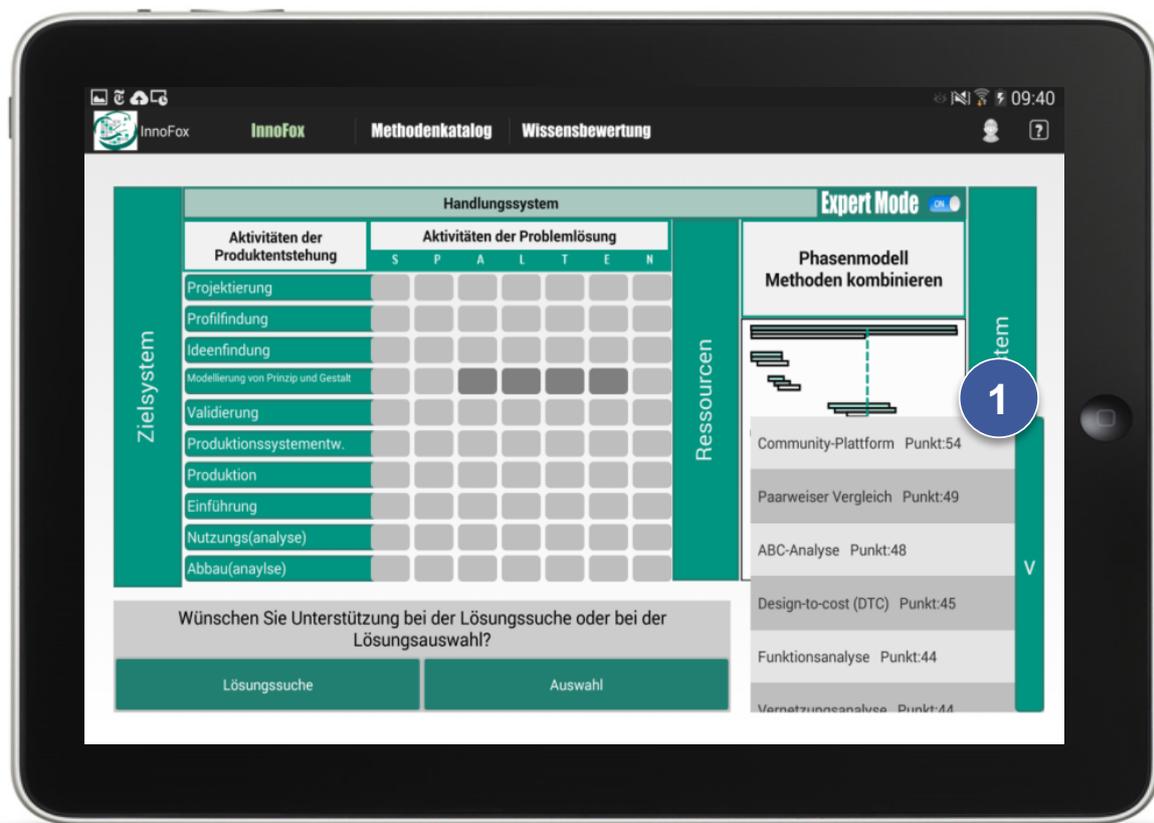


Abbildung 5-13: Methodenempfehlung des InnoFox

Basierend auf der Methodenempfehlung des InnoFox können sich die Nutzer die Steckbriefe der entsprechenden Methoden anzeigen lassen. In Abbildung 5-14 ist exemplarisch die Methode „Community Plattform“<sup>442</sup> in Form eines Steckbriefs dargestellt.

<sup>441</sup> Albers et al. 2014b

<sup>442</sup> Albers, Maul, u. a., 2015.

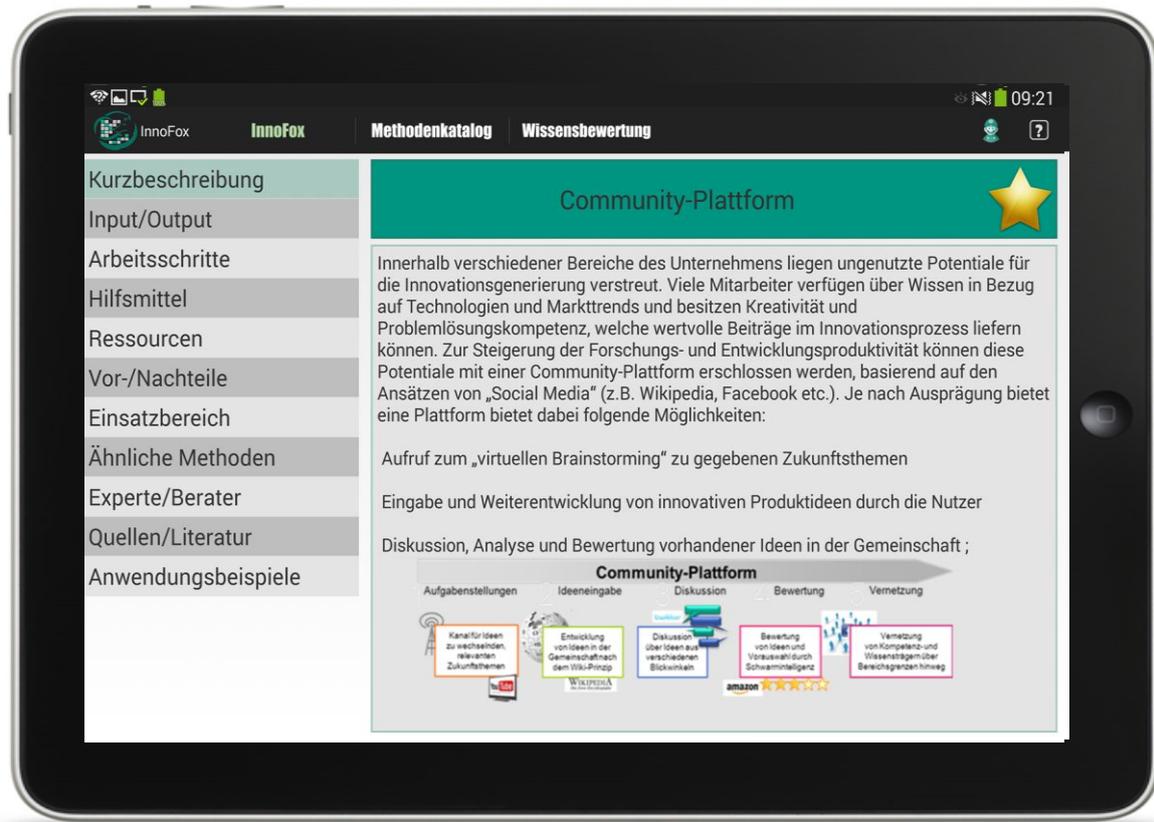


Abbildung 5-14: Methodensteckbrief Community-Plattform

Der InnoFox bietet, wie beschrieben, eine Transparenz über relevante Methoden und deren Inhalte. Schlussendlich ist jedoch der Anwender für die eigentliche Auswahl der Methode verantwortlich. Dies ermöglicht einerseits die Berücksichtigung individueller Erfahrungen, welche nicht in der Applikation abgebildet sind, und verhindert andererseits eine gefühlte Bevormundung, was wiederum zu einer Steigerung der Akzeptanz gegenüber der Anwendung und den Methoden führt.<sup>443</sup>

### 5.2.3 Validierung der InnoFox-Applikation

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Evaluation des InnoFox vorgestellt.<sup>444</sup> Das Ziel der Validierungsaktivitäten war die Absicherung des Mehrwerts des InnoFox. Hierzu wurde einerseits eine Evaluation in der Anwendungspraxis bei den Industriepartnern, aber auch eine zusätzliche Evaluation im LiveLab „Integrierte Produktentwicklung“ durchgeführt. Bei der Evaluation im Unternehmensumfeld lag der

<sup>443</sup> Reiß, Albers, und Bursac, 2017.

<sup>444</sup> Albers, Seiter, u. a., 2015.

Fokus insbesondere auf dem Mehrwert der Applikation im PEP. Hierzu wurde der InnoFox von den Unternehmen im Entwicklungsprozess eingesetzt. Anschließend wurde der Nutzen sowie die Funktionalität in Form eines strukturierten Interviews evaluiert. In der folgenden Abbildung 5-15 werden die Aussagen und die Bewertung der Anwender vorgestellt:

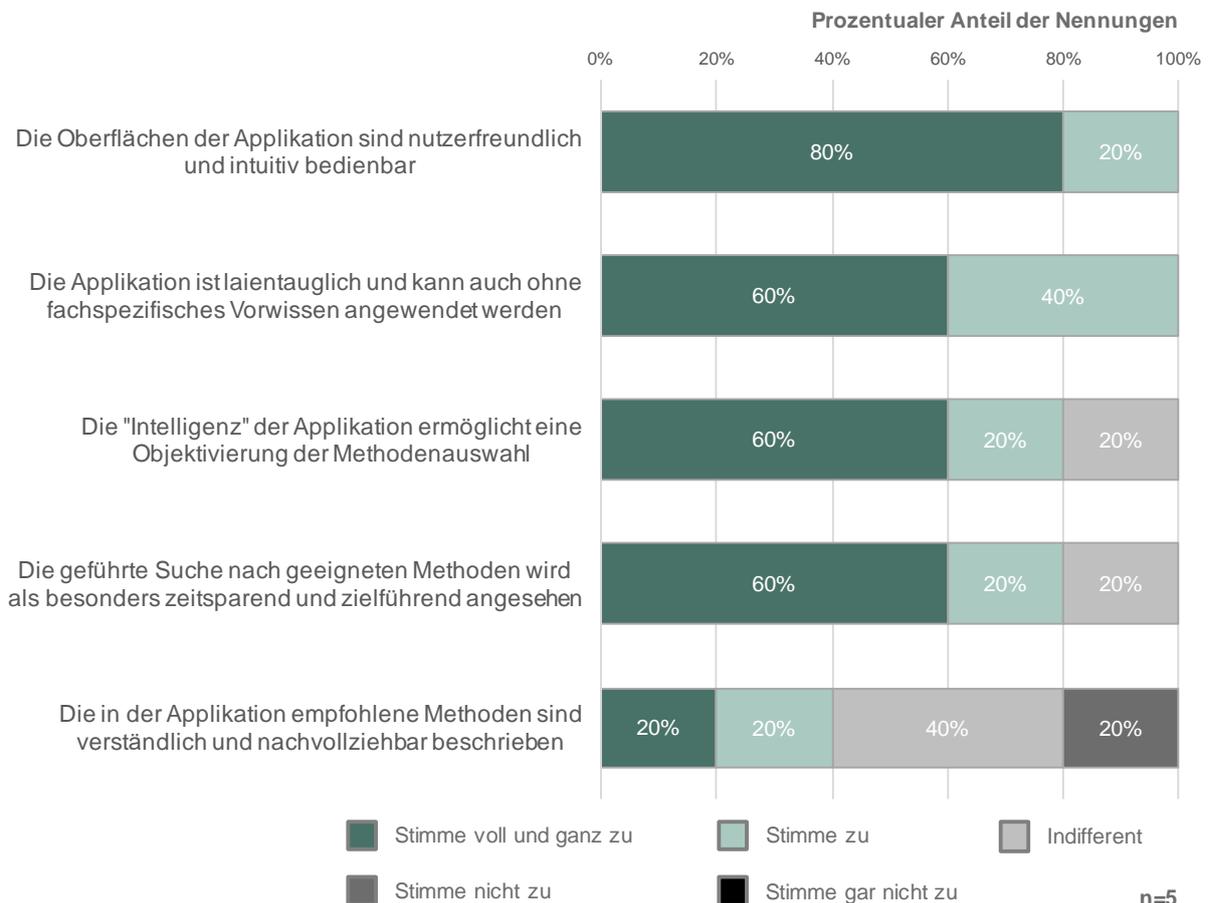


Abbildung 5-15: Bewertung es InnoFox aus Unternehmenssicht (n=5)<sup>445</sup>

Wie die Untersuchung zeigt, wird der zeitliche Aufwand der Methodensuche als sehr positiv bewertet. Somit wird der InnoFox der Anforderung nach einer effizienten Methodensuche und der aufwandsarmen Bereitstellung von „Wissen um Methoden“ gerecht.

Auch das Ziel, eine intuitive und für den Laien zugängliche Bedienung aufweisen zu können, wird durch die Evaluation bestätigt. Besonders die strukturierten Vorgaben des InnoFox bezeichneten die Anwender als sehr hilfreich. Um die Akzeptanz des Tools zu gewährleisten, ist die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der

<sup>445</sup> Reiß u. a., 2016.

Methodenempfehlungen von großer Bedeutung. Der Anspruch einer objektivierten Methodenauswahl konnte in der Studie ebenfalls bestätigt werden.

Als noch optimierungsfähig beurteilten die Teilnehmer der Evaluationsstudie die Verständlichkeit der Methodensteckbriefe. Bei Rückfragen zu diesem Aspekt wurden insbesondere der hohe Anteil an Fließtext und der Mangel an Beispielen genannt. Insbesondere diese beiden Aspekte geben dem Autor den Impuls zur multimedialen Aufbereitung von Methodeninhalten, welcher im folgenden Kapitel 5.3 ausgiebig vorgestellt wird.

Ergänzend zu der Evaluation der Projektergebnisse mit den Projektpartnern, wurde eine Evaluation mit 41 Studierenden im Rahmen des Live-Labs „Integrierte Produktentwicklung“ durchgeführt.

Ein Live-Lab<sup>446</sup> in der Produktentwicklung ist eine Untersuchungsumgebung, die es ermöglicht, Methoden, Prozesse und Werkzeuge der Produktentwicklung anhand eines möglichst realitätsnahen Entwicklungsprozesses zu erforschen und weiterzuentwickeln.<sup>447</sup> Im Rahmen vom Live-Lab „Integrierte Produktentwicklung“ bearbeiteten die TeilnehmerInnen in 7 Gruppen reale, sehr offene Entwicklungsaufgaben aus einem Unternehmen in einem gemeinsamen, circa viermonatigen Entwicklungsprojekt. Die Studierenden durchlaufen alle relevanten Phasen von der initialen Technologie- und Marktanalyse, bis hin zur Entwicklung von Prototypen.<sup>448</sup> Im Fokus der Studie standen insbesondere folgende zwei Fragestellungen:

1. Hat die Applikation das Methodenwissen und -repertoire der TeilnehmerInnen positiv beeinflusst?
2. Wie hat der Methodenempfehlungsalgorithmus in der Praxis funktioniert?

Bei wiederkehrenden und teamübergreifenden Untersuchungen parallel zum Projekt wurde das aktuelle Methodenwissen abgefragt. Zusätzlich wurden die Prozesse

---

<sup>446</sup> Vgl. Kapitel 3.4.2

<sup>447</sup> Walter u. a., 2016.

<sup>448</sup> Albers u. a., 2016.

hinsichtlich des Methodeneinsatzes analog zum Kapitel 4.2.2 „Aufnahme von real ablaufenden Produktentstehungsprozesse“ analysiert. Aus dem Abgleich der Daten mit den tatsächlich angewandten Methoden wird deutlich, dass das Methodenrepertoire bei den Studierenden signifikant gestiegen ist (vgl. Abbildung 5-16).<sup>449</sup>

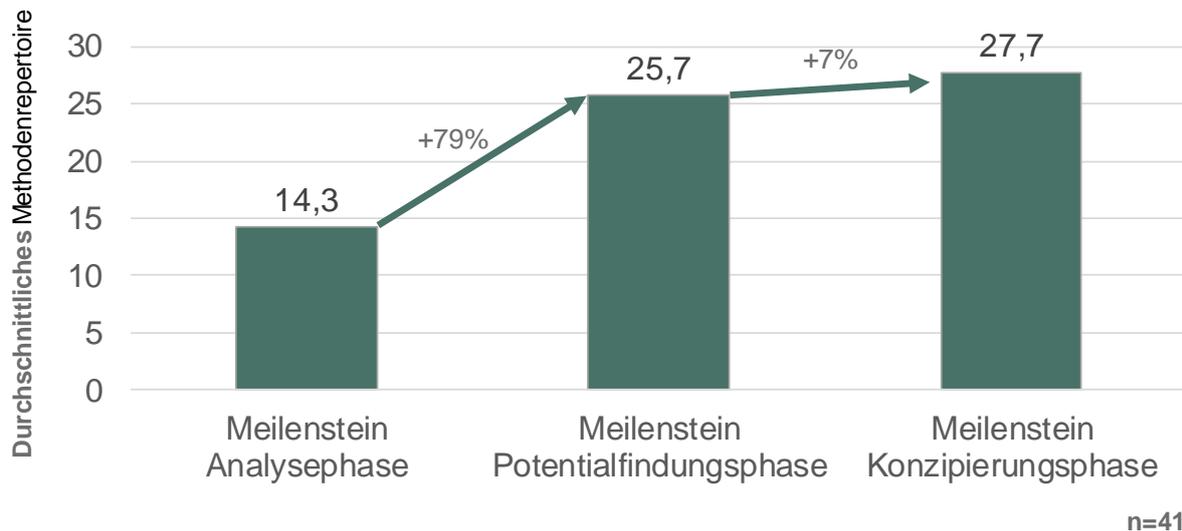


Abbildung 5-16: Gemittelte Entwicklung des Methodenrepertoires über Projektmeilensteine

Zu Beginn des Projekts wiesen die Studierenden im Durchschnitt ein Methodenrepertoire von 14,3 Methoden auf, wohingegen bereits nach vier Wochen Arbeit mit dem InnoFox (zwischen dem Meilenstein Analysephase und dem Meilenstein Potentialfindungsphase) ein Methodenrepertoire von 25,7 Methoden und nach insgesamt sieben Wochen ein Methodenrepertoire von 27,7 Methoden erreicht wurde. Dies entspricht einer Steigerung von 79% von der Analysephase zur Potentialfindungsphase bzw. von 7% von der Potenzialfindungsphase zur Konzipierungsphase. Das Methodenrepertoire umfasst die Anzahl an Methoden, welche die TeilnehmerInnen der Studie benennen, im Ablauf wiedergeben und in ihren Produktentstehungsprozess verorten können.

Insbesondere die steile Lernkurve im ersten Monat des Projekts verdeutlicht die Fähigkeit der Software, innerhalb von kürzester Zeit ein umfassendes Methodenwissen aufbauen zu können. Zusätzlich wurden durch die BetreuerInnen Methodenschulungen zu insgesamt fünf Methoden durchgeführt. Um diesen Wert

<sup>449</sup> Zur Analyse der Signifikanz wurde das Verfahren „T-Test“ mit dem Signifikanzniveau 5% verwendet. Der T-Wert betrug hierbei 5,07, was auf eine hohe Signifikanz schließen lässt.

bereinigt betrug die individuelle und nicht vom der Lehrveranstaltung vorgegebene Erweiterung des Methodenrepertoires circa 30%.

Zusätzlich wurde in der Studie untersucht, inwieweit der InnoFox die situations- und bedarfsspezifische Methodenauswahl verbessert. Die Ergebnisse sind in Abbildung 5-17 dargestellt.

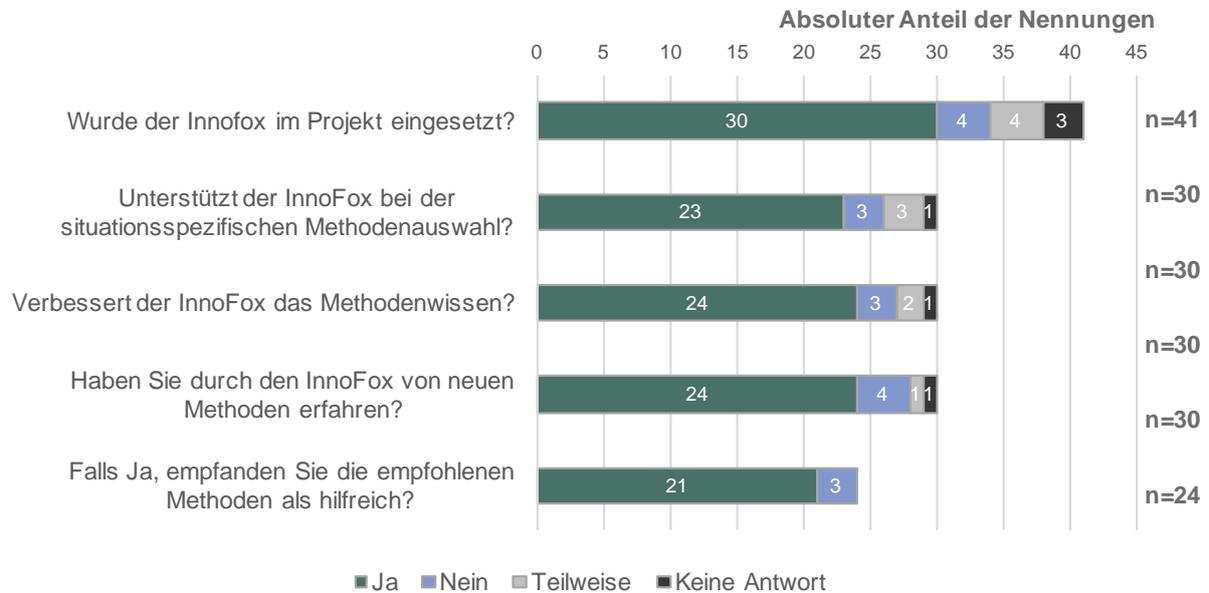


Abbildung 5-17: Validierungsergebnisse im Projekt „integrierte Produktentwicklung“

Von den 41 befragten Studierenden verwenden 30 Studierende regelmäßig die Applikation, von denen sich 23 in der Methodenauswahl unterstützt fühlen. Wie zu sehen ist, bestätigt ein großer Teil der befragten AnwenderInnen eine Verbesserung des Methodenwissens (24) und des Methodenrepertoires (24). Von den Befragten, die für sie neue Methoden angewandt haben, gaben 21 an, dass die Empfehlung hilfreich ist, was einer Quote von 87,5% entspricht.

Die Befragten gaben zusätzlich an, dass sich durch die Verbesserung der Methodenauswahl und des Methodenwissens, sowohl der Methodeneinsatz, als auch die Methodenakzeptanz im Projekt gesteigert habe.

Neben der positiven Evaluation in den LiveLabs konnten in Transferprojekten Methodenempfehlungstools, welche auf der InnoFox Applikation basieren implementiert werden.

### 5.3 Multimediale Aufbereitung von Methodeninhalten

Im vorherigen Kapitel wurde mit der Applikation InnoFox eine Möglichkeit vorgestellt, wie die Barrieren bei der Methodenanwendung durch den gezielten Verweis auf relevante Methoden reduziert werden können. Um eine durchgängige Methodenakzeptanz zu erreichen, bedarf es jedoch neben dem „Wissen um Methoden“, eine zugängliche Darstellung der Methodeninhalte. Wie in Kapitel 4 dargelegt, kann die mangelnde Anwendung von Methoden in der Unternehmens Praxis unter anderem durch die hohe Komplexität von Methoden und deren Beschreibungen, dem aus Anwendersicht hohen Abstraktionsgrad und der Praxisferne der Methodenbeschreibungen begründet werden.

Es entsteht bei den AnwenderInnen eine Zugangsbarriere zu den Methodeninhalten und somit ein Mangel an Akzeptanz gegenüber der Methode. Um den Aspekt "Verstehen von Methoden" zu unterstützen, wird in diesem Kapitel daher der Forschungsfrage 3 nachgegangen, also der Frage, wie Methoden inhaltlich und medial aufbereitet sein müssen, damit ein eingängiges Verständnis und damit einhergehend eine Steigerung der Akzeptanz bei den AnwenderInnen geschaffen werden können. Es wird hierzu eine Lösung vorgestellt, in der die Methodenakzeptanz durch die Darstellung der Methodeninhalte in einfach zugänglichen Erklärvideos zusätzlich gesteigert werden kann.

Basierend darauf, soll die in Kapitel 3.1.3 abgeleitete Forschungsfrage durch folgende Teilfragen näher spezifiziert werden:

1. Welche positiven Effekte lassen sich durch die Vermittlung von Methodeninhalten durch Videos erzielen?
2. Was sind die Erfolgsfaktoren bei der Vermittlung von Methodenwissen?
3. Wie sollte ein Video zur bestmöglichen Vermittlung von Methodenwissen aufgebaut sein?

Im Rahmen der Arbeit wurden in einem iterativen Vorgehen, basierend auf den Grundlagen zum Einsatz von Lern- und Erklärvideos (Kapitel 5.3.1), Methodenvideos (Kapitel 5.3.2) erstellt, evaluiert (Kapitel 5.3.3) und die Erkenntnisse in einem Leitfaden zur Erstellung von Methodenvideos dokumentiert (Kapitel 5.3.4). Abgeschlossen wird das Kapitel mit einem Zwischenfazit (5.3.5).

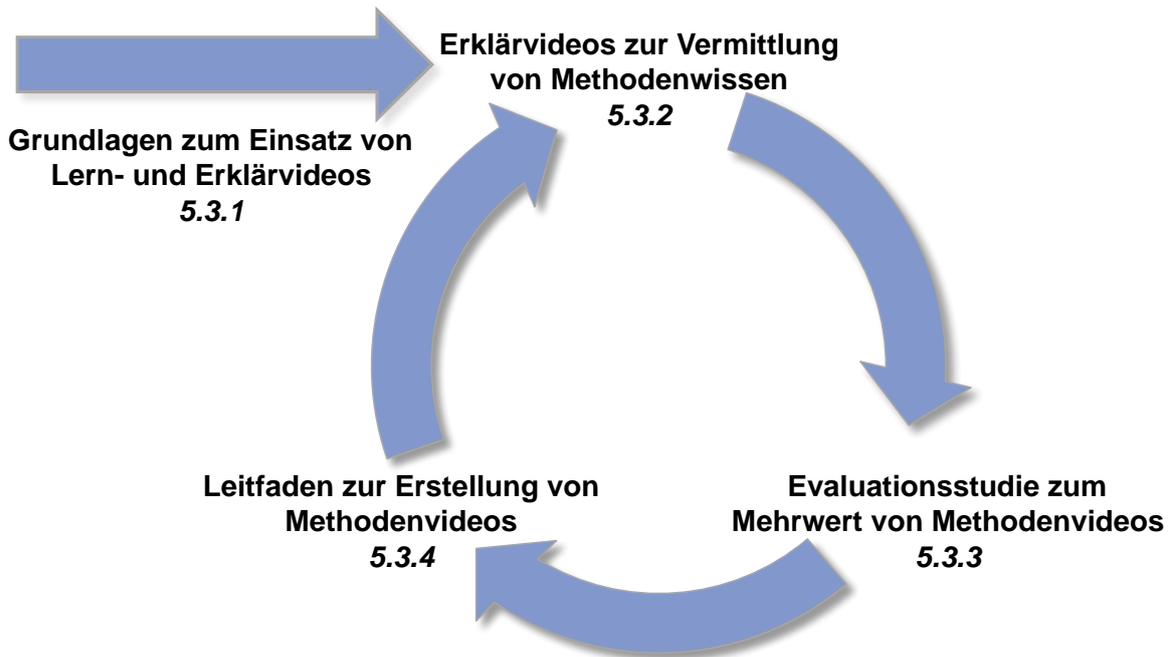


Abbildung 5-18: Vorgehen bei der Erstellung der Methodenerklärvideos

### 5.3.1 Grundlagen zum Einsatz von Lern- und Erklärvideos

Erklärvideos sind kurze, animierte Videos, die dazu dienen, komplexe Sachverhalte verständlich und anschaulich darzustellen. Im Internet werden in den letzten Jahren immer mehr Lern- und Erklärvideos bereitgestellt, in denen die verschiedensten Dinge erklärt werden. Vor allem auf den Videoplattformen YouTube<sup>450</sup> und Vimeo<sup>451</sup> gibt es zahlreiche Erklärvideos mit wissenschaftlichen Inhalten, die eine große Nachfrage haben: Allein der YouTube-Chanel „Explainity“<sup>452</sup> hat über 100.000 Abonnenten und seit seiner Gründung im März 2011 mehr als 12 Millionen Abrufe generiert. Es gibt darüber hinaus eine große Zahl an Webseiten, die sich auf das Erstellen von Erklärvideos spezialisiert haben und Videomaterial zu verschiedenen Themenbereichen anbieten - beispielsweise die Webseiten „Commoncraft“<sup>453</sup> und „Khanacademy“<sup>454</sup>.

<sup>450</sup> <http://www.youtube.com/>

<sup>451</sup> <http://vimeo.com/>

<sup>452</sup> explainity - YouTubeo. J.

<sup>453</sup> [www.commoncraft.com](http://www.commoncraft.com)

<sup>454</sup> [www.khanacademy.org](http://www.khanacademy.org)

Gerade zu Bildungszwecken werden Erklärvideos sehr häufig genutzt. Für viele SchülerInnen ist es mittlerweile üblich, nicht verstandene Unterrichtsinhalte durch Erklärvideos aus dem Internet aufzuarbeiten.<sup>455</sup> So ergab eine Studie zur Nutzung, Produktion und Publikation von Online-Videos, dass über 60 Prozent der befragten SchülerInnen YouTube-Erklärvideos zur Vorbereitung für Klausuren, Präsentationen und Referate nutzen.<sup>456</sup>

Auch an Universitäten nimmt die Bedeutung von Erklärvideos kontinuierlich zu. Ein großer Vorteil der Videos wird hier in dem individuellen Wissenszugang für die Studierenden gesehen.<sup>457</sup> Die Videos können nach Bedarf konsumiert werden, wodurch ein flexibleres Lernen ermöglicht wird.

Das Vermitteln von Wissen durch Erklärvideos ist insbesondere hinsichtlich ihrer Wirksamkeit in der Lehre vielfach untersucht worden: Die Studien konnten dabei einen positiven Effekt auf den Lernerfolg nachweisen.<sup>458</sup>

Erklärvideos bestehen aus vier grundlegenden Elementen: Bildern, Animationen, Audios und Texten.<sup>459</sup> Im Folgenden werden die Bestandteile von Erklärvideos näher vorgestellt:

**Bilder:** Es ist bekannt, dass mithilfe von Bildern Informationen viel zielgerichteter aufgenommen werden können, als durch einen bloßen Text.<sup>460</sup> Bilder aktivieren die rechte Gehirnhälfte, welche für die Intuition, Kreativität und insbesondere Neugierde verantwortlich ist. Darüber hinaus eignen sich Bilder gut für Überblicksdarstellungen oder Zusammenfassungen. Außerdem kann sich der Mensch in der Regel besser an grafische Informationen erinnern, als an rein verbale oder textuelle Darstellungen.<sup>461</sup> Zudem können mithilfe von Bildern räumliche Beziehungen wesentlich einfacher dargestellt werden, als mit Texten. Gleichzeitig können sie – im Gegensatz zu Texten – Informationen über die sichtbaren Merkmale eines Gegenstands hinaus vermitteln,

---

<sup>455</sup> Rengstorf, Thomas, und Schumacher, 2013.

<sup>456</sup> Wolf, 2015b.

<sup>457</sup> Bavendiek, Inkermann, und Vietor, 2016a.

<sup>458</sup> Berk, 2009.

<sup>459</sup> Wolf, 2015b.

<sup>460</sup> Weidenmann, 1993.

<sup>461</sup> Weidenmann, 2004.

wie beispielsweise die Farbe, die Form oder die relative Größe. Auch können Emotionen schneller und gezielter ausgedrückt werden.<sup>462</sup>

**Audio:** Videos basieren nicht nur auf visuellen, sondern auch auf auditiven Inhalten. Die Sprechertexte vermitteln Informationen, die durch spezielle Wortbetonungen, Sprechgeschwindigkeiten und Änderungen des Tonfalls akzentuiert werden können. Die Texte können in den Lernvideos verschiedene Funktionen übernehmen<sup>463</sup>, wobei die zentrale Funktion die **Informationsvermittlung** ist – also das Erklären und Erläutern von Wissensinhalten. Außerdem können sie **Emotionen mitteilen**, denn durch den Gebrauch der Stimme können Stimmungslagen viel besser ausgedrückt werden, als mit geschriebenen Worten. Außerdem erleichtert eine persönliche Ansprache mit „Du“ oder „Sie“ die Aufnahmebereitschaft der Lernenden, wodurch Inhalte leichter aufgenommen werden können und sich folglich der Zeitaufwand beim Lernen verringert.<sup>464</sup> Das **Aktivierungsniveau** und die **Aufmerksamkeit** können somit **positiv beeinflusst** werden.

Soundeffekte und Musik übermitteln die von den ErstellerInnen intensivierte Botschaft über die Tonart, die Tonhöhe oder die Klangfarbe – sie sind nonverbal-auditiv. Laut NIEGEMANN<sup>465</sup> hat Musik viele lernprozessbezogene Funktionen. So wirkt sie aufmerksamkeitssteigernd und motivierend, sie aktiviert Vorwissen, dient zur Darstellung und Strukturierung von Inhalten und hat eine Rückmeldefunktion.

Musik kann bei Lernenden gewisse Stimmungen erzeugen.<sup>466</sup> So lässt sich zum Beispiel mit ruhiger Musik eine entspannte und somit aufnahmefähige Atmosphäre erzeugen.

**Text:** Das geschriebene Wort ist eine herkömmliche Form der Wissensvermittlung. In einem Erklärvideo funktioniert Text allgemein zur Ergänzung zu Bildern. (vgl. Abbildung 5-19).

---

<sup>462</sup> Ruck, Albers, und Reiß, 2017.

<sup>463</sup> Reiss u. a., 2017.

<sup>464</sup> Ebd.

<sup>465</sup> Niegemann u. a., 2004.

<sup>466</sup> Ebd.

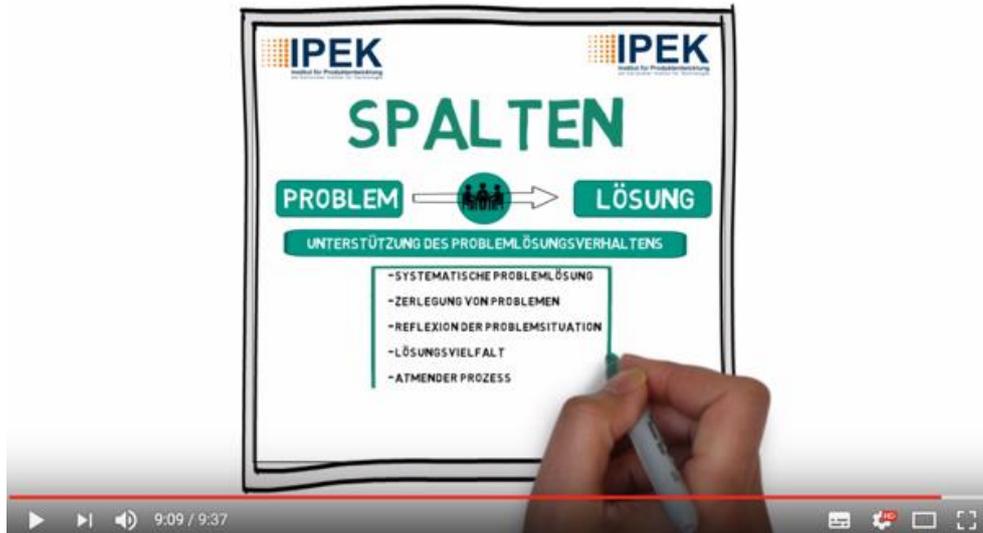


Abbildung 5-19: Erklärender Text im Video - SPALTEN Problemlösungsmethodik<sup>467</sup>

Texte können so in Standbilddarstellungen wichtige Inhalte vermitteln und Videoabschnitte zusammenfassen.<sup>468</sup> Wichtig ist hierbei, dass der Text auch von den VerfasserInnen des Videos vorgelesen wird, um keine unnötige Medienbrücke beim Rezipienten auszulösen.

**Animation:** Bei Erklärvideos werden folgende Animationsarten häufig verwendet: 3D-Animationen, Whitboardvideos, ScreenCapture-Videos, Zeichen- und Legetrickvideos. Die Art der Videos korreliert häufig mit dem behandelten Thema.<sup>469</sup>

3D-Animationsvideos (vgl. Abbildung 5-20) finden häufig bei der Funktionserklärung von technischen Bauteilen Anwendung. Für die Zuschauer ist es wichtig, dass die Gestalt der einzelnen Teile und ihr Zusammenwirken zu erkennen ist, damit die Funktion verständlich ist.

<sup>467</sup> KIT-IPEK - YouTube Kanal, Reiß, und Albers, 2016.

<sup>468</sup> Ebd.

<sup>469</sup> Chirumalla, Eriksson, und Eriksson, 2015; Reiss u. a., 2017.

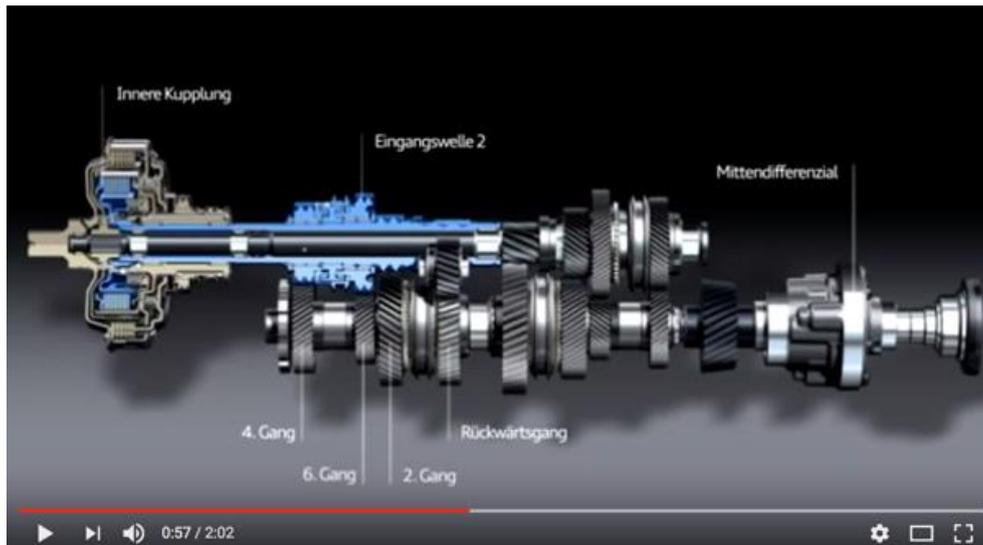


Abbildung 5-20: 3D-Animationsvideos - Wie Funktioniert ein Doppelkupplungsgetriebe?<sup>470</sup>

Whitboardvideos (vgl. Abbildung 5-21) werden hingegen häufig in der Mathematik verwendet. Hierbei steht ein Experte vor einer Tafel und zeigt der Reihe nach die einzelnen Schritte zur Lösung eines mathematischen Problems auf. Er gibt den Zuschauern das „Rezept“, damit sie selbst zur richtigen Lösung gelangen können.

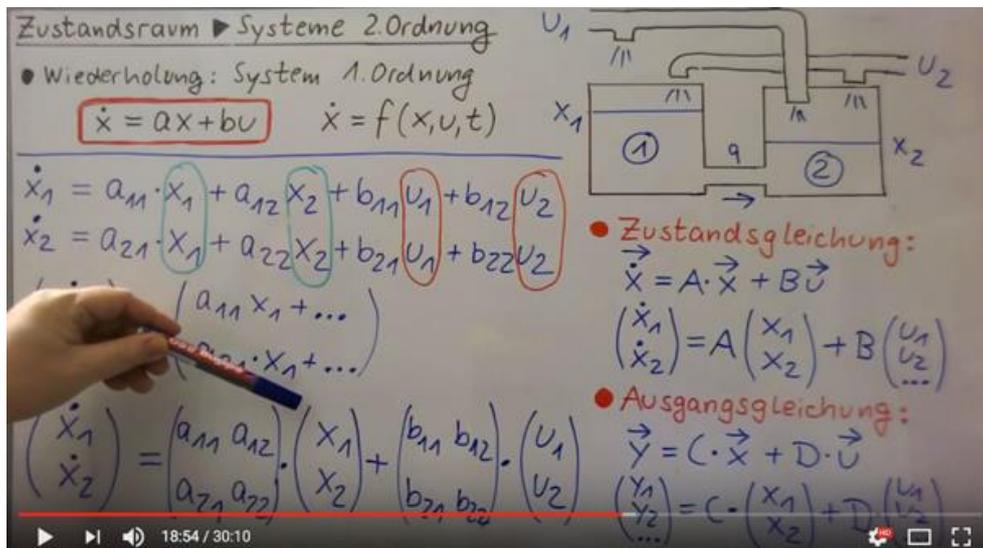


Abbildung 5-21: Whiteboardvideo - Zustandsraum System 2. Ordnung<sup>471</sup>

ScreenCapture-Videos (vgl. Abbildung 5-22), bei denen der Computerbildschirm der erklärenden Person dupliziert und somit für den Zuschauer sichtbar gemacht wird, werden häufig dazu genutzt, um Softwarefunktionen zu erklären. Dabei handelt es sich um eine reine Klickanleitung: Sie zeigen, welche Buttons nacheinander angeklickt

<sup>470</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=UbOIPUV3bcY>

<sup>471</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=yvk4ich0Ndc>

werden müssen, um zu einer bestimmten Funktion der Software zu gelangen.

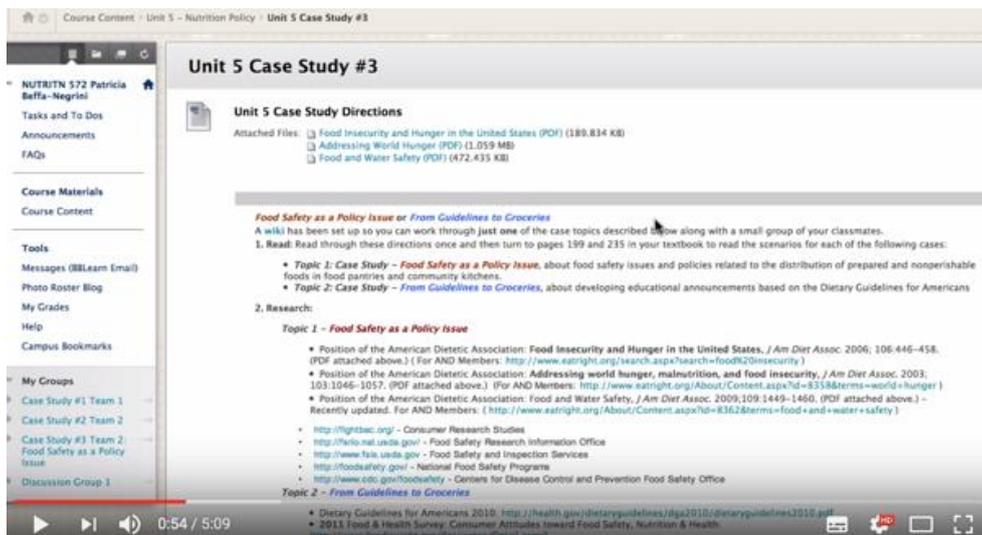


Abbildung 5-22: ScreenCapture-Videos. Wiki<sup>472</sup>

Zur Vermittlung von Handlungswissen haben sich Zeichen-, Lege-, und 2D-Animationsvideos bewährt.<sup>473</sup> Sie finden in sehr weit gefächerten Themengebieten ihre Anwendung. Durch das Vermeiden von unnötigen Reizen, können sich die Zuschauer auf die wesentlichen Inhalte konzentrieren und schwierige Relationen besser verstehen.<sup>474</sup> Bei Animationsvideos werden statische Einzelbilder in einer Sequenz so aneinandergereiht, dass dem Betrachter der Eindruck von Bewegung vermittelt wird. Somit können mithilfe der Animationen bestimmte Prozesse gut dargestellt werden. Ein *Legetrickvideo* (vgl. Abbildung 5-23) ist ein Video, bei dem vorher gezeichnete oder ausgedruckte Objekte auf einem flachen, meist einfarbigen Hintergrund bewegt werden. Dabei wird von oben gefilmt und man sieht lediglich die Zeichnung und die Hand, die die Objekte bewegt. Die Zeichnungen werden in der Regel sehr einfach gehalten. Sie liegen die meiste Zeit still. Sie können allerdings auch in Bild verschoben werden, um Zusammenhänge zu verdeutlichen oder das Video ansprechender und spannender zu gestalten.

<sup>472</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=XI79EgLbhNc>

<sup>473</sup> Poxleitner und Wetzels, 2014.

<sup>474</sup> Weidenmann, 2004.

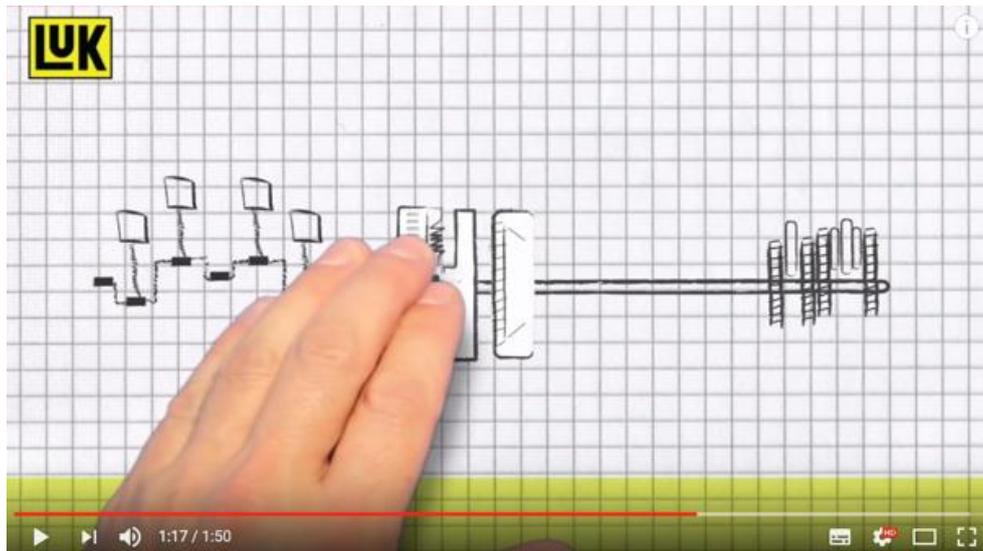


Abbildung 5-23: Legevideo - Zweimassenschwungrad (ZMS) - Einfach erklärt!<sup>475</sup>

Das *Zeichenvideo* (vgl. Abbildung 5-24) ist dem Legetrickvideo in seiner Art sehr ähnlich. Im Unterschied zum Legetrickvideo werden die Zeichnungen allerdings nicht ins Bild geschoben, sondern im Video gezeichnet. So entfaltet sich die Geschichte nach und nach vor den Augen der Zuschauer.



Abbildung 5-24: Zeichenvideo - FMEA<sup>476</sup>

Zeichenvideos sind sehr dynamisch, kurzweilig und animationsreduziert. Ein Bewegen der Figuren oder die Darstellung von einer Gestik ist zwar teilweise möglich, aber nur

<sup>475</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=r-Ng6CNzqg8>

<sup>476</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=JTI8Bm4kdkc>

in einem sehr beschränkten Maße. Dadurch wird das Video bewusst sehr einfach gehalten.

In Tabelle 5-7 werden die unterschiedlichen Formate hinsichtlich ihrer Eignung zur Erstellung von Methodenvideos miteinander verglichen. Hierbei sollten die Videos das Erzählen einer Story ermöglichen. Der Erstellungsaufwand bezüglich Zeit und weiteren Ressourcen wie beispielweise Kosten durch Spezialsoftware sollte im Verhältnis zum Mehrwert stehen. Neben der Darstellung von Beispielen ist auch die Skalierbarkeit des Videoformats von Bedeutung. So ist anzustreben, aus einer Langfassung eine kürzere „Einstiegsversion“ zu generieren, ohne ein komplett neues Video produzieren zu müssen.<sup>477</sup>

---

<sup>477</sup> Reiss u. a., 2017.

Tabelle 5-7: Vergleich der Videoformate

	3D- Animations- videos	Whiteboard- videos	Screen- Capture	Legevideos	Zeichen- videos
Storytelling	(-)	(--)	(--)	(+)	(++)
Animationen	(++)	(--)	(-)	(+)	(++)
Vermittlung von Emotionen	(+)	(-)	(--)	(+)	(++)
Wiederverwendbarkeit von (Teil-) Inhalten	(++)	(+)	(+)	(+)	(++)
Erstellungsaufwand	(--)	(++)	(++)	(--)	(-)
Ressourcenaufwand (z. B. Spezialsoftware)	(--)	(++)	(+)	(+)	(-)
Darstellung von Beispielen	(++)	(+)	(++)	(+)	(++)
Skalierbarkeit	(-)	(--)	(-)	(-)	(+)
Multimediale Informationsvermittlung	(+)	(-)	(+)	(+)	(++)

Für die im Rahmen dieser Arbeit erstellten Methoden-Erklärvideos bieten sich aufgrund des Vergleichs Zeichenvideos an. Diese ermöglichen in besonderer Weise die Vermittlung von Emotionen durch das Storytelling. Zudem können einzelne Szenen produziert werden, und in unterschiedlichen Skalierungsstufen im Methodenvideo eingebettet werden. Außerdem können Zeichenvideos sehr einfach erstellt werden, ohne dass eine lange Einarbeitungszeit in die Aufnahmetechnik und in die Hard- und Software nötig ist. Ein weiterer Vorteil ist, dass Veränderungen relativ einfach eingearbeitet werden können. Dazu muss lediglich eine kleine Veränderung in der Software vorgenommen werden. Bei gefilmten Legevideos ist es notwendig, das Video beziehungsweise Abschnitte des Videos, neu zu filmen. Zusätzlich kann mit der Wahl

des Zeichenvideos der Effekt, dass sich ein Bild vor den Augen der Zuschauer aufbaut, genutzt werden.

### **5.3.2 Portfolio der Erklärvideos zur Vermittlung von Methodenwissen**

Bisher ist der Einfluss von Erklärvideos auf den Wissenstransfer in der Produktentwicklungspraxis noch wissenschaftlich unerforscht. In diesem Abschnitt wird der Frage nachgegangen, wie die Methodenakzeptanz durch dieses Medium gesteigert werden kann. Es wird untersucht, wie ein Video zur Vermittlung von Methodenwissen aufgebaut sein muss, und welche Erfolgsfaktoren bei der Vermittlung von Methodenwissen durch das Videoformat von Bedeutung sind. Hierzu wurden unterschiedliche Erklärvideos erstellt. In Abbildung 5-25 ist das Portfolio der erstellten Erklärvideos dargestellt. Alle Videos, die im Rahmen dieser Arbeit entstanden sind, wurden mit der Videosoftware „Videoscribe“ erstellt.<sup>478</sup>

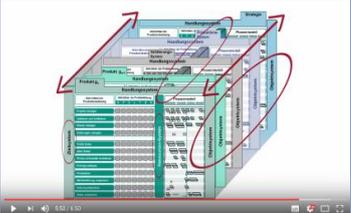
---

<sup>478</sup> Die Videos wurden im Rahmen der vom Autor betreuten studentischen Abschlussarbeiten von Richter, 2016 und Diestmann, 2016 erstellt, und auf dem KIT-IPEK-YouTube-Kanal <https://www.youtube.com/user/KITIPEK> veröffentlicht.

### Grundlagen Produktentwicklung



Das ZHO System



iPeM

### SPALTEN Aktivitäten

S



P



A



L



T



E



N



### Methodenvideos



Szenarien



Persona



6-3-5



Sounding-Board



FMEA



Scrum



Methodenvideos

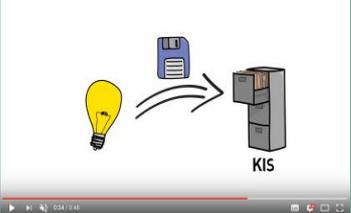
### Grundlagen SPALTEN



Problemlösungsteam



Informationscheck



Kontinuierlicher Ideenspeicher

Abbildung 5-25: Erstellte Erklärvideos zu Vermittlung von Methodenwissen<sup>479</sup>

<sup>479</sup> Reiss u. a., 2017.

Die erstellten Videos können in drei Kategorien eingeordnet werden:

Bei den Videos zur Vermittlung von *Grundlagenwissen der Produktentwicklung* wird beim Rezipienten eine Wissensbasis bezüglich relevanter Modelle und Zusammenhänge in der Produktentwicklung geschaffen. Insbesondere wird auf das erweiterte ZHO-Model und das iPeM eingegangen.<sup>480</sup>

Die Videos zur Vermittlung von *Grundlagenwissen der Problemlösung* vermitteln Handlungswissen zu allgemeinen methodischen Problemlösungen, während die *Methodenvideos* Abläufe, Beispiele und Erfolgskriterien von konkreten Methoden vermitteln. Die erstellten Methodenvideos decken in der Breite sämtliche SPALTEN-Elemente, wie die Problemlösungsaktivitäten, das Problemlösungsteam, den Informationscheck und den kontinuierlichen Ideenspeicher ab.

Das Video zur FMEA-Methode, welche insbesondere im Zuge der „Tragweitenanalyse“ verwendet werden kann, wird im Folgenden detailliert beschrieben:

Die FMEA-Methode ist zwar auf den ersten Blick komplex, ermöglicht aber durch ihre exakten Beschreibungen und durch das FMEA-Formblatt ein sehr klares und strukturiertes Vorgehen. Mithilfe des Erklärvideos werden die einzelnen Schritte genau erläutert. Es fungiert als eine Art Leitfaden, ohne aber den Moderator vollständig zu ersetzen. Denn zur erfolgreichen Anwendung der Methode ist viel Erfahrungswissen für das gezielte Hinterfragen der Fehler und ihrer Ursachen notwendig.

Mit dem Erklärvideo wird ein Anwendungsbeispiel gegeben, das als Vorlage genutzt werden kann. Außerdem werden auch hier die methodenspezifischen Begriffe genannt und erläutert (vgl. Abbildung 5-26).



Abbildung 5-26: Erklärung Funktionsanalyse und Fehlerfolgen / Fehlerursachen innerhalb der FMEA<sup>481</sup>

<sup>480</sup> Richter, 2016, Betreute Abschlussarbeit.

<sup>481</sup> Diestmann, 2016, Betreute Abschlussarbeit, KIT-IPEK - YouTube Kanal, Reiß, und Albers, 2016.

Die Methode wird hierbei durch eine Handlung beschrieben, bei der ein, auf das Zielpublikum ausgerichtetes, Thema mit technischem Hintergrund gewählt wurde. Im Sinne des Storytelling wurde folgende Handlung entwickelt: Ein junger Erfinder baut zusammen mit seinen Freunden aus alten Fahrrädern Anhänger und möchte diese verkaufen (Abbildung 5-27). Dazu wird ein Startup gegründet. Da es Befürchtungen gibt, dass die Markteinführung durch Fehler am Produkt misslingen könnte, und Kunden zu gesundheitlichem Schaden kommen könnten, entscheiden sich die drei eine FMEA zu ihrem Produkt durchzuführen.

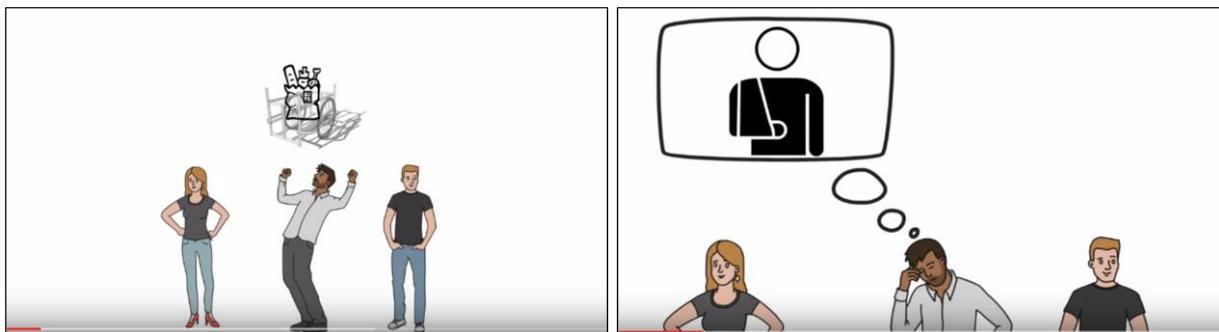


Abbildung 5-27: Storytelling in Videos<sup>482</sup>

Beim Storytelling wird der Sachverhalt auf eine möglichst einfache Art und Weise in einer Geschichte erzählt.

Ein Gedanke, der durch eine Geschichte vermittelt wird, wird erst aufgenommen, dann erlebt, empfunden und schließlich verinnerlicht<sup>483</sup>. Der Rezipient ist somit emotional involviert und der Inhalt wird nicht nur rational, sondern auch emotional aufgenommen. Ein Grundgedanke im Storytelling ist die Identifikation. Durch diese wird eine Relevanz des Themas für den Zuschauer geschaffen, und er denkt mit. Dadurch steigt sowohl die Aufmerksamkeit, als auch die Informationsaufnahmefähigkeit.

In der Geschichte wird die exemplarische Risikobewertung anhand des Fehlers „Lösen der Kupplung“ durchgeführt. Dazu wird dieser Fehler in einem ersten Schritt in Bezug auf Bedeutung, Auftretenswahrscheinlichkeit und Entdeckungswahrscheinlichkeit bewertet. Hierfür wird im Video ein FMEA Formblatt genutzt (Abbildung 5-28 rechts).

<sup>482</sup> Diestmann, 2016, Betreute Abschlussarbeit, KIT-IPEK - YouTube Kanal, Reiß, und Albers, 2016.

<sup>483</sup> Brown, 2005.



Abbildung 5-28: Fehleranalyse (links) und -bewertung im Video (rechts)<sup>484</sup>

Im Video werden drei Abstellmaßnahmen gezeigt, welche die RPZ-Werte der Bedeutung, der Auftretenswahrscheinlichkeit und der Entdeckungswahrscheinlichkeit herabsetzen sollen (Abbildung 5-29 links). Bei Fehlern, die als risikoreich eingeschätzt werden, sollte darauf geachtet werden, alle drei Bereiche durch Abstellmaßnahmen positiv zu beeinflussen, und sich nicht auf nur einen Bereich zu beschränken.

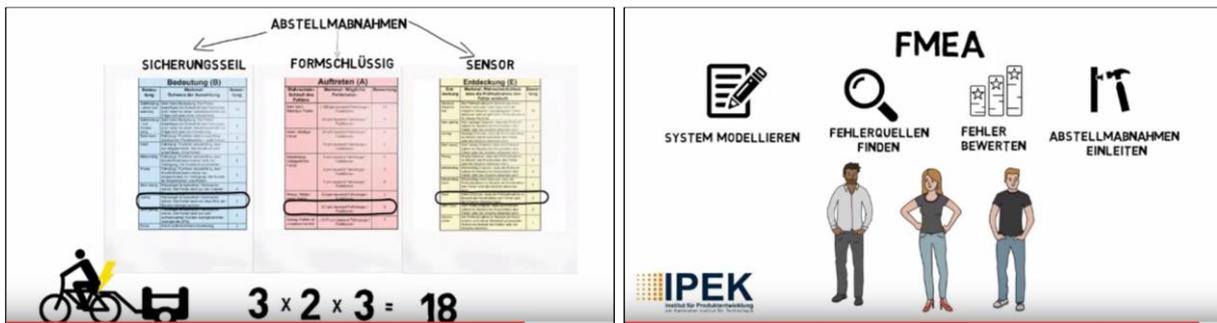


Abbildung 5-29: Abstellmaßnahmen (links) und Zusammenfassung der Methode (rechts)<sup>485</sup>

Bei der erneuten Risikobewertung im Video, bei der die Abstellmaßnahmen berücksichtigt werden, ist die Risikoprioritätszahl niedrig genug, womit die Wirkung der Abstellmaßnahmen veranschaulicht wird.

Das Video endet mit einer Zusammenfassung, in der alle Phasen der FMEA noch einmal kurz gezeigt werden. Hierzu wird am Ende ein sogenanntes „Freeze“ eingefügt, also ein Standbild, das nochmal einen Überblick über die Methode gibt (Abbildung 5-29 rechts).

<sup>484</sup> Diestmann, 2016, Betreute Abschlussarbeit, KIT-IPEK - YouTube Kanal, Reiß, und Albers, 2016.

<sup>485</sup> KIT-IPEK - YouTube Kanal, Reiß, und Albers, 2016.

### 5.3.3 Evaluationsstudie zum Mehrwert von Methodenvideos in der Produktentwicklung

Das Erklärvideo zur FMEA<sup>486</sup> wurde in einer Validierungsstudie im Live-Lab „Integrierte Produktentwicklung“<sup>487</sup> validiert. Im Rahmen von Live-Labs bearbeiten geeignete Probanden, wie beispielsweise Studierende technischer Studiengänge aus höheren Fachsemestern, reale Entwicklungsaufgaben aus einem Industrieunternehmen in einem gemeinsamen, ca. viermonatigen Entwicklungsprojekt, wobei sie von wissenschaftlichen Mitarbeitern angeleitet werden, die ihr Wissen zu Prozessen, Methoden und Werkzeugen weitergeben.<sup>488</sup> Im Schwerpunktfach IP bearbeiten 42 Studierende in sieben Entwicklungsteams im Wintersemester zusammen (Größenordnung: 16 ECTS bzw. 480 Stunden pro Studierendem)<sup>489</sup>. Die Studierenden verfügen über fest Teaminseln am Institut und können verschiedenste Infrastruktureinrichtungen nutzen (z. B. Kreativitätslabor, Prototyping-Center, ...). Zur Bearbeitung ihrer Aufgaben wählen die Studierenden Methoden, Prozesselemente und Werkzeuge selbstständig aus und adaptieren diese, sofern dies notwendig ist. Aufgrund der großen Teilnehmeranzahl sowie des umfangreichen Arbeitseinsatzes der Studierenden lassen sich in IP sowohl explorative als auch statistisch signifikante Studien durchführen.<sup>490</sup>

Für die Validierungsstudie wurde eine Aufgabenstellung entwickelt, anhand derer die sieben Gruppen des Projekts eine FMEA zu einem Kugelschreiber durchführen sollten. Die im Rahmen der Validierungsstudie durchgeführte FMEA sollte zusätzlich eine Übung für die Teilnehmer des Projekts darstellen, da diese im Verlauf des Projekts eine FMEA an dem von ihnen selbst entwickelten Produkt durchführen sollten.

Ziel der Studie ist eine Validierung der Auswirkung eines Erklärvideos auf den Methodeneinsatz.<sup>491</sup> Dabei wurde untersucht, welche Folgen die Nutzung von

---

<sup>486</sup> Eberhardt, 2013; DIN, 2006.

<sup>487</sup> Albers, Bursac, u. a., 2017.

<sup>488</sup> Walter u. a., 2016.

<sup>489</sup> Albers, Bursac, u. a., 2017.

<sup>490</sup> Albers u. a., 2016.

<sup>491</sup> Die Validierungsstudie wurde im Rahmen der Publikation Reiss u. a., 2017. „Understanding Design Methods : Using Explanatory Videos for Knowledge Transfer in Engineering Disciplines“ auf der Cirp Design 2017 veröffentlicht.

Erklärvideos auf die Einarbeitungszeit hat, ob sie Einfluss auf die Sicherheit der TeilnehmerInnen bei der Anwendung der Methode haben, ob sie Auswirkungen auf die Qualität und Quantität der Ergebnisse haben und ob sie dabei helfen können, die Motivation für die erneute Anwendung der Methode zu steigern.

Im Rahmen der Studie wurde der Versuchsgruppe das Methodenvideo zur FMEA bereitgestellt, während die Kontrollgruppe ohne Video teilnahm. Ansonsten hatten beide Gruppen exakt die gleichen Rahmenbedingungen. Sie hatten die Möglichkeit, beliebige zusätzliche Informationsquellen zur FMEA zu nutzen – zum Beispiel den in Kapitel 5.2. beschriebenen InnoFox.

Die Bearbeitung der Aufgabenstellung sollte ohne einen Informationsaustausch zwischen den Gruppen stattfinden, um eine möglichst gute Vergleichbarkeit zu erhalten. Es wurde zusätzlich darauf geachtet, dass während der Bearbeitung der Aufgabenstellung lediglich Fragen zur Aufgabenstellung und zum Ablauf der Studie beantwortet wurden, nicht aber zur FMEA selbst.

Um eine freie Entscheidung über die Nutzung des Erklärvideos zu gewährleisten, wurde bei der Durchführung der Studie nicht erwähnt, dass es um die Validierung des Erklärvideos geht.

Innerhalb von 90 Minuten sollte eine Risikobewertung zum vorgegeben Produkt stattfinden und dokumentiert werden. Außerdem sollten die Gruppen eine dreiminütige Präsentation vorbereiten, in der sie ihre Ergebnisse und das Vorgehen bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung vortragen sollten. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Evaluationsstudie erläutert.

Dadurch, dass im Live-Lab „Integrierte Produktentwicklung“ in der anschließenden Phase eine FMEA zum entwickelten Produkt durchgeführt und dem Unternehmenspartner übergeben werden musste, war die Motivation zur Durchführung der Studie sehr hoch, was wiederum auf realitätsnähere Ergebnisse schließen lässt.

### **Empfundene Sicherheit bei der Anwendung der Methode**

Ein Ziel, das durch die Nutzung von Methodenvideos erreicht werden soll, ist es, den Anwendern Sicherheit bezüglich der Methodenanwendung zu vermitteln. In Abbildung 5-30 sind die Ergebnisse der Befragung bezüglich der empfundenen Sicherheit bei der

---

FMEA-Anwendung und dem Informationsgehalt der Videos auf einer Likert Skala dargestellt.

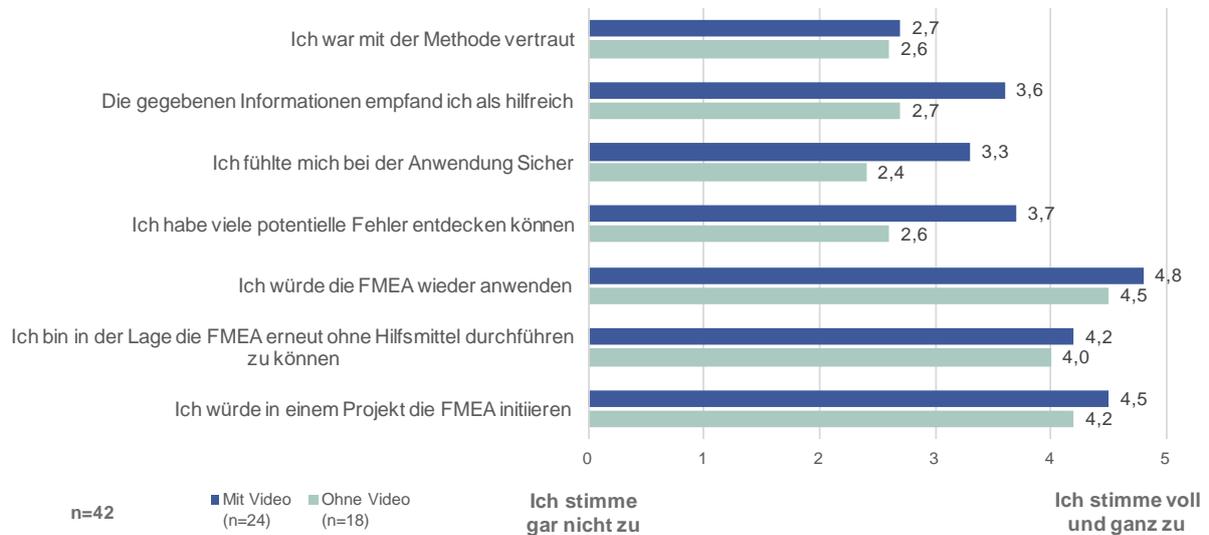


Abbildung 5-30: Empfundene Sicherheit bei der Anwendung der Methode

Um repräsentative Aussagen treffen zu können, ist es wichtig, dass die Vorkenntnisse der TeilnehmerInnen auf einem ähnlichen Niveau liegen. Die Betrachtung der Gruppen (2,7 mit Video und 2,6 ohne Video) hinsichtlich ihrer Vertrautheit mit der FMEA lässt eine Vergleichbarkeit der folgenden Ergebnisse zu.

Durch die Studie wird ersichtlich, dass die TeilnehmerInnen, die ein Video zur Vorbereitung zur Verfügung gestellt bekamen, eine deutlich höhere Zufriedenheit mit den gegebenen Informationen aufzeigen. Zusätzlich wurde eine größere Sicherheit bei der Anwendung der Methode empfunden.

Außerdem ist zu erkennen, dass die TeilnehmerInnen der Projektteams mit Video der Meinung waren, einen größeren Anteil der möglichen Fehler entdeckt zu haben.

Ein signifikanter Unterschied der beiden Gruppen bezüglich der Fähigkeit, die Methode ohne Hilfe durchzuführen und der Motivation, eine FMEA zu initiieren, konnte nicht festgestellt werden. Zur Analyse der Signifikanz wurde das Verfahren „T-Test“ mit dem Signifikanzniveau 5% verwendet. Der T-Test prüft Mittelwertunterschiede in der Stichprobe gegen die Nullhypothese. Heraus kam hier, dass die Mittelwerte für beide Gruppen in der Grundgesamtheit gleich sind.

### Verständnis der Methode

In Abbildung 5-31 wird auf die auftretenden Probleme bei der Methodendurchführung genauer eingegangen.

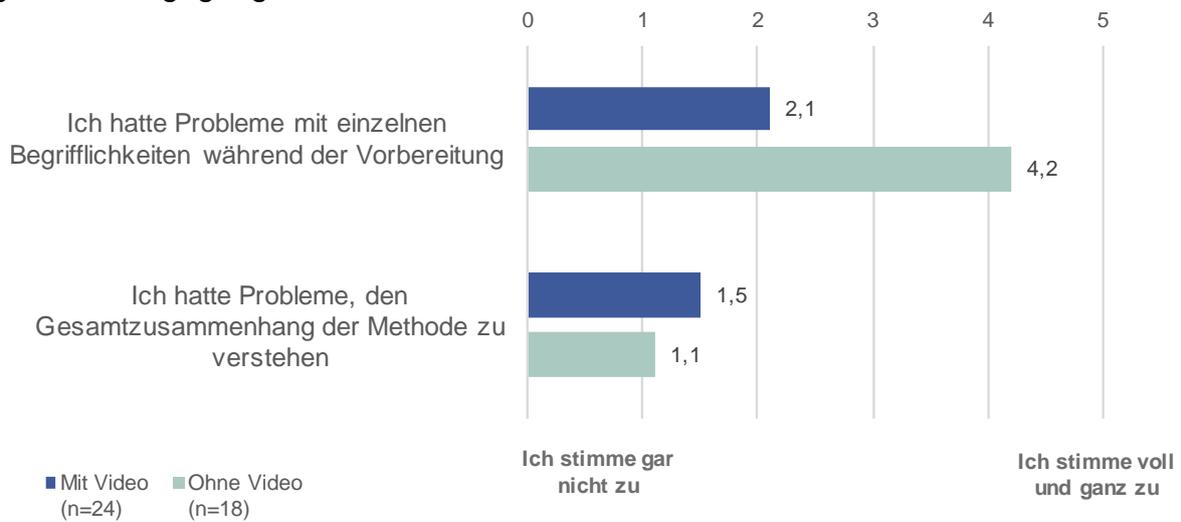


Abbildung 5-31: Probleme bei der Anwendung der Methode

Bezüglich der Begrifflichkeiten gaben die TeilnehmerInnen der Projektgruppen mit Video seltener an, Probleme mit denselben gehabt zu haben. Zusätzlich gaben TeilnehmerInnen ohne Video zwar häufiger an, Probleme mit dem Verständnis des Gesamtzusammenhangs der Methode zu haben, jedoch sind beide Werte auf einem so geringen Niveau, dass kein signifikanter Unterschied festgestellt werden konnte.

### Effiziente und effektive Methodenanwendung

Bei der Analyse, wie lange die Teams gebraucht haben, bis sie mit der FMEA beginnen konnten, wurde die benötigte Zeit bis zur ersten Befüllung des Formblatts gemessen. (vgl. Abbildung 5-32)

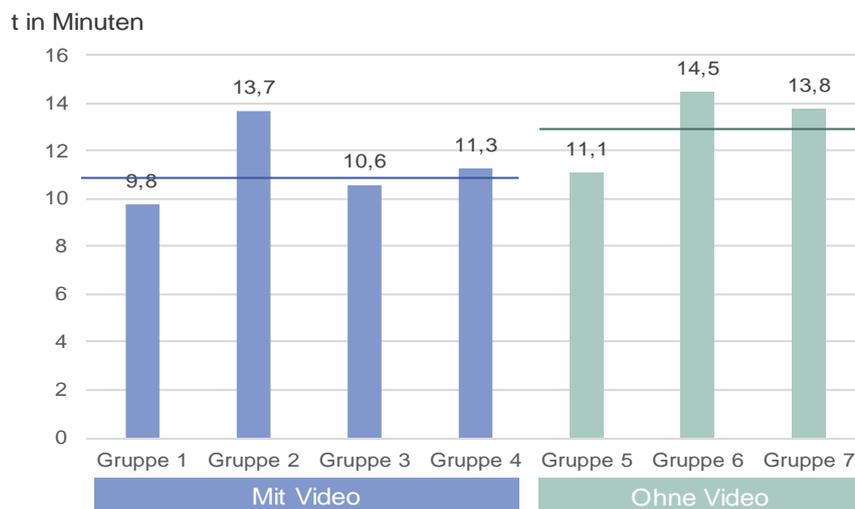


Abbildung 5-32: Einarbeitungszeit in die Methode mit und ohne Video

Die Zeit betrug bei den TeilnehmerInnen ohne Video im Durchschnitt etwa 1,5 Minuten mehr, als bei den TeilnehmerInnen mit Video. Dies entspricht circa 12% der Einarbeitungszeit. Die Werte wurden mittels des Pearson Tests auf Korrelation untersucht (Korrelationswert  $R=0,51$ ). Dies ist eine moderate positive Korrelation, was bedeutet, dass es eine Tendenz für eine längere Einarbeitungszeit ohne Video gibt. Eine signifikante Korrelation konnte mittels des T-Tests jedoch nicht nachgewiesen werden.

Neben der Effizienz wurde auch die Qualität der Ergebnisse verglichen. Als Kennzahl hierfür werden die von den Gruppen identifizierten Fehlerursachen verwendet (Abbildung 5-33).

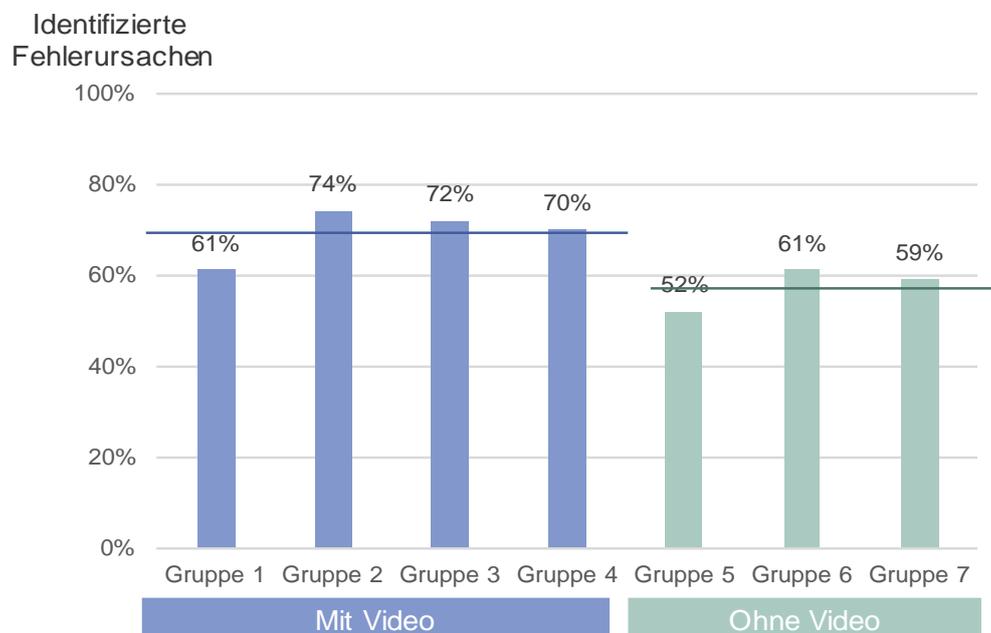


Abbildung 5-33: Identifizierte Fehlerursachen mit und ohne Video

Um die Qualität der Ergebnisse zu vergleichen, werden alle möglichen Fehlerursachen als 100% definiert. Die Gruppen mit Videovorbereitung fanden im Schnitt 69% der Fehlerursachen, während bei den Gruppen ohne Videovorbereitung die Quote bei 57% lag. In der Untersuchung konnte eine Korrelation zwischen der Vorbereitung mit dem Video und der Menge an gefundenen Fehlern identifiziert werden ( $R=0,79$ ). Diese Korrelation kann aufgrund eines T-Werts von 2,9 bei einem Signifikanzniveau von 5% als signifikant angesehen werden.

Die Validierungsstudie zeigt, dass durch die Verwendung von Erklärvideos sowohl positive Auswirkungen auf die Effizienz, als auch auf die Qualität der Ergebnisse erzielt

werden können. Durch die Verwendung von Methodenvideos kann die Einarbeitungszeit in eine Methode deutlich reduziert werden. Außerdem können in Entwicklergruppen, denen Methodenvideos zur Verfügung stehen, durchschnittlich mehr Fehlerursachen aus einem größeren Spektrum an Funktionen ermittelt werden, was für eine höhere Qualität der Ergebnisse spricht.

### 5.3.4 Leitfaden zur Erstellung von Methodenvideos im Kontext der Produktentwicklung

In diesem Kapitel wird ein Leitfaden zur Erstellung von Methodenvideos im Kontext der Produktentwicklung präsentiert und anschließend wird auf relevante Erfolgsfaktoren<sup>492</sup> für die Vermittlung von Methodenwissen durch das Erklärvideoformat eingegangen.

Dieser Leitfaden beruht auf den, im Rahmen der Forschungsarbeit, ermittelten Gestaltungskriterien, sowie auf Erfahrungen, die bei der Erstellung der Videos gemacht wurden. Er dient damit Methodenentwicklern als Werkzeug für die zugängliche Aufbereitung ihrer Ergebnisse und verbessert somit die Diffusion von Methoden in der Praxis (vgl. Abbildung 5-34).

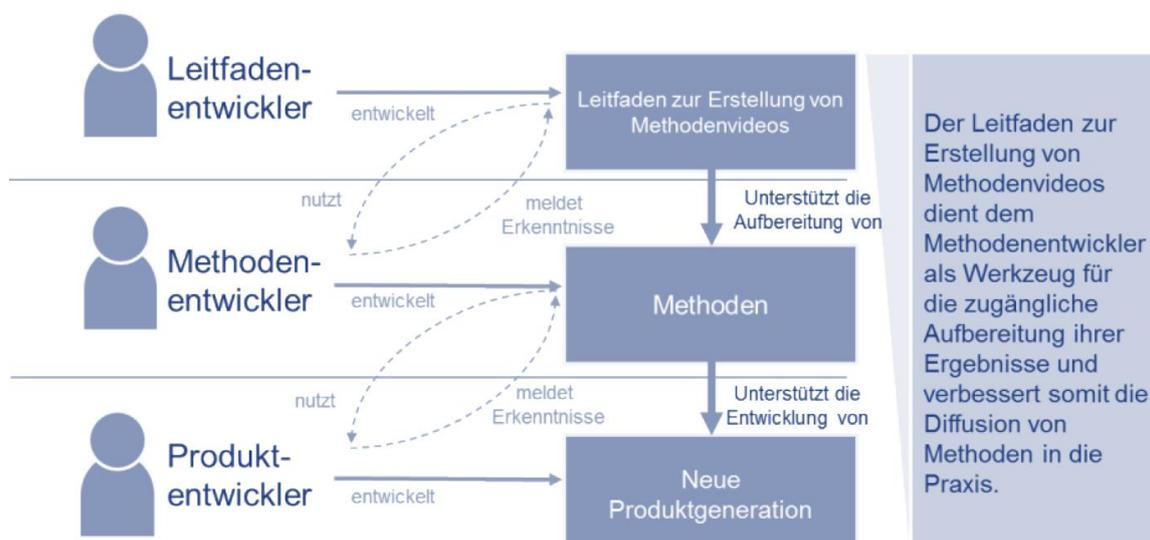


Abbildung 5-34: Mehrwert des Leitfadens für Methodenforscher

Der Leitfaden wird zunächst in einer Übersicht (Abbildung 5-35) vorgestellt und anschließend erläutert. Hierbei wird auf die einzelnen Schritte zur Erstellung, sowie auf relevante Erfolgskriterien von Erklärvideos mit Methodenbezug eingegangen.

<sup>492</sup> Ebd.

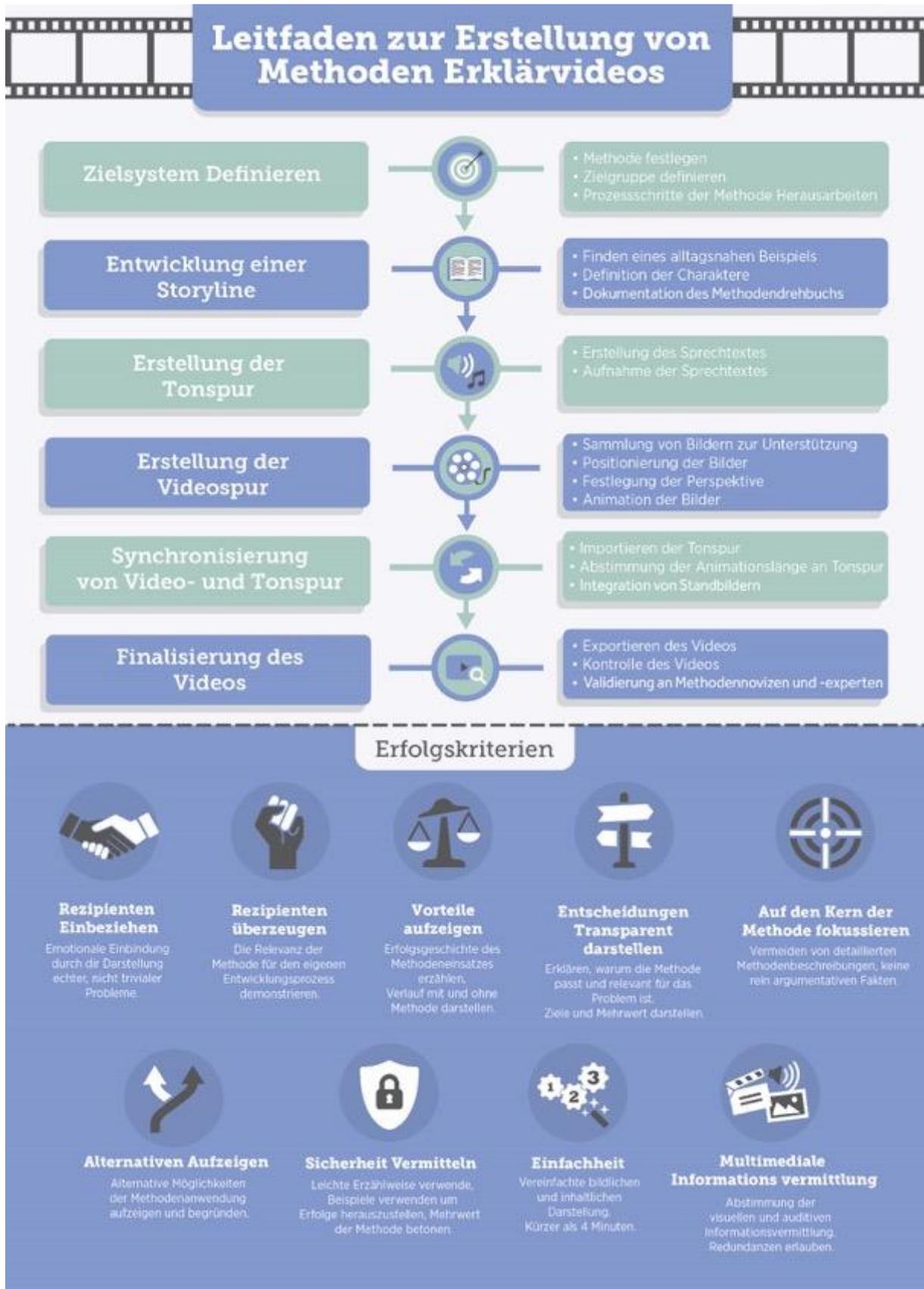


Abbildung 5-35: Leitfaden zur Erstellung von Methodenvideos

## **1. Das Zielsystem definieren**

Der erste Schritt zur Erstellung eines Erklärvideos ist die Definition des Zielsystems. Neben der Identifikation und Auswahl der aufzubereitenden Methode muss festgelegt werden, was mit dem Erklärvideo erreicht werden soll, welche Elemente der Methode vermittelt werden, und wie die Zielgruppe definiert ist. Abhängig von den zu erwartenden Vorkenntnissen der Rezipienten müssen die Inhalte weitgreifender beschrieben und die Sprache einfach gewählt werden. Bevor mit der Erstellung der Storyline begonnen werden kann, muss klar festgelegt werden, welche Prozessschritte der Methode mithilfe des Erklärvideos vermittelt werden sollen.

## **2. Die Entwicklung der Storyline**

Nachdem das Ziel, das Zielpublikum und die zu vermittelnden Inhalte festgelegt worden sind, kann mit der Erstellung der Storyline begonnen werden. Im Gegensatz zum argumentativen Denken, das in erster Linie auf Fakten beruht, werden beim narrativen Denken - also dem Denken in Geschichten - Fakten mit ihrem Umfeld in Beziehung gesetzt. Mithilfe von Geschichten können Sachverhalte möglichst einfach und emotional beschrieben werden.

Die persönliche Einbindung der ZuschauerInnen sorgt dafür, dass der vermittelte Inhalt nicht nur rational, sondern auch verstärkt emotional verarbeitet wird. Durch den Einsatz passender, fiktiver Charaktere, kann eine Identifikation erzielt werden.

Wichtig hierbei ist die Identifikation mit dem Problem. Durch diese wird eine Relevanz des Themas für den Rezipienten geschaffen und dieser beginnt mitzudenken. Dadurch steigt sowohl die Aufmerksamkeit, als auch die Informationsaufnahmefähigkeit.

Der Charakter wird in der Geschichte vor ein Problem gestellt, das es zu lösen gilt. Im Fall eines Methodenvideos löst der kreierte Charakter das Problem mithilfe einer bestimmten Methode. Die Geschichte endet mit dem Erfolgserlebnis des Protagonisten. Dadurch verbinden die ZuschauerInnen die eingesetzte Methode sofort mit etwas Positivem, wodurch die Bereitschaft zur eigenen Anwendung der Methode gefördert wird.

Das gewählte Problem sollte jedoch nicht zu trivial sein, da durch die Methode ein echtes Problem gelöst werden soll. Wird ein Beispiel gewählt, welches zu einfach erscheint, entsteht beim Rezipienten schnell der Eindruck, das Problem auch ohne Methode intuitiv und mit weniger Aufwand lösen zu können. Um dies zu vermeiden, ist ein Aha-Effekt anzustreben, wobei der Rezipient zunächst in eine mit Intuition nicht so

einfach zu lösende Problemsituation versetzt wird und ihm dann mithilfe der Methode, der Weg zur Lösung aufgezeigt wird. Dieser Effekt sollte durch Reflexionsphasen verstärkt werden, welche auch Teil des Videos sind.

Besonders bei komplexen Themen ist eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Inhalte am Ende eines Videos sinnvoll, da sie so am besten im Gedächtnis bleiben.

### **3. Das Erstellen der Tonspur**

Basierend auf der Drehbuchskizze, wird ein Skript für den Sprechertext erstellt. Beim Sprechertext sollte besonders auf die Verständlichkeit geachtet werden. Er muss auf seine Zielgruppe angepasst werden. Das heißt: Je größer das zu erwartende Vorwissen der Rezipienten ist, desto fachspezifischer darf auch die Sprache gewählt werden. Ansonsten ist auf eine sehr einfache Sprache, mit möglichst wenig Fachbegriffen zu achten. Da die Videos insbesondere an EntwicklerInnen mit wenig Kenntnissen in der jeweiligen Methode adressiert sind, sollte auch auf Abkürzungen verzichtet werden, da diese meist nur von Personen aus dem gleichen Fachbereich genutzt werden.

Die Betonung des Sprachtextes kann als weiteres Kommunikationsmittel verwendet werden. Um Inhalte hervorzuheben und zu verdeutlichen, können Wörter oder Halbsätze stark – teilweise sogar überspielt betont werden.

Bei der Erstellung der Tonspur gilt der Grundgedanke „je kürzer, desto besser“, wobei sich herausgestellt hat, dass die optimale Länge von Videos von der Intention der Rezipienten abhängt. Hierbei werden zwei Fälle unterschieden:

Das proaktiv anschauen, wobei der Rezipient aus Eigenmotivation Methodenwissen aufbauen will. Und die Präsentation von Methodenwissen an eine Gruppe ohne deren direkte Anwahl der Inhalte.

Im Sinne der Steigerung der Methodenakzeptanz ist der erste Fall anzustreben, wobei hier die empfohlene Dauer zwischen drei und fünf Minuten liegt.

Eine durchgeführte Studie zeigt, dass bei Videos, die dem Rezipienten ohne dessen aktive Anwahl präsentiert werden, die empfohlene Länge bei 1,5 bis zwei Minuten liegt.<sup>493</sup> Ist ein Video zu lang, erhöht sich das Risiko, dass das Video nicht vollständig angeschaut wird.

---

<sup>493</sup> Ebd.

Der Text sollte deutlich, nicht zu schnell und mit gezielt gesetzten Pausen und Betonungen gesprochen werden, denn diese ermöglichen den Zuschauern die Verarbeitung der Inhalte.

Es hat sich als sinnvoll herausgestellt, Erklär- und Handlungsabschnitte von unterschiedlichen Sprechern aufzunehmen.

#### **4. Das Erstellen der Videospur**

Bei der bildlichen und inhaltlichen Darstellung sollte auf Einfachheit geachtet werden. Ziel eines Erklärvideos ist es schließlich, einen komplexen Inhalt möglichst verständlich darzustellen. Das Video soll gleichzeitig eine unterhaltende Wirkung erzielen – der Fokus liegt jedoch klar auf der Informationsvermittlung. Zunächst müssen aussagekräftige Bilder und Symbole gesammelt und entsprechend platziert werden. Dabei ist darauf zu achten, wie die Bilder zueinander positioniert werden. Wenn sie gemeinsam auf einem Bild zu sehen sein sollen, sollten sie auch nebeneinander dargestellt werden. Außerdem sollte auf die Größenverhältnisse der einzelnen Bilder geachtet werden. Bei der Erstellung sollten anstelle von Texten - sofern möglich - Symbole verwendet werden. Empfehlenswert ist es auch, für die Methode charakteristische Bilder und Symbole zu verwenden. So entsteht beispielsweise durch die Darstellung des FMEA-Formblatts im Video bei der späteren Anwendung ein Wiedererkennungseffekt. Es ist darauf zu achten, dass das Video so gestaltet wird, dass sich beim Zusammentragen der Inhalte ein Bild aufbaut. Dieses kann am Ende des Videos als Standbild genutzt werden, und somit als eine Art „Zusammenfassung“ dienen. Die ZuschauerInnen können so alle wichtigen Information einem Screenshot des letzten Standbilds entnehmen, ohne sich nochmal das Video stellenweise anschauen oder entsprechende Stellen im Video raussuchen zu müssen.

Zur Fertigstellung der initialen Videospur müssen die Übergänge zwischen den Bildern animiert werden, wobei die genaue Länge der Animation noch nicht von Bedeutung ist.

#### **5. Die Synchronisation von Video- und Tonspur**

Erklärvideos bieten visuelle und auditive Möglichkeiten der Wissensvermittlung. Vorteile dieser multimedialen Inhaltsvermittlung lassen sich mit dem sogenannten „Modalitätseffekt“ beschreiben. Nach diesem hat die gemeinsame Nutzung des

visuellen und akustischen Teils des Arbeitsgedächtnisses eine lernfördernde Wirkung.<sup>494</sup>

Jedoch ist hierbei die Abstimmung der aufeinander folgenden Kommunikationselemente von entscheidender Bedeutung. Je schlechter die Synergie zwischen der auditiven und visuellen Wahrnehmung ist, desto höher ist die Beanspruchungen des kognitiven Systems des Rezipienten und auch der damit einhergehende Informationsverlust.

Die Synchronisation der Video- und Tonspur ist ein wichtiger Schritt beim Erstellen von Erklärvideos. Hierbei wird die Länge der Bildanimation so angepasst, dass sie zur Tonspur passt. Nur wenn die Synergie zwischen auditiver und visueller Wahrnehmung gut ist, werden die Informationen nachhaltig vermittelt. Dazu muss die erstellte Videospur mithilfe von Animationen und Pausen an den aufgenommenen Sprechertext angepasst werden. Abschließend kann eine Hintergrundmusik darübergelegt werden.

## **6. Die Finalisierung des Methodenvideos**

Nach Beendigung der Synchronisation von Video- und Tonspur kann das Gesamtvideo exportiert werden. Anschließend sollte das Ergebnis einer genauen wechselseitigen Kontrolle unterzogen werden. Auf folgenden Kriterien sollte hierbei genau geachtet werden:

- Auffälligkeiten in der Darstellung und bei den Übergängen
- Überprüfung der Tonspur
- Stimmige Synchronisation zwischen Bild und Ton
- Formulierungen und Ansprache
- Bei Auffälligkeiten muss das Video noch einmal entsprechend angepasst werden.

### **5.3.5 Zwischenfazit zur Nutzung von Methodenvideos zur Vermittlung von Methodenwissen**

Im Kontext der Produktentwicklung bieten Erklärvideos die Möglichkeit, die Methodenanwendung in Entwicklungsprozessen zu unterstützen, indem sie der Methode Komplexität nehmen und dem Rezipienten die Relevanz der Methode für den eigenen Entwicklungsprozess aufzeigen.

---

<sup>494</sup> Sweller, Merrienboer, und Paas, 1998.

Die Validierungsstudie belegt, dass die Nutzung von Erklärvideos zur Methodenvermittlung die subjektiv empfundene Sicherheit bei der Methodenanwendung erhöht. Dies führt bei den AnwenderInnen zu einer erhöhten Motivation der erneuten Anwendung, was als klarer Indikator für eine gesteigerte Methodenakzeptanz zu werten ist. Durch die Vermittlung von Methodenwissen mithilfe von Methodenvideos, lassen sich verständnisbedingte Barrieren abbauen.

So können Methodenvideos sehr vielfältig eingesetzt werden: In der Lehre können den Studierenden wichtige Elemente der Produktentstehung einfach und spielerisch nähergebracht werden. In der Praxis lässt sich dadurch die Implementierung von Methoden in den PEP unterstützen.

Die Validierungsstudie zeigt auch, dass durch die Verwendung von Erklärvideos sowohl positive Auswirkungen auf die Effizienz, als auch auf die Qualität der Ergebnisse erzielt werden können. Durch die Verwendung von Methodenvideos kann die Einarbeitungszeit in eine Methode deutlich reduziert werden. Außerdem können in Entwicklergruppen, denen Methodenvideos zur Verfügung stehen, durchschnittlich mehr Fehlerursachen aus einem größeren Spektrum an Funktionen ermittelt werden, was für eine höhere Qualität der Ergebnisse spricht.

Weiterhin kann durch die Videos die Begeisterung für eine methodische Vorgehensweise bei Menschen gesteigert werden, die einerseits noch keinen Bezug zur methodischen Unterstützung ihrer Arbeit haben, oder grundsätzliche Vorbehalte gegen solch eine Vorgehensweise hatten.

Der entwickelte Leitfaden zur Erstellung von Methodenvideos hilft dabei, MethodenforscherInnen zu befähigen ihre Inhalte zugänglich aufzubereiten, um die entwickelten Methoden durch eine Minderung der Akzeptanzbarrieren stärker in die Anwendung zu bringen.

Neben der erfolgreichen Implementierung der Methodenvideos in die Hochschullehre am Institut für Produktentwicklung konnten basierend auf dem Leitfaden auch Videos innerhalb von Projekten mit Unternehmenspartnern oder für Forschungsvorhaben erstellt werden.

## 5.4 Akzeptanzsteigerung durch Erfahrungen und Erfolgserlebnisse

Wie in Kapitel 4 beschrieben, fehlt es in der Produktentwicklung häufig an Erfahrungen und Erfolgserlebnissen, verbunden mit dem Methodeneinsatz (vgl. Abbildung 5-36).

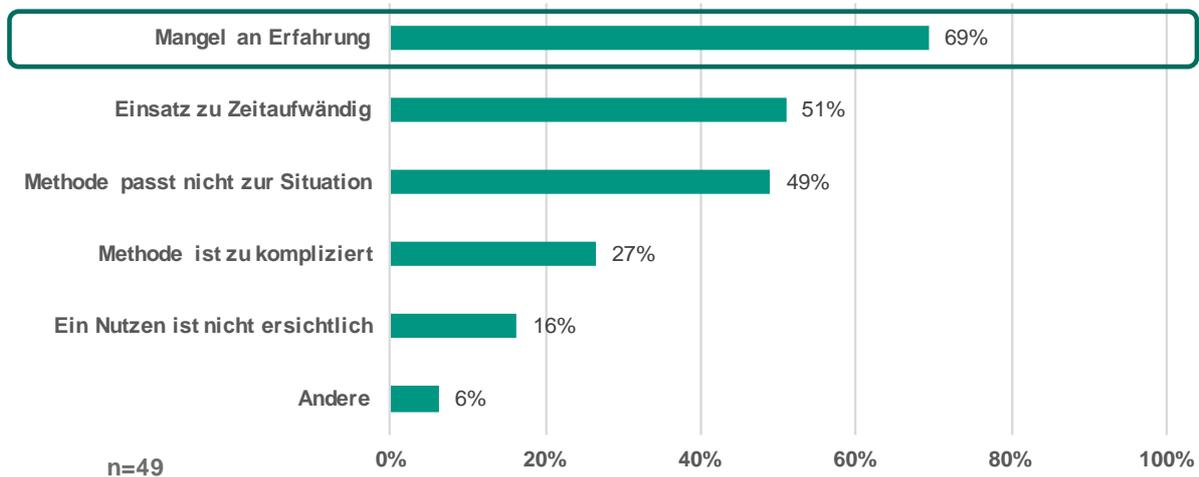


Abbildung 5-36: Barrieren beim Methodeneinsatz<sup>495</sup>

Um die tatsächliche "Anwendung von Methoden" steigern zu können, wird in diesem Kapitel untersucht, wie Methoden im kontrollierten und praxisnahen Umfeld motiviert erlernt und erlebt werden können, und ein Erfolgserlebnis mit der Methode verbunden werden kann.

Das Sammeln von Erfahrungen und die Generierung von Erfolgserlebnissen durch die Methodenanwendung ist bisher mit zwei unterschiedlichen Herangehensweisen möglich (Vgl. Abbildung 5-37):

<sup>495</sup> Reiß u. a., 2017.

Methodenschulungen:	Methodenworkshops:
 <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Vermittlung von Grundlagen</li> <li>+ Skalierbar</li> <li>+ Viele Anbieter</li> <li>- Einfache Beispiele</li> <li>- Idealisierendes Vorgehen selten adaptierbar</li> <li>- Keine echte Problemsituation</li> <li>- Mehrwert selten nachvollziehbar</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>+ unternehmensrelevante Systeme</li> <li>+ Problem wird gelöst</li> <li>+ Ergebnisse direkt verwendbar</li> <li>- Hoher Implementierungsaufwand</li> <li>- Vorgehen nur schwer skalierbar</li> <li>- Lerneffekt selten nicht nachhaltig</li> </ul>

Abbildung 5-37: Ansätze zur Vermittlung von Methoden durch Anwendung

Einerseits können die Methoden direkt in die bestehende Arbeit miteingebunden werden. Dies bringt allerdings ein hohes Risiko mit sich, da nicht garantiert werden kann, dass die Methode richtig angewendet wird, und somit den gewünschten Erfolg und Mehrwert bringt. Zudem ist die zeitliche Distanz zwischen Methodeneinsatz und Erfolgserlebnis sehr hoch, wobei die Methodenanwendung häufig mit Aufwand und kognitiver Anstrengung verbunden wird. Somit bleibt die Anwendung von Methoden in negativer Erinnerung.

Als weitere Möglichkeit können Methoden mithilfe von Schulungen und Seminaren gelehrt werden. Hierbei werden häufig triviale und für die Anwender nicht relevante Beispiele verwendet. In dieser, meist einfachen, Simulation können die TeilnehmerInnen die Problemsituation nicht selbst erfahren und nachvollziehen. Eine motivierte Arbeitsweise oder gar ein „Flow-Erlebnis“<sup>496</sup> ist auf diese Weise nicht zu erreichen. Dies führt dazu, dass die Methode zwar mit einem Erfolg verbunden ist, dieser jedoch sehr stark auf den Trainer und weniger auf die TeilnehmerInnen projiziert wird. Das Problem bei dieser Herangehensweise ist somit das fehlende Erfolgserlebnis im Lernprozess und die fehlende Anwendung unter realen Bedingungen.

Beide Möglichkeiten sind mit Einschränkungen verbunden. Die Methode sollte daher in einem kontrollierten, aber herausfordernden Umfeld in das Unternehmen eingeführt

<sup>496</sup> Flow bezeichnet das als beglückend erlebte Gefühl eines mentalen Zustandes völliger Vertiefung und restlosen Aufgehens in einer Tätigkeit.

werden. Mittels eines Methoden-Lernspiels können diese beiden Kriterien erfüllt werden.<sup>497</sup> Das Spiel stellt ein Werkzeug dar, mit welchem die Methode kontrolliert durchgeführt werden kann. Zudem sind die SpielerInnen stetig gefordert, die Methodeninhalte in den Spielformen anzuwenden und erlangen somit automatisch ein Gespür dafür, auf was bei der Methodendurchführung geachtet werden sollte. Andernfalls ist ein erfolgreiches Abschließen im Methoden-Lernspiel nicht möglich. Um die Akzeptanzsteigerung durch den Einsatz von Methoden-Lernspielen zu erforschen, wurden, basierend auf den Grundlagen zur „Gamification“ und dem „Game Based Learning“ (Kapitel 5.4.1), drei Methoden-Lernspiele (Kapitel 5.4.2) entwickelt, und evaluiert (Kapitel 5.4.3). Im Anschluss wird das Vorgehen zur Erstellung von Methoden-Lernspielen in einem Leitfaden dokumentiert (Kapitel 5.4.4).

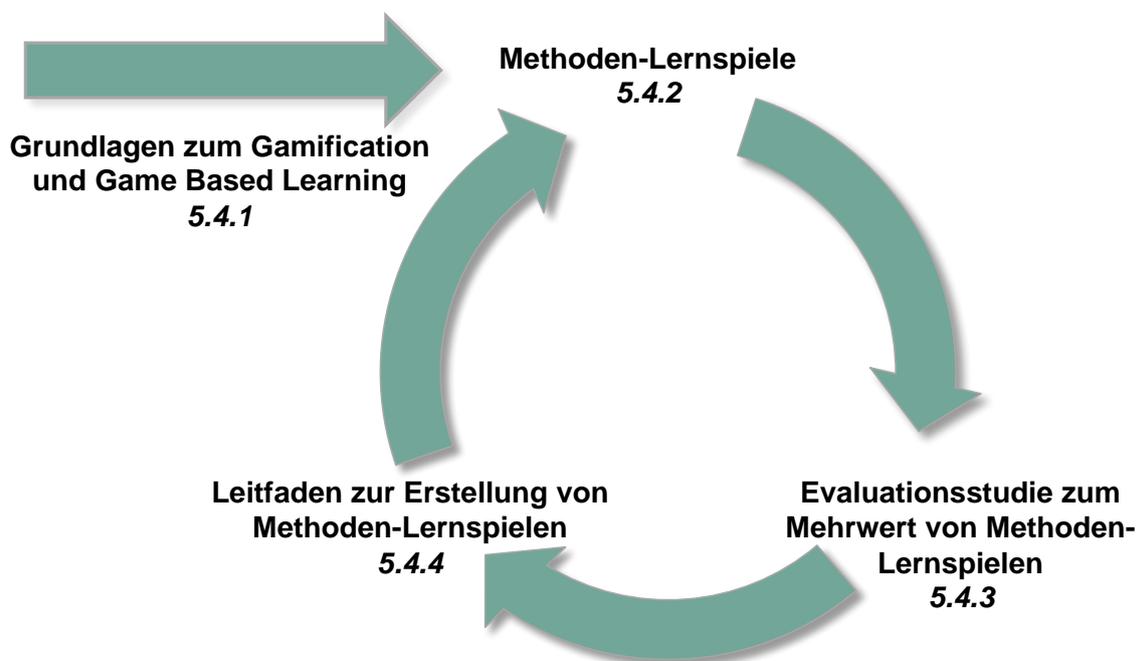


Abbildung 5-38: Vorgehen bei der Erstellung der Methoden-Lernspielen

#### 5.4.1 Grundlagen der „Gamification“ und des „Game Based Learnings“

Der Begriff „Gamification“ lässt sich von dem englischen Wort „Game“ (dt.: Spiel) ableiten. Bei der „Gamification“ werden spieletypische Elemente, wie die Vergabe von Punkten oder das Stellen von Rätselfragen verwendet, um sich spielerisch einem schwierigen Thema zu nähern beziehungsweise Probleme zu lösen. In der deutschen Literatur wird meist der Anglizismus „Gamification“ verwendet und nicht übersetzt.

<sup>497</sup> Reiß u. a., 2017.

In den folgenden Abschnitten werden die Begriffe „Game“, „Gamification“ und „Game Based Learning“ definiert und voneinander abgegrenzt, um ein einheitliches Verständnis zu den Termini und eine Grundlage für die Entwicklung des Spiels zu schaffen. DETERDING<sup>498</sup> beschreibt Spiele als regelbasierter Wettbewerb. AVEDON UND SUTTON-SMITH<sup>499</sup> fügen in ihrer Beschreibung noch den Aspekt der Freiwilligkeit hinzu und CAILLOIS UND BARASH<sup>500</sup> beschreiben das Spiel als unproduktive Tätigkeit mit Unterhaltungsziel. HUIZINGA<sup>501</sup> ergänzt dies noch durch den Aspekt der definierten Grenzen von Zeit und Raum nach festen Regeln. JUUL<sup>502</sup> fügt dem den klar definierten Zusammenhang von Leistung und Ergebnis hinzu. In der folgenden Tabelle 5-8 sind die gängigsten Definitionen aufgeführt.<sup>503</sup>

Tabelle 5-8: Definitionen "Spiel", "Game"

Quelle	Definition
DETERDING <sup>504</sup>	<i>Games are characterized by rules, and competition or strife towards specified, discrete outcomes or goals by human participants."</i>
AVEDON UND SUTTON-SMITH <sup>505</sup>	<i>"At its most elementary level then we can define game as an exercise of voluntary control systems in which there is an opposition between forces, confined by a procedure and rules in order to produce a disequibrial outcome."</i>
CAILLOIS UND BARASH <sup>506</sup>	<i>"[...] an activity which is essentially: Free (voluntary), separate [in time and space], uncertain, unproductive, governed by rules, make-believe."</i>
HUIZINGA <sup>507</sup>	<i>"[...] a free activity standing quite consciously outside "ordinary" life as being "not serious", but at the same time absorbing the player intensely and utterly. It is an activity connected with no material interest, and no profit can be gained by it. It proceeds within its own proper boundaries of time and space according to fixed rules and in an orderly manner. It promotes the formation of social groupings which tend to surround themselves with secrecy and to stress their difference from the common world by disguise or other means."</i>

<sup>498</sup> Deterding u. a., 2011.

<sup>499</sup> Avedon, Sutton-Smith, und Brewster, 2015.

<sup>500</sup> Caillois, 1961.

<sup>501</sup> Huizinga, 1971.

<sup>502</sup> Juul, 2003.

<sup>503</sup> Ebd.

<sup>504</sup> Deterding u. a., 2011.

<sup>505</sup> Avedon, Sutton-Smith, und Brewster, 2015.

<sup>506</sup> Caillois, 1961.

<sup>507</sup> Huizinga, 1971.

JUUL <sup>508</sup>	"A game is a rule-based formal system with a variable and quantifiable outcome, where different outcomes are assigned different values, the player exerts effort in order to influence the outcome, the player feels attached to the outcome, and the consequences of the activity are optional and negotiable."
KELLEY <sup>509</sup>	"a game is a form of recreation constituted by a set of rules that specify an object to be attained and the permissible means of attaining it."
SALEN UND ZIMMERMAN <sup>510</sup>	"A game is a system in which players engage in an artificial conflict, defined by rules, that results in a quantifiable outcome."
SUITS <sup>511</sup>	"To play a game is to engage in activity directed towards bringing about a specific state of affairs, using only means permitted by rules, where the rules prohibit more efficient in favor of less efficient means, and where such rules are accepted just because they make possible such activity."

Bei genauerer Betrachtung der verschiedenen Begriffsdefinitionen lassen sich viele Gemeinsamkeiten erkennen. Es wird zum Beispiel bei allen Definitionen auf die Notwendigkeit von Regeln eingegangen. Nur bei wenigen wird auf das Ergebnis oder eine mögliche Interaktion hingewiesen. Unabhängig davon werden in vielen Definitionen Spiele in ein System aufgeteilt, das aus hinreichenden und notwendigen Komponenten besteht. Hierbei wird zwischen systematischen und interaktiven Komponenten unterschieden. Die systematischen Elemente beschreiben den formalen Aufbau des Spiels. Dazu zählen die SpielerInnen, die Spielregeln, die Zielkonflikte und ein variabler und ungewisser Spielausgang. Die interaktiven Komponenten beschreiben die Wechselbeziehung der SpielerInnen mit dem Spiel. Eine freiwillige Teilnahme und die daraus resultierende, spielerische Erfahrung sind die Grundlagen eines Spiels.

„Gamification“ ist eine Vorgehensweise, mit der bestimmte Verhaltensweisen gefördert werden können.<sup>512</sup> In der folgenden Tabelle 5-9 werden unterschiedliche Definitionen der „Gamification“ vorgestellt und anschließend analysiert.

---

<sup>508</sup> Juul, 2003.

<sup>509</sup> Kelley, 1998.

<sup>510</sup> Salen und Zimmerman, 2004.

<sup>511</sup> Suits, 2005.

<sup>512</sup> Bunchball, 2010.

Tabelle 5-9: Definition "Gamification"

Quelle	Definition
BUNCHBALL <sup>513</sup>	<i>„Gamification applies the mechanics of gaming to non-game activities to change people’s behavior“</i>
CHOU <sup>514</sup>	<i>"The craft of deriving all the fun and addicting elements found in games and applying them to real-world or productive activities."</i>
DETERDING ET AL. <sup>515</sup>	<i>"Gamification is the use of game design elements in non-game contexts."</i>
HUOTARI UND HAMARI <sup>516</sup>	<i>Gamification is "a process of enhancing a service with affordances for gameful experiences in order to support user’s overall value creation."</i>
HUANG UND SOMAN <sup>517</sup>	<i>Series of design principles, processes and systems used to influence, engage and motivate individuals, groups and communities to drive behaviours and effect desired outcomes."</i>

Es bleibt festzustellen, dass es noch keine allgemein anerkannte und somit vollständige Begriffsdefinition des Wortes gibt. Folgende zwei Aspekte können aber als grundlegende Ziele der „Gamification“ festgehalten werden: Das Engagement erhöhen und Verhaltensweisen spielerisch ins Positive bringen.

„Game Based Learning“ beruht auf dem Gamificationansatz, jedoch mit dem Fokus, dass das Lernen mithilfe von Spielen selbstverständlich und intuitiv gelingen soll. Nach BUNCHBALL<sup>518</sup>KAPP, 2012.KAPP 2012. ist „Game Based Learning“ ein Ansatz, bei dem Spielelemente zur Bildung, Motivation oder Reflexion eingesetzt werden. Als Synonym zu dem Begriff wird häufig auch der Begriff „Serious Gaming“ verwendet. Beim „Game Based Learning“ ist es wichtig, den Lerninhalt so in das Spiel zu integrieren, dass man ihn sich aneignen muss, um erfolgreicher spielen zu können.<sup>519</sup> In Tabelle 5-10 werden die Unterschiede und Gemeinsamkeiten von klassischem Spielen, „Game Based Learning“ und „Gamification“-Ansätzen zusammengefasst:

Tabelle 5-10: Unterschiede und Gemeinsamkeiten von Spielen, „Game Based Learning“ und „Gamification“

---

<sup>513</sup> Ebd.

<sup>514</sup> Chou, 2016.

<sup>515</sup> Deterding u. a., 2011.

<sup>516</sup> Huotari und Hamari, 2012.

<sup>517</sup> Huang und Soman, 2013.

<sup>518</sup> Bunchball, 2010.

<sup>519</sup> Fuchs, 2014.

	Konventionelle Spielformate	Game Based Learning	Gamification
Enthält Spielelemente	●	●	●
Eindeutige Spielmechanik	●	●	
Klare Regeln und Ziele	●	●	◐
Möglichkeit des Verlierens	●	◐	
Verhaltensänderung		●	●
Lernelemente		●	◐
Inhalt ist an die Teilnehmer angepasst		●	◐
Gezielte Reflexion des Erlernten		●	

Ein Methoden-Lernspiel im Sinne des „Game Based Learning“ kann die relevanten Kriterien zur Steigerung der Akzeptanz durch die spielerische Vermittlung von Erfahrungen und Erfolgserlebnissen erfüllen. Das Spiel stellt somit ein Werkzeug dar, mit welchem die Methode kontrolliert durchgeführt und dabei von den SpielerInnen erlernt werden kann.

#### 5.4.2 Entwickelten Methodenspielformate

In diesem Kapitel werden zunächst die drei unterschiedlichen, im Rahmen der Forschungsarbeit entwickelten Methoden-Lernspiele „**SPALTEN-Expedition**“<sup>520</sup>, das „**FMEA-Rätzel**“<sup>521</sup> und die „**Scrum-Base**“<sup>522</sup> präsentiert und anschließend bezüglich ihrer Unterschiede und Gemeinsamkeiten diskutiert.

Abgeleitet von den in Kapitel 5.4.1 aufgelisteten Kriterien, ergibt sich ein allgemeines Zielsystem an Methoden-Lernspielen mit folgenden Elementen:

1. Spielregeln: Das Spiel muss durch Regeln, welche auf die Methodenanwendung abzielen, eingegrenzt werden.
2. Variable und quantifizierbare Ergebnisse: Die Spiel-Ergebnisse können von unterschiedlicher Natur sein, sollen aber transparent auf die Methodenanwendung zurückführbar sein.

<sup>520</sup> Janke 2016, Popp 2015 (Betreute Abschlussarbeiten)

<sup>521</sup> Fehring 2016 (Betreute Abschlussarbeit)

<sup>522</sup> Trost 2016 (Betreute Abschlussarbeit)

3. Das Ergebnis hat einen Wert: Die unterschiedlichen Ergebnisse des Spiels können unterschiedlichen Werten - sowohl positiven als auch negativen - zugewiesen werden.
4. Anspruch: Die SpielerInnen müssen sich anstrengen, um das Ergebnis beeinflussen zu können. Die Möglichkeit des Verlierens sollte angedeutet werden.
5. Spieldauer: Um die Schulung innerhalb eines eintägigen Workshops durchführen zu können, sollte die Dauer inklusive einer einführenden Schulung und anschließender Reflexion acht Stunden nicht überschreiten.

Diese Kriterien gelten als initiales Zielsystem, welche ein Methoden-Lernspiel grundlegend erfüllen muss. Weitere spezifische Ziele und Rahmenbedingungen wurden speziell für das individuelle Spiel festgelegt.<sup>523</sup>

### **Die SPALTEN-Expedition**

Das Ziel hinter der Entwicklung der SPALTEN-Expedition ist es, sowohl der Lehre als auch der Praxis ein Methoden-Lernspiel bereitzustellen, mit dem die SPALTEN-Problemlösungsmethodik erlernt und erlebt werden kann. Die Entwicklung des Spiels dauerte fünf Monate. Sie erfolgte in einem agilen Prozess und basiert auf der Scrum-Vorgehenssystematik zur Entwicklung physischer Lernspiele.

Die SPALTEN-Expedition (Abbildung 5-39) ist ein physisches Lernspiel, bei dem in Kleingruppen von drei bis fünf Personen gespielt wird. Primär soll das Spiel im Rahmen eines SPALTEN-Workshops im Unternehmensumfeld Einsatz finden, bei dem die TeilnehmerInnen zuerst die Theorie erlernen, die sie dann im Spiel anwenden können. Es ist für kleine Spielgruppen mit technisch-akademischem Hintergrund konzipiert und soll sich in einem zeitlichen Rahmen von maximal einem halben Tag abspielen.

---

<sup>523</sup> Das vollständige Zielsystem ist im Anhang aufgeführt.



Abbildung 5-39: Methoden-Lernspiel "Die Spalten-Expedition"<sup>524</sup>

Das Gesamtspiel (Abbildung 5-40) besteht aus einem Hauptspiel, einem Auswahltest, der die Zusammenstellung des Problemlösungsteams darstellt, und sieben Spielstationen, die nach der SPALTEN Methodik aufgebaut sind (Station, S, P, A, L, T, E, N).

Das Hauptspiel verleiht der „SPALTEN Expedition“ seinen Brettspielcharakter. Es ist der rote Faden und verbindet die einzelnen Stationen miteinander. Auf der „Reise“ zwischen den einzelnen Stationen müssen Hinweise gesammelt werden, um am Ende des Spiels die richtige Insel ansteuern zu können. Das kooperative Spiel vermittelt die Anwendung verschiedener Entwicklungsmethoden. Jede Station repräsentiert hierbei eine Aktivität der SPALTEN-Methodik, wie zum Beispiel die Station „Situationsanalyse“.

<sup>524</sup> Janke 2016, Popp 2015 (Betreute Abschlussarbeiten)



## Hauptspiel

Das in Abbildung 5-41 dargestellte Hauptspiel besteht aus einem 7x7-Felder großen Spielfeld, sowie Frage-, Aktions-, und Fähigkeitskarten.



Abbildung 5-41: Hauptspiel SPALTEN-Expedition<sup>528</sup>

Das Ziel ist, die SPALTEN-Insel zu entdecken und nicht unterzugehen. So ist das Spielziel im Detail formuliert:

*„Ihr müsst herausfinden, welche der 12 Inselkarten die SPALTEN-Insel ist, um diese am Ende mit eurer Spielfigur ansteuern zu können. Bis zum Erreichen der Insel dürft ihr allerdings mit eurem Boot nicht untergehen, daher müsst ihr bei allen Stationen und auf den Wegen dazwischen immer euer Bestes geben.“*

In der folgenden Abbildung 5-42 wird die Spielmechanik wurde für das Hauptspiel erläutert:

<sup>528</sup> Janke 2016, Betreute Abschlussarbeit.

Hauptspiel



Vorbereitung und Aufbau

Nehmt aus der Gesamtbox einen der beiden Aufbaupläne, die Tupperbox (blauer Deckel) und öffnet die „Hauptspiel“- BOX. (Wenn ihr das Spiel zum ersten Mal spielt, nehmt den Aufbauplan 1, ansonsten Aufbauplan 2)

1. Legt die hölzernen Spielfeldkarten mit der Vorderseite nach oben auf den Tisch. Dreht die Spielfeldkarten dabei nicht um! Ordnet die Karten wie auf dem **Aufbauplan** dargestellt an!
2. Legt die hölzerne Spielfigur und die Würfel ebenfalls daneben.
3. Füllt die Tupperbox zu dreiviertel mit Wasser und setzt das Boot ins Wasser (nehmt dafür NICHT das Wasser aus der Wasserflasche aus der Gesamtbox). Legt die Steine (Muttern) und den Magneten zum Herausholen der Steine bereit.
4. Nehmt die Ereigniskarten „!“ und die Fähigkeitskarten und legt sie jeweils als Stapel mit der Oberseite nach oben neben das Spielfeld. Daneben platziert ihr auch die Fragekarten „?“, die ihr in den Fragecontainer stellt.

Das Spiel sollte nun wie rechts dargestellt aussehen: (Wobei die korrekte Anordnung der Spielfeldkarten dem Aufbauplan zu entnehmen ist)



Spielziel

Spielziel ist es, die SPALTEN-Insel zu entdecken und dabei nicht unterzugehen! Ihr müsst herausfinden, welche der 12 Inselkarten die SPALTEN Insel ist, um diese am Ende mit eurer Spielfigur ansteuern zu können. Bis zum Erreichen der Insel dürft ihr allerdings mit eurem Boot auch nicht untergehen, daher müsst ihr bei allen Stationen und auf den Wegen dazwischen immer euer Bestes geben.

Spieldurchführung

Bewegen im Spielfeld

- Man muss alle Stationen in der Reihenfolge „Auswahltest – S – P – A – L – T – E“ mit der Spielfigur ansteuern. Erst danach darf einmalig eine Insel-Spielfeldkarte angesteuert werden, von der man vermutet, dass es sich hierbei um die SPALTEN-Insel handelt.
- Um von Station zu Station zu kommen, darf man maximal 5 Züge fahren (ob man auf direktem Weg oder mit einem Umweg zur nächsten Station geht, ist der Gruppe freigestellt).

4

Abbildung 5-42: Anleitung Hauptspiel SPALTEN-Expedition <sup>1529</sup>

- 1 Zug entspricht:
  - Bewegen der Spielfigur auf eine benachbarte Spielfeldkarte in eine beliebige Richtung (diagonal, horizontal und vertikal)
  - Spielfeldkarte, auf die man sich bewegt, sofort umdrehen und Spielfigur draufsetzen
  - Entsprechende Steineanzahl in das rote Boot legen
  - Aktion, die auf der Spielfeldkarte beschrieben ist, durchführen
- Pro Zug wird folgende Anzahl von Steinen in das Boot gelegt:
  - Zwischen Station Auswahltest und A: ein Stein
  - Zwischen Station A und L: zwei Steine
  - Ab Station L: drei Steine
- Ab Station E habt ihr noch 7 Züge zur Verfügung, um bei Bedarf die SPALTEN Insel weiter ausfindig zu machen und zu dieser zu gelangen. (Erst dann öffnet ihr die Lösung die sich hinter dem Aufbauplan verbirgt)
- Geht ihr über bereits aufgedeckte Wasserfeldkarten, bekommt ihr weder Steine ins Boot, noch müsst ihr die Aktion auf der Karte ausführen. Es handelt sich hierbei aber ebenfalls um einen Zug.

**Tipps fürs Spielen**

- Besonders am Anfang des Spiels könnt ihr mit relativ wenigen Steinen viele Spielfeldkarten aufdecken, um Hinweise auf die SPALTEN Insel zu bekommen! Bedenkt dies bei eurem Vorgehen!
- Beim Reinlegen von Steinen in das rote Boot achtet auf eine geschickte Platzierung!
- Inselkarten, die ihr ausschließt, die SPALTEN Insel zu sein, könnt ihr direkt umdrehen.

**Aktionen auf den Rückseiten der Wasserfeldkarten**



bedeutet: ziehe eine Ereigniskarte



bedeutet: ziehe eine Fragekarte



bedeutet: ziehe eine Fähigkeitskarte



bedeutet: In dieser Reihe bzw. Spalte befindet sich die SPALTEN-Insel nicht!

**Stationen**

Kommt ihr auf eine Station, so müsst ihr diese Spielfeldkarte ebenfalls umdrehen und allen weiteren Anweisungen folgen. Je nachdem, wie gut ihr die Station erledigt, dürft ihr bei den meisten Stationen wieder Steine aus eurem Boot nehmen.

**Spielende**

Das Spiel ist zu Ende, wenn ihr die Station „Heimreise“ abgeschlossen habt. Alternativ ist das Spiel auch dann zu Ende, wenn euer Boot mit den Steinen einmal untergeht.

**Und los geht's...**

Da die Zeit drängt, wollt ihr natürlich sofort anfangen! Also, bewegt die Spielfigur auf die erste Spielfeldkarte „Station Auswahltest“, dreht diese um und folgt den Anweisungen.

Abbildung 5-43: Anleitung Hauptspiel SPALTEN-Expedition 2<sup>530</sup>

<sup>530</sup> Janke 2016, Betreute Abschlussarbeit.

Das Spiel ist so konzipiert, dass die TeilnehmerInnen sehr schnell den Eindruck vermittelt bekommen, das Boot würde sinken, wodurch die Motivation stetig hochgehalten wird. Tatsächlich ist ein Sinken bei vollendeter Spieldurchführung jedoch kaum möglich, wodurch immer ein Erfolgserlebnis gewährleistet wird. Diese Sicherheit ist aus dramaturgischen Gründen für die TeilnehmerInnen nicht transparent. Alle Fragekarten (Abbildung 5-44) wurden so entwickelt und recherchiert, dass sie thematisch zu einer Schiffsexpedition passen. Um das Hauptspiel interessanter zu machen, wurde hierbei besonderen Wert daraufgelegt, dass die Fragen beziehungsweise die Antworten verblüffen, was besonders durch die Erklärung der Lösung auf jeder Karte erzielt werden soll.



Abbildung 5-44: Beispiel Fragekarte

Im Folgenden werden die einzelnen Stationen, deren Lernziele und der detaillierte Ablauf des Spiels vorgestellt.

### Station Situationsanalyse

Die erste Station der SPALTEN-Aktivitäten ist gleichzeitig ein Kennenlernspiel, bei dem die SpielerInnen sozusagen eine Situationsanalyse in Bezug auf sich selbst durchführen. Die SpielerInnen können sich bei dieser Station Fähigkeiten erspielen,

die ihnen im weiteren Hauptspiel weiterhelfen. Sie müssen bei Station S so viele Fähigkeitsplättchen wie möglich sammeln. Wenn die SpielerInnen später im Hauptspiel eine Wasserfeldkarte umdrehen und einer von ihnen die verlangte Fähigkeit besitzt, dürfen Steine beziehungsweise Muttern aus dem Boot genommen werden. Durch die feste Anzahl an Fragekarten, die bearbeitet werden, benötigen die SpielerInnen für diese Station etwa 10 bis 15 Minuten.

Eine Beispielfrage wäre: „Warst du schon mal länger als einen Tag lang auf einem Boot?“. Antwortet der gefragte Spieler mit „Ja“ so kann ihm die Fähigkeit „Seefestigkeit“ zugeordnet werden.

Lernziele:

- Schaffung von Bewusstsein für die Relevanz der Situationsanalyse
- Kompetenzbasierte Zusammenstellung des PLT

Station 5



Da während eurer Expedition vermutlich viele unerwartete Probleme auftauchen, macht ihr euch jetzt schon einmal Gedanken über die Ausgangssituation. In dieser Station führt ihr eine Situationsanalyse für die Expeditionsreise durch, in der ihr Informationen über euch als Team sammelt. Welche hilfreichen Fähigkeiten bringt ihr mit, um als Team gemeinsam an einem Strang zu ziehen?

**Vorbereitung und Aufbau**

1. Öffnet die „Station 5“ - Box und legt die Fragekarten mit der Vorderseite nach oben gemischt auf einen Stapel in eure Mitte
2. Legt alle Fähigkeitsplättchen offen in die Mitte des Tisches, sodass alle Karten sichtbar sind



**Spielziel**

Ziel ist es, eine Frage immer einem Mitspieler zu stellen, der diese am ehesten mit „Ja“ beantworten kann. Dadurch bekommt ihr Fähigkeitsplättchen, die euch im weiteren Spiel helfen werden.

**Spieldurchführung**

Der jüngste Spieler fängt an.

1. Der Spieler zieht eine Fragekarte von oben vom Stapel und stellt die Frage auf der Rückseite einem Mitspieler, von dem er vermutet, dass dieser die Frage mit „Ja“ beantworten wird.
2. Beantwortet der Mitspieler die Frage mit „Ja“, so kann er zwei Sätze darüber erzählen. Anschließend überlegt die Gruppe, welche Fähigkeit der Mitspieler aus diesem Erlebnis gewonnen haben könnte und versucht, dem Mitspieler ein Fähigkeitsplättchen aus der Mitte zuzuordnen. Dieses nimmt der Spieler dann zu sich auf.  
Beantwortet der Mitspieler die Frage mit „Nein“, so passiert nichts weiter.
3. Anschließend zieht der nächste Spieler im Uhrzeigersinn die nächste Fragekarte und es folgt wieder Schritt 1.

**Spielende**

Das Spiel ist vorbei, nachdem 10 Fragekarten (egal ob die Antwort „Ja“ oder „Nein“ war) beantwortet wurden.

8

Abbildung 5-45: Beschreibung Station Situationsanalyse<sup>531</sup><sup>531</sup> Janke 2016, Betreute Abschlussarbeit.

### Station Problemeingrenzung

In der Spielstory werden die TeilnehmerInnen durch Aktionskarten mit Problemen konfrontiert. Bei der Station „Problemeingrenzung“ müssen die SpielerInnen die Ursache für einen Schiffsdefekt identifizieren.

Das Spiel „Wer bin ich?“ dient als Referenzprodukt für diese Station. Der Spielleiter schildert ein sich auf der Aktionskarte beschriebenes Problem. Nur dieser darf die Ursache für den Defekt einsehen. Die weiteren SpielerInnen müssen diese Ursache erraten. Hierbei darf der Spielleiter nur mit „Ja“ oder „Nein“ antworten.

Die Ursachensuche erfolgt durch ein möglichst geschicktes Fragestellen. Die SpielerInnen dürfen in der ersten Runde die Ursache nur durch Fragestellen finden. Beim Herausfinden der Ursache in der zweiten Runde werden die SpielerInnen dann durch das Ishikawa-Diagramm unterstützt.

Als erfolgreich absolviert gilt die Station, wenn die TeilnehmerInnen die Ursache mit weniger als acht Fragen identifizieren konnten.

Lernziele:

- Unterscheidung von Ursache und Wirkung
- Erstellung und Validierung von Hypothesen bezüglich der Fehlerursache
- Methodische Eingrenzung des Problems

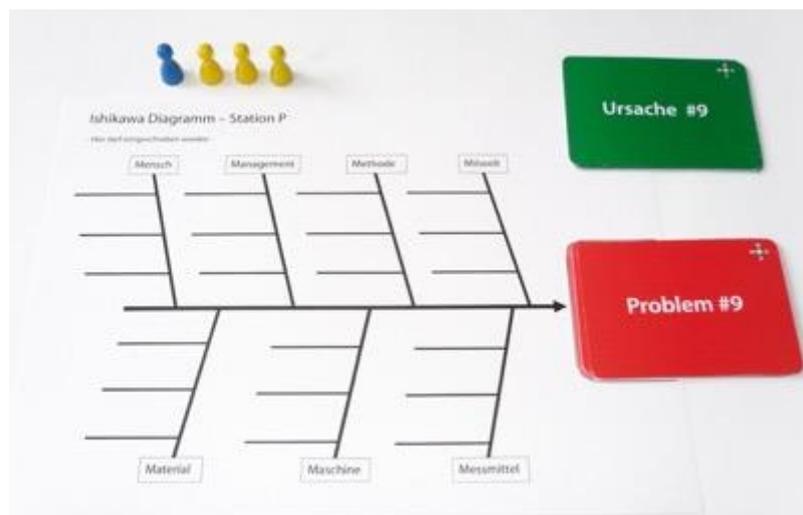


Abbildung 5-46: Station Problemeingrenzung

Station P



Ein Freund, der in einem Ingenieurbüro arbeitet, braucht eure Hilfe. Er hat diverse Probleme, deren Situation er bereits analysiert hat. Trotzdem fällt es ihm schwer, die Ursachen der Probleme zu bestimmen. Helft ihm und erhaltet eine Belohnung!

Vorbereitung und Aufbau

Nehmt zwei Spielfelder „Ishikawa Diagramm“ aus der Gesamtbox und legt sie vor euch hin, außerdem braucht ihr wieder Kugelschreiber aus der „Zubehör“ - Box.  
Öffnet nun die „Station P“ - Box und legt die roten und grünen Karten jeweils mit der Vorderseite nach oben neben das Spielfeld (mischt davor den roten Kartenstapel). Legt außerdem die Spielfiguren neben das Spielfeld.

Spielziel

Erratet in dem Spiel mit maximal 8 JA/NEIN-Fragen die Ursachen der Probleme, um Steine aus eurem Boot heraus nehmen zu können.

Spieldurchführung

Insgesamt werden 3 Problemkarten gespielt. Die erste Problemkarte (Schritt 1-3) ohne Ishikawa Diagramm, die anderen beiden Problemkarten (Schritt A-F) mit Hilfe des Diagramms.

1. Der Steuermann zieht eine rote Problemkarte und legt sie offen in die Mitte.
2. Nun zieht der Steuermann die dazugehörige grüne Ursachenkarte mit der gleichen Nummer und nimmt diese so an sich, dass kein Mitspieler die Rückseite sieht.
3. Alle anderen Mitspieler stellen nun maximal 8 JA/NEIN-Fragen, um die Ursache zu erraten. Der Steuermann darf die Fragen nur mit „JA“, „NEIN“, „Kann sein“ oder „das ist die Ursache“ beantworten. Er notiert dabei mit einer Strichliste die Anzahl der gestellten Fragen.

Führt jetzt ohne weiterzulesen Schritt 1 bis 3 durch und macht anschließend mit Schritt A weiter.

- A. Nun zieht der Maschinist eine rote Problemkarte und legt sie offen auf das Feld auf dem Ishikawa Diagramm.
- B. Alle Spieler füllen jetzt gemeinsam das Ishikawa Diagramm für das entsprechende Problem so weit wie möglich aus  
*Tipp: auf der rechten Seite findet ihr ein Beispiel*
- C. Der Maschinist zieht jetzt die entsprechende grüne Ursachenkarte mit der gleichen Nummer und nimmt diese zu sich, sodass kein Mitspieler die Rückseite sieht.
- D. Nun legt der Maschinist ohne zu sprechen MAXIMAL 4 Spielfiguren auf Äste (Haupt- oder Nebenursachen) des Ishikawa Diagramms, sodass die Ursache näher bestimmt wird.

10

Abbildung 5-47: Beschreibung Station Problemeingrenzung <sup>532</sup><sup>532</sup> Janke 2016, Betreute Abschlussarbeit.

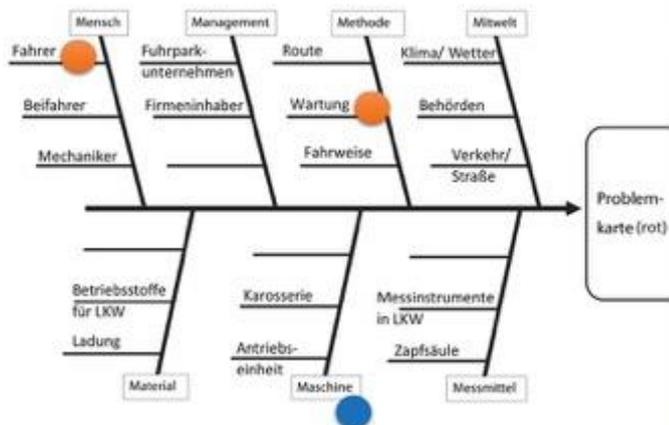
- E. Danach stellen die anderen Mitspieler maximal 8 JA/NEIN-Fragen, um die Ursache zu erraten. Der Maschinist darf die Fragen nur mit „JA“, „NEIN“, „Kann sein“ oder „das ist die Ursache“ beantworten. Er notiert dabei mit einer Strichliste die Anzahl der gestellten Fragen.  
 *Tipp: Verwendet geschickt die Hinweise, die der Maschinist mit den Spielfiguren auf dem Ishikawa Diagramm gegeben hat und fragt topdown.*
- F. Anschließend werden Schritt A bis E mit dem Kapitän als Spielführer wiederholt.

**Spielende - Auswertung**

Nach drei roten Problemkarten erfolgt die Auswertung:  
 Die Anzahl der richtig erratenen Ursachen (mit max. 8 Fragen) dürft ihr nun an Steinen aus eurem Boot nehmen, also maximal drei.

**Beispiel für Schritt A bis E (mit Ishikawa Diagramm)**

- A. Maschinist, rote Problemkarte: Der LKW hat einen erhöhten Kraftstoffverbrauch.  
 B. Ishikawa Diagramm gemeinsam ausfüllen (Äste sind mögliche Haupt- und Nebenursachen des Problems)  
 C. Maschinist, Ursachenkarte: Der LKW hat zu wenig Luft in den Reifen.  
 D. Maschinist setzt Spielfiguren auf relevante Haupt- (hier in blau) oder Nebenäste (hier in orange)
- **Maschine**, da Reifen Teil der Maschine
  - **Wartung** und **Fahrer**, da beide evtl. verantwortlich für Reifendruck



**Tipp:** Das Ishikawa-Diagramm (auch Fischgrätendiagramm genannt) ermöglicht es mit den „7Ms“ (Mensch, Management, Methode...), nahezu alle möglichen Ursachen eines Problems zu erfassen und zu kategorisieren. Es ist dabei durchaus möglich, dass eine Ursache auf mehreren „Ms“ beheimatet ist, allerdings lässt sich jede Ursache meistens einem „M“ als Hauptursache zuordnen. Jedes „M“ hat problemspezifische Unterursachen, die ihr in das Diagramm eintragen könnt.  
 Das Ishikawa Diagramm soll euch dabei helfen, möglichst weitreichend nach der Ursache zu fahnden. Dies gelingt, indem ihr das Ishikawa Diagramm sorgfältig ausfüllt und sinnvolle Unterkategorien zu den „7Ms“ schafft.

- E. Mitspieler stellen clevere JA/NEIN-Fragen:
1. Hat der Fahrer die Wartung an der Maschine vernachlässigt? => Ja
  2. Hat das Problem mit erhöhter Reibung zu tun? => Ja
  3. Tritt die Reibung zwischen Motor und Straße auf? => Ja
  4. Tritt die Reibung am Reifen auf? => Ja
  5. Hat der Reifen zu wenig Luft? => Das ist die Ursache

Das Ishikawa Diagramm hat euch hoffentlich geholfen, die Ursache für die Abweichung zwischen Soll- und Ist-Zustand strukturierter zu finden. Kehrt wieder zum Hauptspiel zurück und macht euch jetzt auf den Weg zu Station A.

Abbildung 5-48: Beschreibung Station Problemeingrenzung 2<sup>533</sup>

<sup>533</sup> Janke 2016, Betreute Abschlussarbeit.

### Station Alternative Lösungen

In der dritten Station müssen die TeilnehmerInnen zu dem vorher identifizierten Problem Lösungsalternativen finden. Hierbei müssen die SpielerInnen in gegebener Zeit möglichst viele unterschiedliche Lösungsideen generieren. Dazu verwenden sie die Reizbildmethode, also eine Kreativitätsmethode. Sie fördert das Generieren von vielen abstrakten Ideen, ohne die AnwenderInnen in ihrer Kreativität einzuschränken. Durch den Zeitdruck, der durch die Zeitbegrenzung entsteht, haben die SpielerInnen erfahrungsgemäß oft ähnliche Ideen zu unterschiedlichen Bildern. An dieser Stelle kann bei der Nachbereitung, und auch während des Spiels, durch einen Spielleiter, auf die Bedeutung des „Informations-Checks“ eingegangen werden. Im Anschluss an die Kreativitätsmethode muss überprüft werden, ob das Ergebnis auch zur aktuellen Situation passt. Das heißt: Es muss sichergestellt werden, ob die generierte Idee auch wirklich das Problem löst. Hilfreich, beziehungsweise nötig ist es hierfür, dass die generierten Ideen, wie in der Anleitung ebenfalls gefordert, aufgeschrieben werden. Bei der Nachbereitung kann hierzu die Analogie zum KIS (Kontinuierlicher Ideen Speicher) hergestellt werden, da es hilfreich ist, jegliche Ideen zumindest kurz schriftlich festzuhalten.

#### Lernziele:

- Visuelle Stimulierung bei kreativen Prozessen
- Anwenden der Reizbildmethode
- Trennung zwischen Analyse und Syntheseaktivitäten
- Nutzung des KIS (Kontinuierlicher Ideen Speicher)



Abbildung 5-49: Station Alternative Lösungen generieren

Station A



Der Antrieb eures Expeditionsschiff macht euch Probleme. Ihr habt die Ursache warum ihr nicht mehr weiterkommt bereits gefunden. Damit die Expedition nicht scheitert, braucht ihr jetzt möglichst viele alternative Lösungen.

Vorbereitung und Aufbau

Nehmt die Fotokarten aus der „Station A“ - Box, mischt sie und legt sie verdeckt (Foto nach unten) als Stapel in eure Mitte. Nehmt den Schreibblock und einen Stift aus der „Zubehör“ - Box zu euch und schreibt auf ein Blatt die Überschrift „Ideenspeicher“.

Für Station A findet ihr außerdem zwei Problemkarten in der „Station A“ - Box. Entscheidet euch für eine und macht euch mit ihr vertraut.

Spielziel

Ziel ist es, in 5 Minuten möglichst viele Fotokarten aufzudecken. Eine Fotokarte darf aufgedeckt werden, sobald ihr zur vorherigen Fotokarte eine **neue, andere Idee** generiert habt.

Anfangs werdet ihr euch wundern, was die Bilder mit eurem Problem zu tun haben! Aber ihr werdet schnell feststellen, dass euch die Bilder Denkanstöße geben, um abstrakte Ideen zu generieren. Die Ideen müssen auf den ersten Blick keinesfalls umsetzbar sein, allerdings sollten sie schon innerhalb physikalischer Grundgesetze liegen. Es geht darum, dass ihr kreativ seid und möglichst viele unterschiedliche abstrakte Ideen generiert.

Spieldurchführung

Zum Spielstart startet ihr die Countdown-Uhr mit 5 Minuten.

1. Ein beliebiger Spieler zieht die oberste Fotokarte und legt sie aufgedeckt in die Mitte, sodass sie jeder Spieler gut sehen kann.
2. Nun überlegt sich jeder Spieler, was für eine Idee er aus diesem Bild ableiten kann, damit ihr das auf der Problemkarte beschriebene Problem beheben könnt.
3. Hat ein Spieler eine Idee, so nennt er diese der Gruppe.
4. Ist die Gruppe damit einverstanden, schreibt der Spieler die Idee stichpunktartig auf das Blatt mit der Überschrift „Ideenspeicher“.
5. Anschließend zieht dieser Spieler die nächste Fotokarte und es folgt wieder Schritt 1.

*Tipp: Ihr habt zwei „Joker“, um jeweils ein aufgedecktes Foto zu überspringen, falls euch dazu keine Idee einfällt.*

12

Abbildung 5-50: Beschreibung Station Alternative Lösungen <sup>1534</sup><sup>534</sup> Janke 2016, Betreute Abschlussarbeit.

### *Spielende - Auswertung*

Nachdem die Zeit abgelaufen ist, zählt ihr die Anzahl der auf dem „Ideenspeicher“ aufgeschriebenen Ideen.

Achtung: Es zählen nur Ideen, die sich von den anderen auch entscheiden.

Beispiel zu unterschiedlichen Ideen anhand der menschlichen Fortbewegung:

Rennen und Gehen ist das Gleiche. Sich von jemand tragen lassen ist eine neue, andere Idee.

Habt ihr 8 Ideen generiert? Dann nehmt einen Stein aus eurem Boot, pro 2 weiteren Fotokarten einen weiteren Stein, allerdings maximal 4 Steine.

Die Hälfte eurer Expedition ist nun schon vorbei. Bevor ihr euch beim Hauptspiel auf den Weg zur nächste Station macht, würde sich, falls noch nicht geschehen, vielleicht eine kleine Pause anbieten.

13

*Abbildung 5-51: Beschreibung Station Alternative Lösungen 2<sup>535</sup>*

<sup>535</sup> Janke 2016, Betreute Abschlussarbeit.

### Station Lösungsauswahl

Bei dieser Station identifizieren die SpielerInnen zunächst Kundenwünsche und bauen anschließend aus Lego ein Modell nach, welches ein Spieler auf einer Abbildung sieht (zum Beispiel ein Segelschiff mit zwei Masten) und seinen MitspielerInnen lediglich beschreiben darf. Anschließend wird die, aus Sicht der Gruppe, beste Lösung ausgewählt. Die technischen Beurteilungskriterien wurden hierzu vorher aus den Kundenwünschen abgeleitet („der vordere Mast ist größer als der hintere“). Bezüglich der SPALTEN-Methodik lernen die SpielerInnen bei dieser Station, die richtigen Zielkriterien für die anschließende Bewertung und Auswahl der Lösung festzulegen. Außerdem ist es immer sehr wichtig, aus den Kundenwünschen (bei unterschiedlichen Windstärken-Segeln) die wichtigsten technischen Anforderungen abzuleiten. So hilft es den SpielerInnen, wenn sie wissen, wie sie Kundenwünsche auf technische Ausprägungen des späteren Produkts übertragen können. Dies hilft zum einen dem Beschreiber des Modells, sich auf die wesentlichen Bereiche zu konzentrieren. Zum anderen wissen die übrigen MitspielerInnen, auf was sie beim Nachbauen des Modells achten sollten.

#### Lernziele:

- Ableiten von technischen Anforderungen aus Kundenwünschen
- Validierung von Kundenanforderungen
- Ableitung von Bewertungskriterien aus dem Zielsystem



Abbildung 5-52: Station Lösungsauswahl

Station L



Da ihr während eurer Reise zwischendurch immer wieder Zeit habt, beschließt ihr, Auftragsarbeiten von eurem Chef abzarbeiten. Dabei geht es darum, Kundenwünsche in Objekte umzusetzen. Dies macht ihr in einem ersten Schritt mit Lego.

**Vorbereitung und Aufbau**

Spielt ihr das Spiel zum ersten Mal, entnehmt aus der „Station L“ – Box den Umschlag L1a und L1b (ansonsten L2a und Lb2). Achtung, die Umschläge jetzt noch NICHT öffnen! Die „Lego“ – Box legt ihr ebenfalls bereit.

**Spielziel**

In diesem Spiel gibt es zwei Spielziele:

1. Den Kundenwünschen müssen die richtigen Beurteilungskriterien (technische Merkmale) zugeordnet werden
2. Das beste Legomodell wird anhand der Beurteilungskriterien ausgewählt und bewertet

**Spieldurchführung**

Das Spiel wird zweimal gespielt und jeweils in den Schritten 0 bis 6 durchgeführt. Entweder wird Umschlag L1a und danach L1b oder L2a und danach L2b gespielt.

**Schritt 0**  
Der Kapitän bestimmt für diese Spielrunde einen Beschreiber, der einen Umschlag zu sich nimmt, diesen allerdings noch nicht auspackt.

**Achtung:** Die Inhalte des Umschlags dürfen nur auf Anweisung der Anleitung und nur von der erwähnten Person angeschaut werden.

**Schritt 1 – Kundenwünsche besprechen** **ALLE**  
Die grüne Kundenwunsch-Karte wird auf den Tisch gelegt, laut vorgelesen und kurz diskutiert.  
*Tipp: Macht euch zu jedem Kundenwunsch kurz Gedanken, auf welches „technische Bauteil“ beim Beschreiben und Bauen besonders Wert gelegt werden muss.*

**Schritt 2 – Bild beschreiben** **NUR Beschreiber** (1 min)  
Der Beschreiber nimmt die rote Bild-Karte aus dem Umschlag und öffnet diese so, dass die anderen Mitspieler das Bild nicht sehen. Jetzt beschreibt er das Bild für 1 Minute. Es darf dabei noch kein Lego angefasst werden.  
*Tipp: Der Beschreiber muss darauf achten, dass er vor allem die relevanten „technischen Bauteile“ und das allgemeine Aussehen beschreibt und nicht jeden einzelnen Legostein!*

**Schritt 3 – Modell bauen** **ALLE außer Beschreiber** (3 min)  
Alle Mitspieler (außer der Beschreiber) bauen nun aus Lego jeweils eigenständig das beschriebene Objekt innerhalb von 3 Minuten nach, ohne dass der Beschreiber weitere Hinweise geben darf.  
*Tipp: Für die spätere Beurteilung der Modelle werden nur die Beurteilungskriterien aus Schritt 4/5 herangezogen! Die Form der einzelnen Legosteine muss nicht mit denen auf dem beschriebenen Bild übereinstimmen.*

**Schritt 4 – Kriterien-Karten zuordnen** **ALLE**  
Nun nimmt der Beschreiber die Kriterien-Karten, die mit einem Gummi zusammengehalten werden, aus der Packung und legt sie offen auf dem Tisch aus. Alle Spieler versuchen nun gemeinsam, die weißen Kriterien-Karten den Hellblauen zu zuordnen.

14

Abbildung 5-53: Beschreibung Station Lösungsauswahl 1<sup>536</sup>

<sup>536</sup> Janke 2016, Betreute Abschlussarbeit.

**Schritt 5 – Kriterien-Karten mit Lösung vergleichen ALLE**

Sind sich alle Spieler einig, so darf der Beschreiber die blaue Lösungskarte herausholen und aufdecken. Nun werden die Kriterien-Karten anhand der Buchstaben mit der Lösung verglichen.

- Habt ihr allen 5 Kundenwünschen die richtigen Kriterien-Karten zugeordnet, so dürft ihr einen Stein aus dem Boot nehmen.

**Schritt 6 – Beurteilung und Auswahl der Legomodelle ALLE**

Nun werden die erbauten Modelle mit der Lösung der Kriterien-Karten aus Schritt 5 verglichen. Alle Mitspieler zählen nun, wie viele Beurteilungskriterien ihr Legomodell erfüllt. Das Modell mit den meisten erfüllten Beurteilungskriterien wird ausgewählt und zählt für die Bewertung:

- Hat dieses Modell 5 Kriterien erfüllt, so dürfen jetzt 2 Steine aus dem Boot genommen werden.
- Hat dieses Modell 4 Kriterien erfüllt, so darf jetzt 1 Stein aus dem Boot genommen werden.

Anschließend dürfen alle Spieler die rote Bildkarte betrachten!

**Spielende - Auswertung**

Nachdem zwei Modelle durchgespielt wurden, werden alle Steine zusammengezählt und zurück zum Hauptspiel gegangen.

**Beispiel U-Boot**

**Schritt 1 – Kundenwünsche besprechen - ALLE:**

**Kundenwünsche**

1. Der Kapitän soll ein Periskop zur Verfügung haben
2. Das U-Boot soll eine stromlinienförmige Form haben
3. Das U-Boot soll nicht nur über Ballasttanks die Tauchtiefe einstellen können

Interpretation der Gruppe:

1. → das Periskop (Sehrohr) sollte explizit beschrieben werden
2. → Vielleicht ist die Länge interessant
3. → Das U-Boot soll nicht nur über Ballasttanks die Tauchtiefe einstellen können

**Schritt 2 – Bild beschreiben – NUR Beschreiber - (1 min)**

Der Beschreiber geht explizit auf das Periskop, die seitlichen Ruder sowie die Länge des U-Bootes ein. Er beschreibt aber nicht JEDEN Legostein einzeln.



**Schritt 3 – Modell bauen – ALLE außer Beschreiber - (3 min)**

**Schritt 4 – Kriterien-Karten zuordnen – ALLE**

Kriterienkarte: Periskop		Höchster Punkt	?	✓
Kriterienkarte: Stromlinienförmige Form		Stromlinienförmig	?	✓
Kriterienkarte: Ruderwerk „Tauchtiefe“		Druckluft	?	✓

**Schritt 5 – Kriterien-Karten mit Lösung vergleichen – ALLE**

**Lösung - Beurteilungskriterien**

1. Das Periskop (Sehrohr) muss erkennbar sein und ist der höchste Punkt des U-Boots. Lösung: R-K-N
2. Das U-Boot ist mindestens doppelt so lang wie breit. Lösung: F-D-E-U
3. Das U-Boot besitzt zwei erkennbare Tiefenruder in der Mitte des Rumpfes. Lösung: L-Q

**Schritt 6 – Beurteilung und Auswahl der Legomodelle – ALLE**

Abbildung 5-54: Beschreibung Station Lösungsauswahl 2<sup>537</sup>

<sup>537</sup> Janke 2016, Betreute Abschlussarbeit.

### **Station Tragweitenanalyse**

Die SpielerInnen führen bei dieser Station eine Tragweitenanalyse durch, indem sie die Folgen einer Umweltkatastrophe untersuchen. Da eine große Datenmenge nach relevanten Daten gefiltert werden muss, ist Kommunikation und Zusammenarbeit von großer Bedeutung. Das Spielfeld ist für den Einmalgebrauch konzeptioniert, wodurch sich die SpielerInnen darauf Notizen machen können. Die Informationen bezüglich der einzelnen Inseln sind auf den grünen, laminierten Karten abgedruckt. Die SpielerInnen müssen in 20 Minuten die gegebenen Informationen untersuchen, und die relevanten herausfiltern. Bei der Tragweitenanalyse geht es darum, durch einen Perspektivenwechsel Chancen und Risiken einer Lösung abzuschätzen. In diesem Fall ist die Lösung, dass die Inselbewohner vor der Katastrophe flüchten. In der Rolle von Katastrophenhelfern müssen die SpielerInnen diesbezüglich die Folgen untersuchen.

Ein weiterer großer Faktor, um die Station erfolgreich zu lösen, ist, dass die Gruppe gut zusammenarbeitet. Die Menge an Informationen kann nur erfolgreich verarbeitet werden, wenn die Gruppe es schafft, sich gut zu organisieren, insbesondere die Aufgaben geschickt zu verteilen. Im Zuge der Nachbereitung kann hierauf eingegangen werden, wie die Aufgaben vielleicht besser verteilt werden könnten.

#### **Lernziele:**

- Durch einen Perspektivwechsel Chancen und Risiken einer Lösung abschätzen lernen
- Fraktalität von SPALTEN
- Informationsstrukturierung

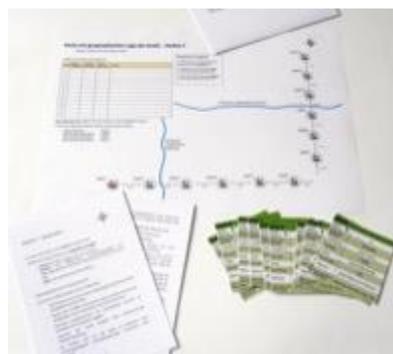


Abbildung 5-55: Station Tragweitenanalyse

Station T



Ihr hört über euer Radio, dass auf einer der 12 Inseln, die ihr bei eurer Suche nach der SPALTEN Insel näher in Betracht zieht, eine Katastrophe geschehen ist! Natürlich ist sofort eure Neugier geweckt, was passiert ist und vor allem, welche weiteren der 12 Inseln von diesem Unglück betroffen sind!

Vorbereitung und Aufbau

Ihr müsst euch folgendes bereit legen,  
**allerdings noch nichts anschauen und den Umschlag noch nicht öffnen:**

- Aus der „Zubehör“ - Box: Mindestens einen Kugelschreiber
- Aus der Gesamtbox einen A3 Spielplan: „Karte mit geographischer Lage der Inseln“
- Aus der „Station T“ - Box: 12 Inselkarten und einen der beiden Umschläge (Spielrunde 1 – Vulkanausbruch oder Spielrunde 2 - Seuche)

Spielziel

Findet heraus, auf welcher Insel die Katastrophe ihren Ursprung hat und welche weiteren Inseln direkt oder indirekt betroffen sind.

Spieldurchführung

Überlegt euch, welche der 12 Inseln anhand der gegebenen Informationen aus dem Umschlag von der Katastrophe bis zu eurer voraussichtlichen Ankunft in 2 Tagen betroffen sind! Notiert dazu auf der „Karte mit geographischer Lage der Inseln“, welche Inseln direkt, welche Inseln indirekt und welche nicht von der Katastrophe betroffen sind. Emotionale Betroffenheit wird hierbei nicht berücksichtigt.  
 Für die Bearbeitung der Aufgabe habt ihr maximal 20 Minuten Zeit.

**Startet die Countdown-Uhr (20 min.) jetzt und öffnet den Umschlag!**

Spielende - Auswertung

Wenn ihr denkt, dass ihr fertig seid oder die 20 Minuten abgelaufen sind, öffnet ihr die Lösung, die sich ebenfalls im Umschlag befindet, und vergleicht eure Lösung mit der Musterlösung. Auf dem A3 Spielfeld seht ihr nun wie viele Steine ihr aus eurem Boot nehmen dürft.

Kehrt zum Hauptspiel zurück und fahrt zur nächsten Station, bevor ihr mit Station E weitermacht. NACH Station E müsst ihr eine Insel ansteuern. Wie das geht könnt ich nochmal auf Seite 5 nachlesen.

16

Abbildung 5-56: Beschreibung Station Tragweitenanalyse<sup>538</sup>

<sup>538</sup> Janke 2016, Betreute Abschlussarbeit.

**Station Entscheiden und Umsetzen**

Bei dieser Station müssen die TeilnehmerInnen als Team ein möglichst hohes Modell eines Aussichtsturms aus Lego bauen, der eine Last von 0,5 kg trägt. Limitiert sind die SpielerInnen durch die Zeit und die Anzahl der zur Verfügung stehenden Legosteine. Bei der SPALTEN-Aktivität „Entscheiden und Umsetzen“ muss sich für die Lösung aktiv entschieden werden, um sie anschließend umsetzen zu können. Die Entscheidung, einen Aussichtsturm zu bauen, wird in dem Spiel vorgegeben. Bei der Umsetzung geht es allerdings auch um Risikominimierung und Chancenoptimierung. Genau dies wird von den SpielerInnen in der Planungsphase des Baus verlangt. So kann beispielsweise das Risiko des Umfallens durch eine hohe Stützpfileranzahl gesenkt werden. Bei dieser Station kann in der Nachbereitung auch auf den fraktalen Charakter der SPALTEN Methodik eingegangen werden. Obwohl sich die SpielerInnen in der „Entscheiden und Umsetzen“-Aktivität befinden, durlaufen sie wieder einen kleinen SPALTEN-Prozess, da sie erst die Situation analysieren, mögliche Lösungen generieren und die Tragweite hinsichtlich Chancen und Risiken abwägen müssen. In der Bauphase ist die Zeit relativ knapp bemessen. Bei der Nachbereitung kann daher auf die Kommunikation und Aufgabenverteilung der Gruppe eingegangen und mögliche Verbesserungen aufgezeigt werden.

Lernziele:

- Relevanz der Planung
- Zwei Sichtweisen auf SPALTEN (Methodenauswahl und Methodendurchführung)

## Station E

Bei der letzten Station vor der Insel ist nochmal eure Teamfähigkeit gefragt. Ihr wollt jetzt schon eine gute Sicht auf die SPALTEN Insel haben, die ihr bald ansteuern werdet. Hierfür habt ihr auch schon eine Lösung ausgewählt: Ihr wollt einen Turm bauen, der einen Matrosen trägt, um so möglichst weit in die Ferne sehen zu können. Natürlich wollt ihr das erst an einem Modell testen. Dazu baut ihr aus Lego einen möglichst hohen Turm, an dessen Spitze ihr eine Flasche hängt, die das Gewicht des späteren Matrosen simulieren soll. Wie hoch könnt ihr den Aussichtsturm bauen?

### Spielaufbau

Öffnet die Box „Zubehör“ und nehmt das Maßband heraus. Legt das Maßband, die Legosteine und die 0,5l Wasserflasche aus der Gesamtbox auf den Tisch.

### Spielziel

Ziel ist es, in der gegebenen Zeit mit den Legosteinen einen möglichst hohen Turm zu bauen, an dem die 0,5l Wasserflasche anschließend für 10 Sekunden an der Schlaufe hängen kann.

Es dürfen keine weiteren Hilfsmittel verwendet werden. Die Flasche, die in Phase 3 eingehängt wird, darf den Turm nicht berühren. Es darf nur die unveränderte Schlaufe zur Befestigung der Flasche verwendet werden. Diese kann mit dem Karabiner zum Einhängen geöffnet werden, siehe Abbildung.



### Spieldurchführung

#### Phase 1 - Planung - (10 min.)

In dieser Phase habt ihr maximal 10 Minuten Zeit, in der ihr euch besprechen und euch überlegen könnt, wie ihr den Turm baut. Bedenkt dabei, dass ihr euch gegenseitig sinnvolle Aufgaben für Phase 2 gebt, da die Zeit dort drängt.

Vergesst nicht, eine Vorrichtung zum Einhängen der Flaschenschlaufe einzuplanen und verwendet die Countdown-Uhr!

Achtung: Das Lego darf in dieser Zeit zwar angefasst werden, aber nicht mehr als zwei Steine zusammengebaut werden, auch nicht für Tests!

#### Phase 2 - Bau - (10 - (Anzahl der Spieler / 2) min.)

In dieser Phase habt ihr „10 minus (Anzahl der Spieler/2) [Minuten]“ Zeit, um den Turm zu bauen. Nach Ablauf der Zeit muss der Turm stehen und darf nicht weiter verändert werden.

Währenddessen darf mit der Wasserflasche nicht getestet werden!

#### Phase 3 - Überprüfung

In dieser Phase testet ihr, wie hoch und stabil euer Turm ist. Dazu hängt ihr die 0,5 l Wasserflasche mit der Schlaufe an euren Turm. Die Flasche muss nun mindestens 10 Sekunden am Turm hängen, ohne dass dieser umfällt oder zusammenbricht. Während dieser Zeit messt ihr mit dem beiliegenden Meterstab die Höhe vom Tisch bis zum Flaschenboden.

Beachtet: Außer zum Einhängen der Flasche dürft ihr die Legosteine nicht berühren!

### Spielende - Auswertung

Wenn euer Turm steht - wie viel Zentimeter Höhe vom Tisch bis zum Flaschenboden habt ihr erreicht?

- < 10 cm: ihr dürft leider keinen Stein aus dem Boot nehmen
- 10 – 20 cm: nehmt einen Stein aus dem Boot
- 21 – 40 cm: nehmt zwei Steine aus dem Boot
- 41 – 60 cm: nehmt drei Steine aus dem Boot
- > 61 cm: nehmt drei Steine aus dem Boot und dreht eine beliebige Spielfeldkarte um

Abbildung 5-57: Beschreibung Station Entscheiden und Umsetzen<sup>539</sup>

<sup>539</sup> Janke 2016, Betreute Abschlussarbeit.

### Station Nachbereiten und Lernen

Die abschließende Station, „Die Heimreise“ wird gespielt, nachdem die SpielerInnen die richtige Insel gefunden haben, also nachdem das Hauptspiel zu Ende ist. Dabei wird das vergangene Spiel nochmal reflektiert und die einzelnen Stationen den dazugehörten Aktivitäten der SPALTEN-Methodik zugewiesen. Bei dieser Station spielen die SpielerInnen ein Memory, bei dem sie Drillinge finden müssen. Insgesamt gibt es 7 Drillinge, da es auch 7 SPALTEN-Aktivitäten gibt. Jede Aktivität besteht aus einem Namen, einem Bild der entsprechenden Station, sowie einer stichwortartigen Beschreibung. Die SpielerInnen reflektieren hier nochmal das gesamte Spiel und leiten sich so her, welche Station, welche SPALTEN-Aktivität repräsentiert. Da auf einer Karte jedes Drillings die Aktivität stichwortartig zusammengefasst ist, wird den SpielerInnen hierbei nochmal ins Gedächtnis gerufen, worauf es bei den jeweiligen Aktivitäten ankommt. Ein moderierender Spielleiter hat hier die Möglichkeit, die Reflektions- und Lernphase nach Belieben auszubauen und vor allem an die jeweilige Spielergruppe anzupassen. Einerseits kann auf den psychologischen Teil, wie die Gruppendynamik oder die Rollenaufteilung innerhalb der Gruppe eingegangen werden, andererseits auch auf die SPALTEN-Methodik in Bezug auf die SPALTEN-Expedition im Detail.

Lernziele:

- Bedeutung der Reflexionsphase
- Nachbereiten und Lernen, sowohl für den Prozess als auch für das System



Abbildung 5-58: Station Nachbereiten und Lernen

# Heimreise

(Station N)



Heute ist der Tag der Heimreise. Auf der langen Fahrt überlegt ihr in gemütlicher Runde nochmal, was ihr in den letzten 7 Tagen alles erlebt habt und spielt folgendes Spiel.

**Vorbereitung und Aufbau**

Öffnet die „Heimreise“ - Box und mischt verdeckt die Spielkarten und breitet sie vor euch aus.

**Spielziel**

Das Spiel wird ähnlich gespielt wie Memory. **Allerdings sucht ihr Drillinge statt Pärchen.**  
(Ein Drilling besteht immer aus einem Buchstaben von SPALTEN, einem Bild und einer stichwortartigen Beschreibung)

Tipp: Wie auch auf der gesamten Reise wird bei der Heimreise das Teamwork groß geschrieben. Daher dürft ihr euch auch gerne gegenseitig helfen, um die Drillinge zu finden!

**Spieldurchführung**

Der Reihe nach darf jeder von euch immer 3 Karten umdrehen.  
Passen die Karten zueinander (Drilling), so darf der Spieler die Karten zu sich nehmen und kommt noch einmal dran. Passen die Karten nicht zueinander, so dreht er alle drei wieder um, sodass sie verdeckt sind.

**Spielende - Auswertung**

Sind alle Karten weg, so hat das Team die Heimreise geschafft und darf sich nun entspannen, hoffentlich mit der Lösung auf alle Probleme – SPALTEN!!!

18

Abbildung 5-59: Beschreibung Station Nachbereiten und Lernen<sup>540</sup>

<sup>540</sup> Janke 2016, Betreute Abschlussarbeit.

### Das Rätsel der FMEA

Das zweite Methoden-Lernspiel vermittelt Inhalte und Begriffe der Methode FMEA. Das entwickelte, auf einem Brettspiel basierende, Methodik-Lernspiel trägt den Namen "Das Rätsel der FMEA". Wie auch „Die SPALTEN-Expedition“ kann das Spiel mit unterschiedlichen Teilnehmeranzahlen (4-12 Personen) innerhalb eines halben Tages durchgeführt werden. Im Folgenden wird das Spiel (Abbildung 5-60) im Detail dargestellt.



Abbildung 5-60: Methoden-Lernspiel "Das Rätsel der FMEA"<sup>541</sup>

Das Rätsel der FMEA ist ein kompetitives Methodik-Lernspiel, das aus einem Hauptspiel (Brettspiel) und sechs kleineren Zwischenspielen besteht. Die Stationen Team Building, Strukturanalyse, Funktionsanalyse, Fehleranalyse, Risikoprioritätszahl und FMEA-Formblatt werden nacheinander in eine, an die reale FMEA angelehnte, feste Reihenfolge durchgeführt.

Den Zwischenspielen ist, für eine optimale Lernerfahrung, stets ein Theorieteil vorangestellt, bevor in unterschiedlichen Spielformen nacheinander die FMEA für das Produkt "Kugelschreiber" durchgeführt wird. Das Erlernte wird in einer, an jedes Zwischenspiel anschließende, Reflexionsphase nochmals besprochen. Die moderierte Spieldurchführung ist mit einer Anzahl von vier bis zwölf Spielern in zwei bis vier Teams möglich und dauert circa vier Stunden lang.

Das Hauptziel ist, eine mit einem Zahlenschloss verriegelte Schatzkiste zu öffnen. Durch das Hauptspiel und die Zwischenspiele können sich die Teams immer wieder Informationen auf die zweistellige Zahlenkombination erspielen.

---

<sup>541</sup> Fehring 2016, Betreute Abschlussarbeiten

Das Hauptspiel legt den allgemeinen Rahmen des Rätsels der FMEA fest. Hierbei bewegen sich die SpielerInnen auf dem Spielbrett durch das Ausspielen von Karten voran und erreichen nach und nach die einzelnen Zwischenspiele.

Die Reihenfolge der Zwischenspiele wird durch das Hauptspiel festgelegt. Somit wird sichergestellt, dass das Lernziel - die Reihenfolge der einzelnen FMEA-Schritte - den SpielerInnen richtig vermittelt wird.

**Zwischenspiel Team Building:** Das Zwischenspiel besteht aus einem Wettbewerb, bei dem ein Kugelschreiber zusammengebaut werden muss, und aus unterschiedlichen Fragetypen. Hierbei können sich die SpielerInnen jeweils Punkte erspielen. Im Zuge dessen werden die Wissensstände der SpielerInnen abgefragt und darauf basierend die beiden Teams eingeteilt.

**Zwischenspiel Strukturanalyse:** Im zweiten Zwischenspiel, der Strukturanalyse, erstellen die SpielerInnen einen Strukturbaum für den Kugelschreiber. Den vorgegebenen Strukturelementen sind „verwirrungsschaffende“ Elemente beigefügt. Die SpielerInnen müssen die Strukturanalysechips den richtigen Ebenen (unterschiedliche Tore) des Strukturbaums zuordnen und diese dort hineinschnippen. Hierbei durchlaufen die SpielerInnen einen Abwägungsprozess, mit dem Ziel, eine klare Grenze zwischen dem gesuchten Strukturbaum des Kugelschreibers, der Umwelt und sonstigen Elementen zu ziehen.

**Zwischenspiel Funktionsanalyse:** Im dritten Zwischenspiel definieren die Teams zunächst Funktionen für die einzelnen Elemente des Strukturbaums. Anschließend müssen die mit Funktionen näher beschriebenen Strukturelemente der Gegnerteams dem eigenen Team erklärt werden, ohne dass ein Wort verwendet wird, das auf der Karte steht. Hierbei lernen die SpielerInnen, angelehnt an die vorgegebenen Funktionen, weitere Funktionen selbst und richtig zu definieren.

**Zwischenspiel Fehleranalyse:** Das Zwischenspiel zur Fehleranalyse besteht aus einer Kombination von tatsächlicher Fehlerursachensuche am Produkt, einer Arbeitssitzung und der Spielform "Fehlerursachenversenken". Die SpielerInnen sollen sich in der Arbeitssitzung möglichst realitätsnahe Fehler, Fehlerursachen und Fehlerfolgen ausdenken. Das Ziel ist es, angelehnt an die vorherigen Überlegungen, die Fehlerursachen der Gegnerteams zu erraten. Durch das spielerische Entdecken von Fehlern werden diese erfahrbar gemacht. Die darauffolgende, zweite Arbeitssitzung, und das Erraten der Fehlerursachen ermöglicht es den SpielerInnen sich in eine alltägliche und praxisnahe Fehleranalyse zu versetzen.

**Zwischenspiel Risikoprioritätszahl:** Hierbei befüllen die Teams RPZ-Quartettkarten mit Entdeckungs- und/oder Vermeidungsmaßnahmen. Auf den vorausgefüllten Quartettkarten sind die im vierten Zwischenspiel entdeckten Fehlerursachen in der Bedeutung des Fehlers, der Auftretenswahrscheinlichkeit und der Entdeckungswahrscheinlichkeit bewertet. Durch den an die Maßnahmendefinition anschließenden Spielmodus, machen sich die SpielerInnen mit dem Inhalt der Karten vertraut und erlangen automatisch ein Gespür für die RPZ. Auf den normalerweise folgenden Optimierungsschritt wird vom Moderator hingewiesen.

**Zwischenspiel FMEA-Formblatt:** Im sechsten und letzten Zwischenspiel versuchen die Teams mit ihren erspielten Informationen über das Zahlenschloss die Schatzkiste zu öffnen. Hierbei wird das Ziel verfolgt, dass alle SpielerInnen einmal ein ausgefülltes FMEA-Formblatt gesehen haben, sich darüber austauschen und Fragen dazu stellen können.

## Scrum-Base

„Scrum-Base“ ist ein Methoden-Lernspiel, das mit dem Ziel entwickelt wurde, die agile Produktentwicklungsmethode Scrum erlebbar zu machen. Das Spiel ist für 3-6 TeilnehmerInnen mit technisch-akademischem Hintergrund ausgelegt. Es ist für den Einsatz auf einen vierstündigen Scrum-Workshop sowohl im Studentischen-, als auch im Industrieumfeld konzipiert. Da das Spiel für TeilnehmerInnen ohne Vorkenntnisse von Scrum entwickelt wurde, wird vor Spielbeginn ein kurzes Methodenvideo über Scrum gezeigt, welches nach der in Kapitel 5.3.4 dargestellten Methode entwickelt wurde. So werden die Workshop-TeilnehmerInnen erst mit der Theorie und dem Framework von Scrum vertraut gemacht, und durch das Lernspiel anschließend auch mit deren Anwendung.

„Scrum-Base“ ist ein kooperatives Spiel, bei dem die TeilnehmerInnen ein Entwicklerteam repräsentieren, das mit der Planung und dem Aufbau einer Mondbasis beauftragt wird (vgl. Abbildung 5-61). Das Team hat sich für einen agilen Entwicklungsansatz entschieden und nutzt daher zur Verwirklichung der Basis die Scrum-Methode. Der Spielleiter besetzt die Rolle des Product Owner, der die Anforderungen an die Basis definiert.



Abbildung 5-61: Scrum-Base<sup>542</sup>

<sup>542</sup> Trost 2017, Betreute Abschlussarbeiten

Der Ablauf des Spiels gleicht mehreren Scrum-Zyklen, in denen die TeilnehmerInnen wiederholt die verschiedenen Scrum-Zeremonien durchlaufen (vgl. Abbildung 5-62). Das „Sprint Planning“ ist die Phase, in welcher sich die Spieler mit ihren Handlungsmöglichkeiten vertraut machen. Hier können sie als selbstständiges Team die Entscheidungen darüber treffen, wie die geforderten Produkthanforderungen umgesetzt werden.

Der „Sprint“ ist die zentrale Phase eines Zyklus. Hier müssen die TeilnehmerInnen unter Zeitdruck (12min Bearbeitungszeit) alle Ziele umsetzen, zu deren Bearbeitung sie sich verpflichtet haben. Die zu lösenden Aufgaben beinhalten dabei immer Lernziele, die von den TeilnehmerInnen meist nur unterbewusst wahrgenommen werden. Wenn nach Ende des Sprints in der Sprint-Retrospektive die bearbeiteten Aufgaben rekapituliert werden, wird den SpielerInnen verdeutlicht, wie diese im größeren Zusammenhang zu Scrum stehen und welche Parallelen sich zum Arbeitsalltag finden lassen.

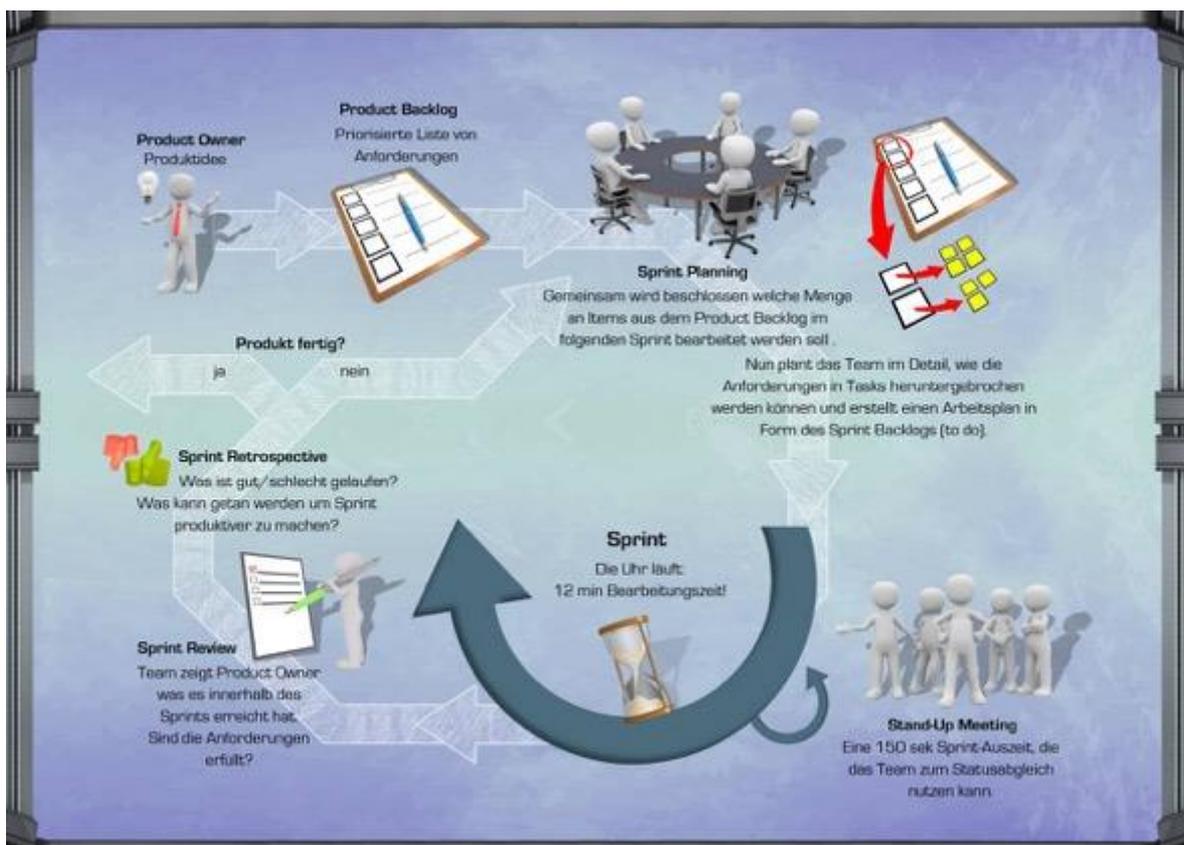


Abbildung 5-62: Der Spielablauf (Scrum-Zyklen) des Lernspiels<sup>543</sup>

<sup>543</sup> Trost 2017, Betreute Abschlussarbeiten

In den 12-minütigen Sprints muss das Entwicklerteam die Wünsche der Kunden und des Product Owner umsetzen. Für jede Aktion, die die SpielerInnen im Sprint durchführen wollen, müssen sie zuerst erfolgreich eine Aufgabe erledigen. Für erfolgreich vollendete Aufgaben können als Aktion entweder Rohstoffe produziert oder neue Module und Elemente auf dem Spielplan platziert werden.

Am Anfang des Spiels ist die Anzahl der ausführbaren Aktionen noch beschränkt. Erst wenn neue Module auf dem Spielplan liegen, werden auch neue Aktionen freigeschaltet und den SpielerInnen dadurch neue Handlungsmöglichkeiten eröffnet. Unter den Aufgaben befinden sich Knobelspiele, Kombinierspiele, taktische Spiele und vor allem kommunikative Spiele. Einige Spiele müssen kooperativ gelöst werden, andere können auch von einzelnen Personen bearbeitet werden. Wie das Team allerdings vorgeht, entscheidet es eigenverantwortlich.

Abbildung 5-63 zeigt beispielhaft die Aktion „Modul bauen“ und die dazugehörige Aufgabe, die erfolgreich bearbeitet werden muss, um die Aktion durchführen zu dürfen.

**Modul bauen**
Benötigt: Teammitglied | Teilnehmer: 1-6 Spieler

**Aufgabe:**  
Bei dieser Aufgabe geht es darum sieben Elemente auf die richtigen Positionen zu legen.

**Elemente:**

- Haustechnik
- Büro
- Netzanschluss
- Wasserversorgung
- Luftzuführung
- Überwachungssystem
- Fluchtwege

**Positionen:**

An die Elemente werden Forderungen gestellt, die ausnahmslos einzuhalten sind. Diese Forderungen erhält man von einer zufällig gezogenen Karte und sie können beispielsweise wie folgt lauten:  
 "Der Netzanschluss soll sich im grünen Bereich befinden." und "Das Büro soll neben der Haustechnik liegen." und, und, und...  
 Hinweis(!): Das weiße Feld in der Mitte gilt weder als benachbart, noch gegenüberliegend zu den anderen Feldern.

Wenn alle sieben Elemente auf dem Spielplan platziert wurden, kann die Karte umgedreht und die Lösung auf der Rückseite betrachtet werden. Wenn alle Elemente richtig platziert wurden ist die Aufgabe bestanden (Aktion darf ausgeführt werden).

**→ Aktion nach erfolgreich abgeschlossener Aufgabe:**

Sie dürfen ein Modul bauen (Baukosten beachten!).  
- oder -  
Sie dürfen ein bereits gebautes Modul auf dem Spielplan verschieben.

Abbildung 5-63: Beispiel für eine Aktion/Aufgabe in einem Sprint<sup>544</sup>

Diese, wie auch jede andere Aufgabe, wurde so ausgelegt, dass sie Lernziele erfüllt. Die TeilnehmerInnen geraten bei der Bearbeitung in bestimmte Spielsituationen, die sie später auf Alltagssituationen projizieren können. Zum Beispiel merken Bearbeiter der Aufgabe „Modul bauen“ meist, dass durch das Legen von neuen Elementen auf den Spielplan, die Anforderungen an andere Elemente auch betroffen sind. Sie können durch die Reflexion über diese Aufgabe lernen, wie wichtig es ist, neu einzuführende Produktinkremente in Bezug auf das Gesamtprodukt zu betrachten und beispielsweise die Frage zu klären: „Gibt es unter den Anforderungen/Kundenwünschen gegenseitige Abhängigkeiten?“.

Der Workshop erlaubt es somit den TeilnehmerInnen, sich ein fundiertes Wissen über Scrum anzueignen, das weit über das Framework und die Instrumente der Methode hinausgeht. Sie erleben nicht nur den Ablauf und die Bedeutung der Scrum-

<sup>544</sup> Trost 2017, Betreute Abschlussarbeiten

Zeremonien<sup>545</sup>, sondern bekommen im Idealfall auch ein Gefühl dafür, was es heißt, an einem agilen Entwicklungsprojekt beteiligt zu sein.

### **5.4.3 Evaluation der Methoden-Lernspiele**

In diesem Kapitel werden die Evaluationsergebnisse der einzelnen Methoden-Lernspiele vorgestellt. Diese stellen im Sinne der DRM die Deskriptive Studie II dar.

#### **Evaluationsstudie SPALTEN-Expedition**

Die Evaluierung<sup>546</sup> erfolgt anhand von vier Stufen mit unterschiedlichen Gruppen. Zunächst wurde das Spiel institutsintern mit wissenschaftlichen MitarbeiterInnen evaluiert (n=6). Sämtliche TeilnehmerInnen hatten fundierte Kenntnisse der SPALTEN-Methodik. So konnte das Spiel auf inhaltliche Konsistenz getestet werden. Die zweite Stufe bildete eine Studie mit Studierenden (n=12) der Integrierten Produktentwicklung. Dazu wurde die Gruppengröße variiert, um mögliche Probleme bei unterschiedlicher Spieleranzahl identifizieren zu können. Zwischen den Stationen wurde zur Evaluation um gezieltes Feedback gebeten. Um die Praxistauglichkeit bei der Anwendung zur Weiterbildung von IngenieurInnen zu untersuchen, wurde das Spiel im Rahmen eines Workshops mit (n=6) VertreterInnen aus Unternehmen mit unterschiedlichen Größen und aus unterschiedlichen Branchen eingesetzt. Das Spiel wurde aufgrund der positiven Ergebnisse in das IPEK-Angebotsportfolio aufgenommen und dient seither als Teil des Schulungskonzeptes zur Steigerung der Problemlösungskompetenz. Dieses wurde bereits im Rahmen zweier Workshops bei einem großen international agierenden Automobilzulieferer mit (n=7) und einem Gerätehersteller mit (n=5) Experten aus der Entwicklungspraxis eingesetzt.

Das Vorgehen wurde während allen vier Evaluationsstufen innerhalb der Gruppen analysiert und die Ergebnisse dokumentiert. Zusätzlich beantworteten die TestspielerInnen zwischen jeder Station und während des Gesamtspiels Fragen auf einem standardisierten Fragebogen. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Studie innerhalb der Gruppen vorgestellt:

---

<sup>545</sup> Vgl. Kapitel 2

<sup>546</sup> Die Validierungsstudie wurde im Rahmen der Publikation Reiß, Albers, Janke, Popp, Bursac. „Das Methoden Spiel SPALTEN Expedition: Akzeptanzsteigerung durch Erfahrungen und Erfolgserlebnisse“ auf dem 4. Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung 2017 veröffentlicht.

Im ersten Block des Fragebogens wurde untersucht, inwiefern die allgemeinen Produktentwicklungs- und die speziellen SPALTEN-Methodik-Kenntnisse innerhalb der Gruppen ausgeprägt sind (Abbildung 5-64).

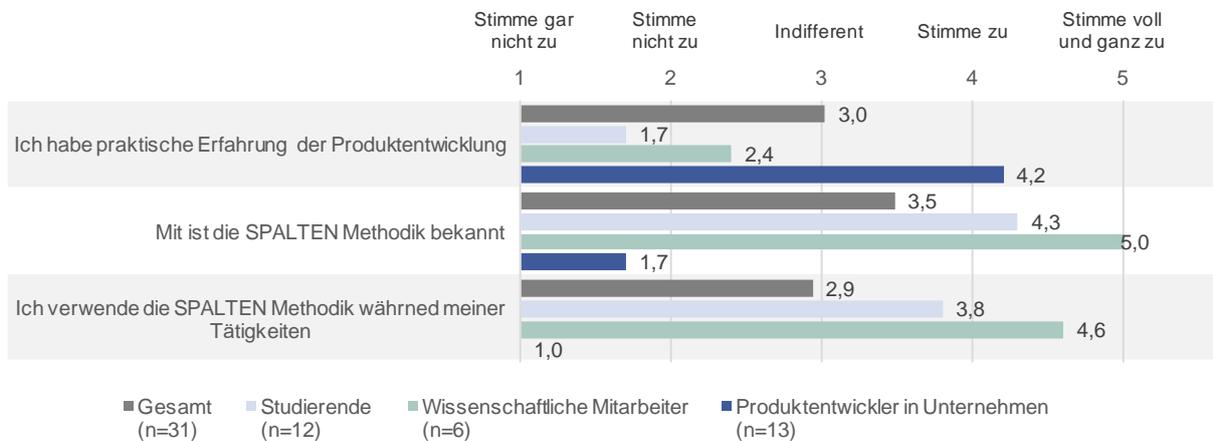


Abbildung 5-64: Situationsbeschreibung bezüglich Kenntnis und Einsatz der SPALTEN Methodik

Es wird deutlich, dass die Gruppe der ProduktentwicklerInnen in Unternehmen wenige bis keine Vorkenntnisse und Erfahrungen bezüglich der SPALTEN-Methodik vorweist. Sie entspricht somit der Zielgruppe des Spiels.

Die Ergebnisse des zweiten Blocks bezüglich der subjektiven Empfindungen und Motivation der Probanden ist in Abbildung 5-65 dargestellt.

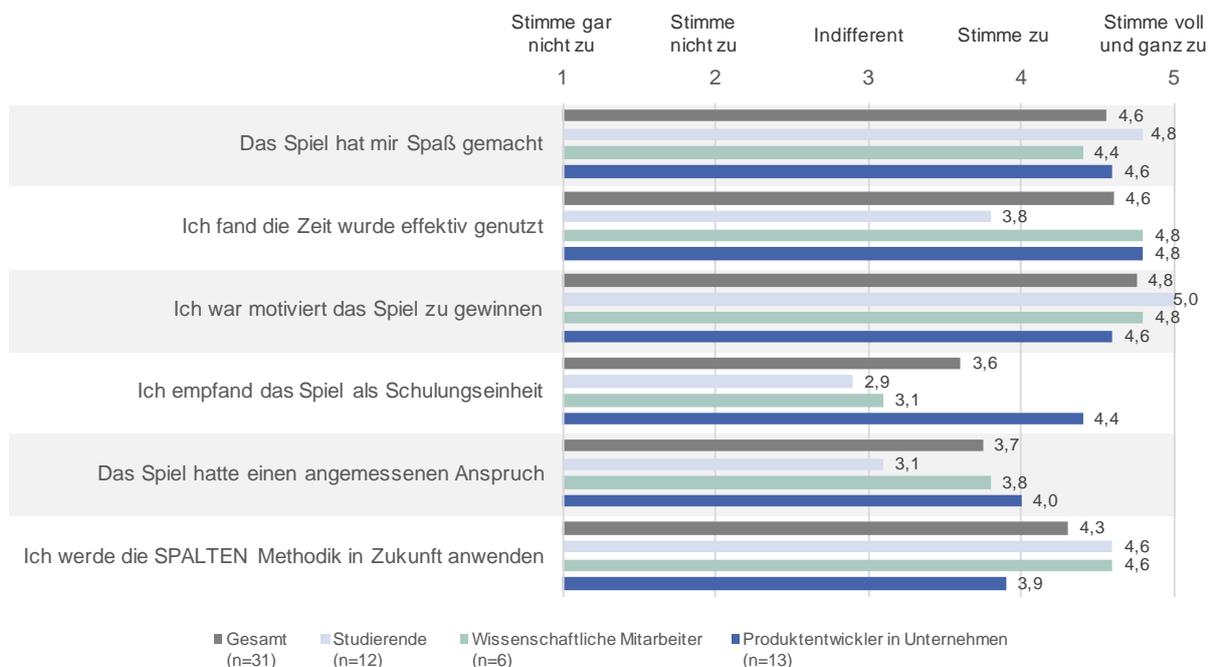


Abbildung 5-65: Empfindungen & Motivation beim Methoden-Lernspiels

Die Ergebnisse zeigen eine, über alle Gruppen hinweg positive Bewertung des Spiels. So wurde der Vergnügensaspekt von allen bestätigt. Insbesondere im Hinblick auf das Ziel, eine positive Grundeinstellung gegenüber der Methode zu schaffen, ist der Spaß und die Motivation, das Spiel erfolgreich zu bestreiten, von großer Bedeutung. Dabei ist es jedoch wichtig, dass der Spaß-Aspekt die Motivation etwas „lernen zu wollen“ nicht korrumpiert. Die Studie zeigt diesbezüglich, dass eine effektive Nutzung der Zeit von dem wissenschaftlichen MitarbeiterInnen und UnternehmensvertreterInnen attestiert wird.

Die Bewertung der Angemessenheit des Anspruchs variiert von einfacher Zustimmung (4) bis hin zur Indifferenz (3), was dadurch zu begründen ist, dass im ersten Durchgang SPALTEN-Experten teilgenommen haben, die die Methode bereits sehr gut kannten und regelmäßig anwendeten.

Als ein Erfolgskriterium für die Steigerung der Methodenakzeptanz durch das Methodenspiel kann das Delta von „aktueller Anwendung“ zu „geplanter zukünftiger Anwendung“ verstanden werden. Dieser Wert stieg über alle Gruppen hinweg von durchschnittlich 2,9 auf 4,3.

Im dritten Block der Studie wurde der Lerneffekt des Methoden-Lernspiels untersucht (Abbildung 5-66).

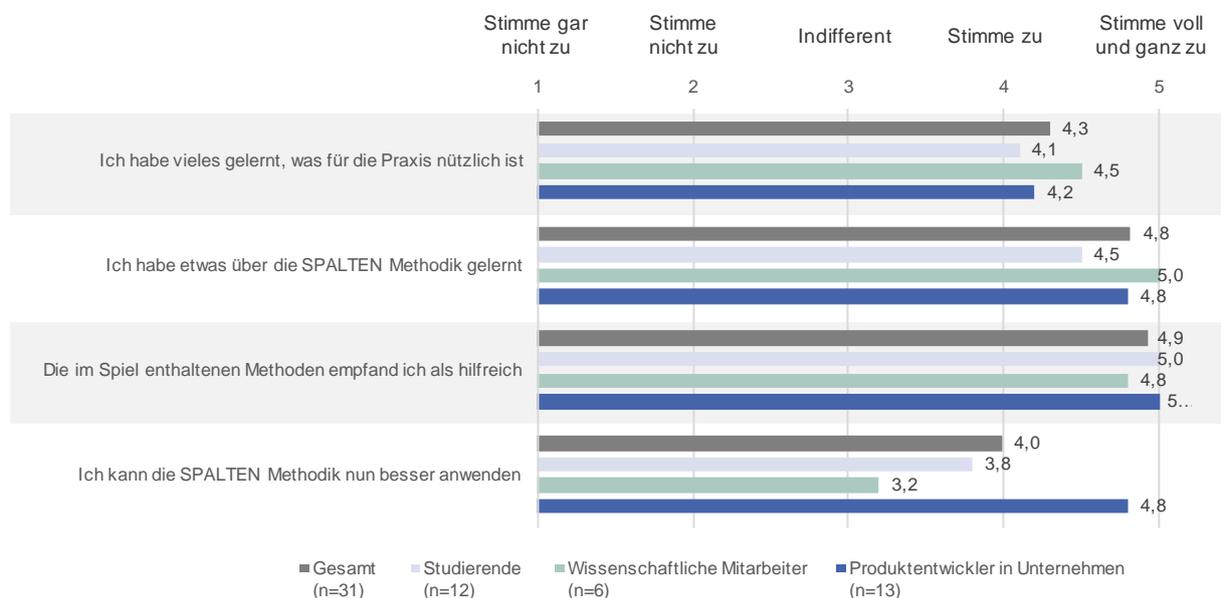


Abbildung 5-66: Lerneffekt des Methoden-Lernspiels

Hierbei bestätigten alle Gruppen sowohl die Praxistauglichkeit des Gelernten als auch den Lernerfolg bezogen auf die SPALTEN-Methodik. Als positiv wird auch die Vermittlung unterschiedlicher Einzelmethoden wahrgenommen.

Der geringere Durchschnittswert bei der Frage, inwiefern die Methodik nun besser angewandt werden kann, ist auf die hohen Vorkenntnisse der Gruppen aus wissenschaftlichen MitarbeiterInnen und Studierenden zurückzuführen. Darüber hinaus kann ein hoher Teambuilding-Charakter identifiziert werden, da die SpielerInnen vier Stunden sehr intensiv zusammenarbeiten müssen, um erfolgreich zu sein. Ebenso lässt sich durch das Beobachten der SpielerInnen eine erste Einschätzung zur Persönlichkeit machen, da sie tief ins Spiel eintauchen und weniger aktiv ihr Verhalten steuern.

Die Ergebnisse des vierten Blocks zur Anwendungstauglichkeit des Methoden-Lernspiels sind in Abbildung 5-67 dargestellt.

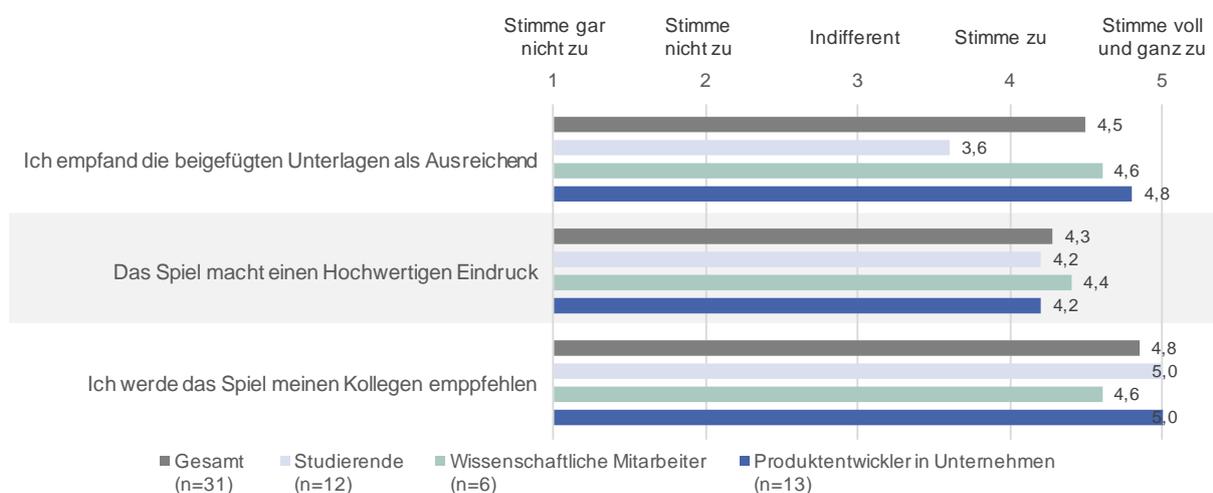


Abbildung 5-67: Anwendungstauglichkeit des Methoden-Lernspiels SPALTEN-Expedition

Die hohe Zustimmungsrates auf die abschließende Frage, ob die TeilnehmerInnen ihren KollegInnen das Spiel empfehlen würden, kann als Bestätigung des positiven Gesamteindrucks angesehen werden.

### Evaluationsstudie FMEA-Rätsel

Während der Entwicklung des FMEA-Methoden-Lernspiels wurden drei Validierungsrunden mit StudentInnen (n=12), wissenschaftlichen MitarbeiterInnen (n=4) und VertreterInnen aus der Unternehmenspraxis (n=5) durchgeführt. Die letztgenannte Gruppe bestand aus MitarbeiterInnen eines Beratungsunternehmens, welche sowohl Schulungen, als auch Durchführungen der FMEA anbietet. Die Gruppengrößen für die Teams wurden bewusst unterschiedlich gewählt. Von nur zwei Spielern je Team, bis hin zur maximalen Anzahl von vier Spielern pro Team, gekoppelt an gerade und ungerade Teamgrößen, wurden alle späteren Durchführungsmöglichkeiten abgedeckt. Die Testrunden wurden moderiert, um den

notwendigen Randbedingungen einer moderierten Durchführung gerecht zu werden. Zur Bewertung wird eine fünfstufige Likert-Skala verwendet, mit den Randausprägungen von 1 "Ich stimme gar nicht zu" bis 5 "Ich stimme voll zu". Die Auswertung der Studien ist in Abbildung 5-68 visualisiert.

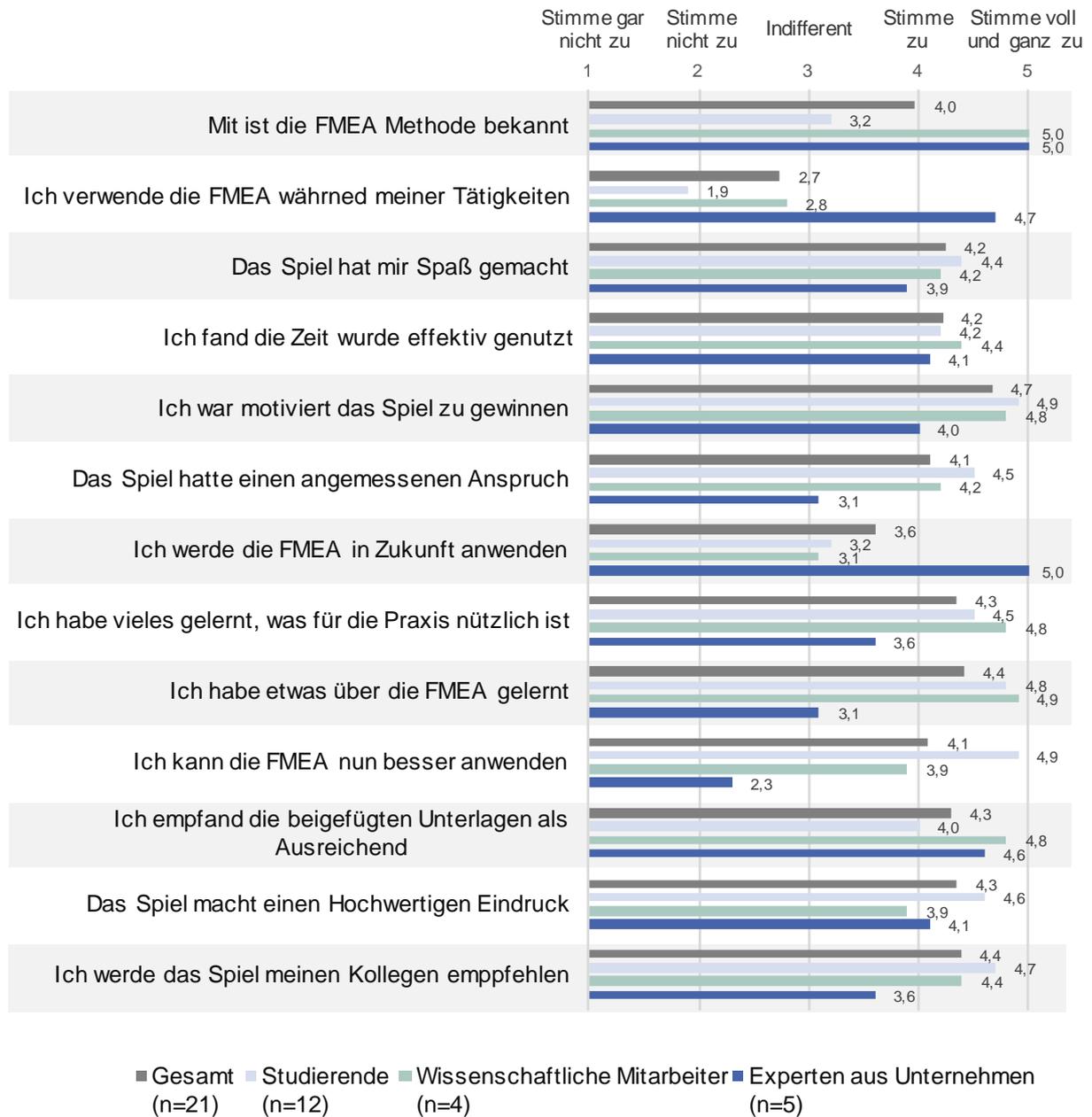


Abbildung 5-68. Evaluationsstudie FMEA-Rätsel

Im Gegensatz zur Evaluationsstudie der SPALTEN-Expedition waren die an der Studie beteiligten UnternehmensvertreterInnen in der Methode versiert. Dennoch werden bezüglich der Motivation und dem subjektiven Eindruck ähnliche Ergebnisse erzielt. Es kann festgestellt werden, dass der Anspruch und der Lerneffekt zu gering sind, um einem FMEA-Experten neues Wissen zu vermitteln. Dies kann durch das bereits

vorhandene Wissen erklärt werden und entspricht sicherlich der allgemeinen Erwartungshaltung an ein Schulungskonzept für Novizen. Es wurde jedoch aufgezeigt, dass eine Spielrunde mit heterogenen Wissensständen dem FMEA-Experten neue Kenntnisse für eine von ihm durchgeführte FMEA-Moderation vermitteln kann.

**Evaluationsstudie Scrum-Base**

Während der Entwicklung des Scrum-Methoden-Lernspiels wurden zwei Validierungsrunden mit StudentInnen (n=4) und wissenschaftlichen MitarbeiterInnen (n=4) durchgeführt (vgl.: Abbildung 5-69).

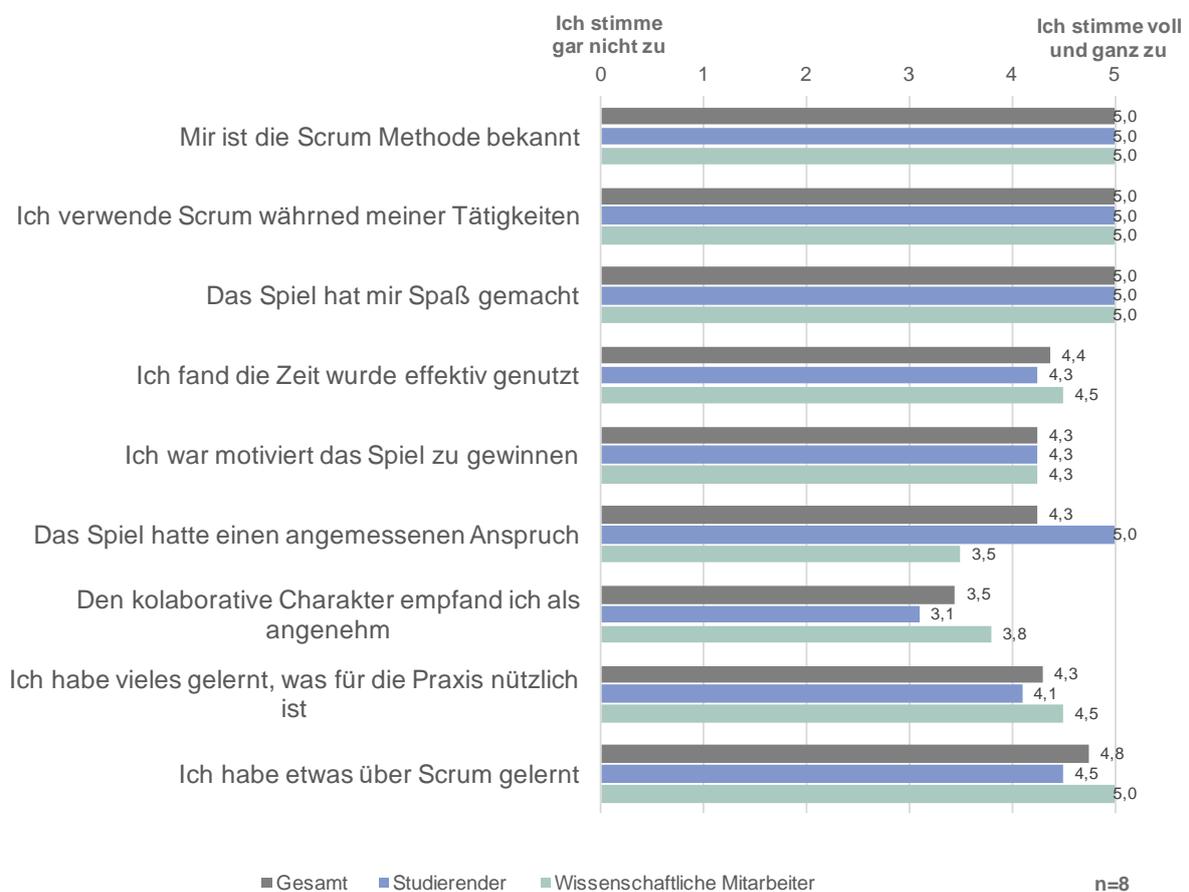


Abbildung 5-69: Evaluationsstudie Scrum-Base

Neben der positiven Evaluation bezüglich Motivation und Praxistauglichkeit ist besonders auffällig, dass trotz des in der Eigeneinschätzung empfundenen, hohen Kenntnisstandes dennoch ein Lerneffekt vorhanden ist.

**Übergreifende Evaluation**

Um zu untersuchen, inwiefern neben der fachlichen Expertise auch das Alter der

TeilnehmerInnen Einfluss auf die Akzeptanz von Methoden-Lernspielformaten hat, wurden die Ergebnisse der einzelnen Studien zu einer übergreifenden Studie kumuliert. Abbildung 5-70 zeigt die demografische Struktur der Studie.

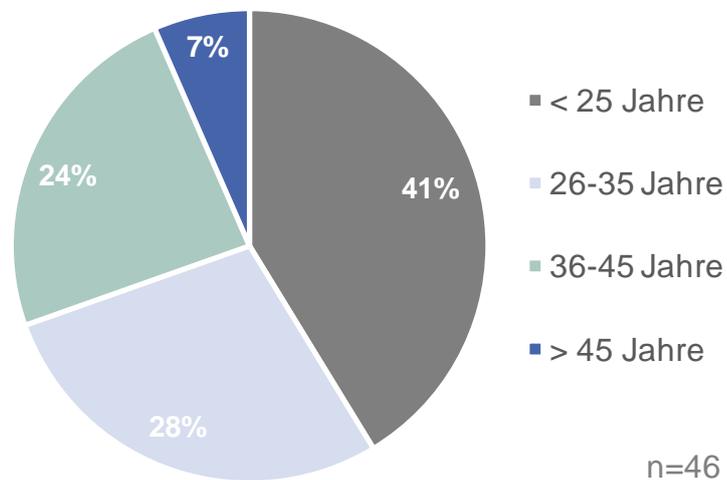


Abbildung 5-70: Demografische Struktur der Studie

Von den insgesamt 46 TeilnehmerInnen waren demnach 13 unter 25 Jahre alt, 11 im Alter zwischen 26 und 35 Jahren, 9 zwischen 36 und 45 Jahren und 3 über 45 Jahre alt.

In Abbildung 5-71 ist die Akzeptanz von Methoden-Lernspielformaten in Abhängigkeit zum Alter der Spielenden dargestellt.

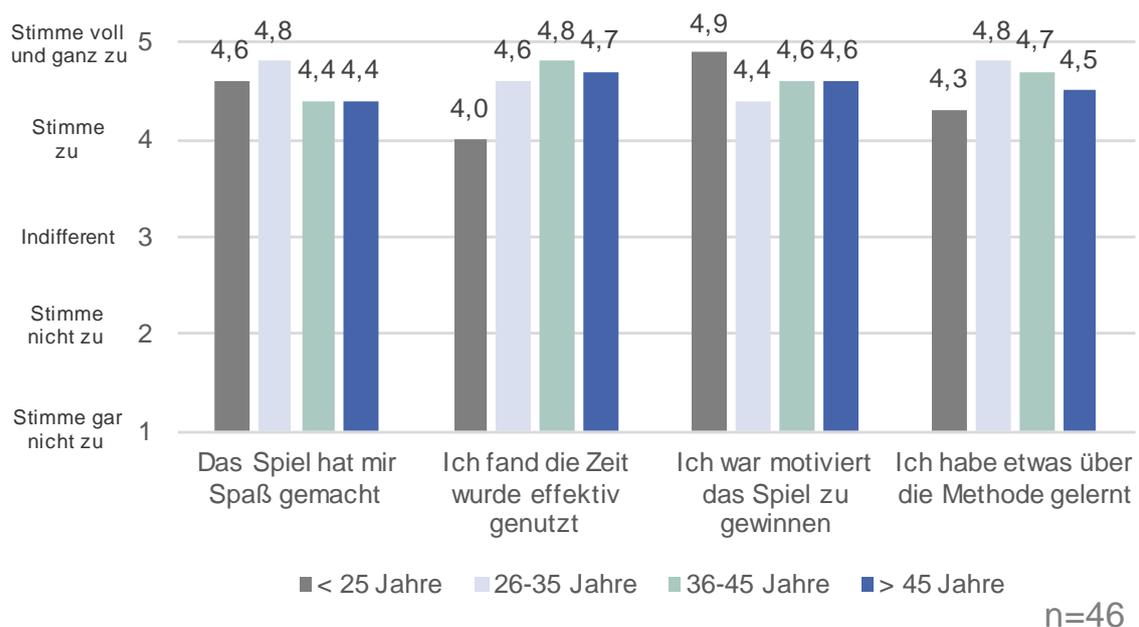


Abbildung 5-71: Akzeptanz von Methoden-Lernspielformaten in Abhängigkeit des Alters

Um den Zusammenhang zwischen Alter und Spaß, empfundenem Mehrwert, Motivation und Lernerfolg zu analysieren, wurden die Angaben aller 44 TeilnehmerInnen mittels eines Kolmogorov-Smirnov-Tests<sup>547</sup> auf Normalverteilung mit einem Signifikanzniveau von  $\alpha = 0,05$  getestet. Durch die Auswertung konnte innerhalb der Stichprobe ein Zusammenhang aller vier Variablen mit dem Alter der TeilnehmerInnen abgelehnt werden, was darauf deuten lässt, dass die Methoden-Lernspiele einen altersübergreifenden Nutzen stiften.

#### **5.4.4 Leitfaden zur Erstellung von Methoden-Lernspielen**

In diesem Kapitel wird ein Leitfaden zur Erstellung von Methoden-Lernspielen im Kontext der Produktentwicklung präsentiert und anschließend wird auf relevante Erfolgsfaktoren<sup>548</sup> für die Vermittlung von Erfahrungen und Methodenwissen durch Spieleformate eingegangen.

Dieser Leitfaden beruht auf den, im Rahmen der Forschungsarbeit ermittelten Gestaltungskriterien, sowie auf Erfahrungen, die bei der Erstellung der Spiele gemacht wurden. Er dient MethodenentwicklerInnen als Werkzeug für die zugängliche Aufbereitung ihrer Ergebnisse und verbessert somit die Diffusion von Methoden in die Praxis. Der Leitfaden wird zunächst in einer Übersicht (Abbildung 5-35) vorgestellt und anschließend erläutert. Hierbei wird auf die einzelnen Schritte zur Erstellung, sowie auf relevante Erfolgskriterien von Spielformaten mit Methodenbezug eingegangen.

---

<sup>547</sup> Der Kolmogorow-Smirnow-Test (KS-Test) ist ein statistischer Test auf Übereinstimmung zweier Wahrscheinlichkeitsverteilungen.

<sup>548</sup> Reiss u. a., 2017.

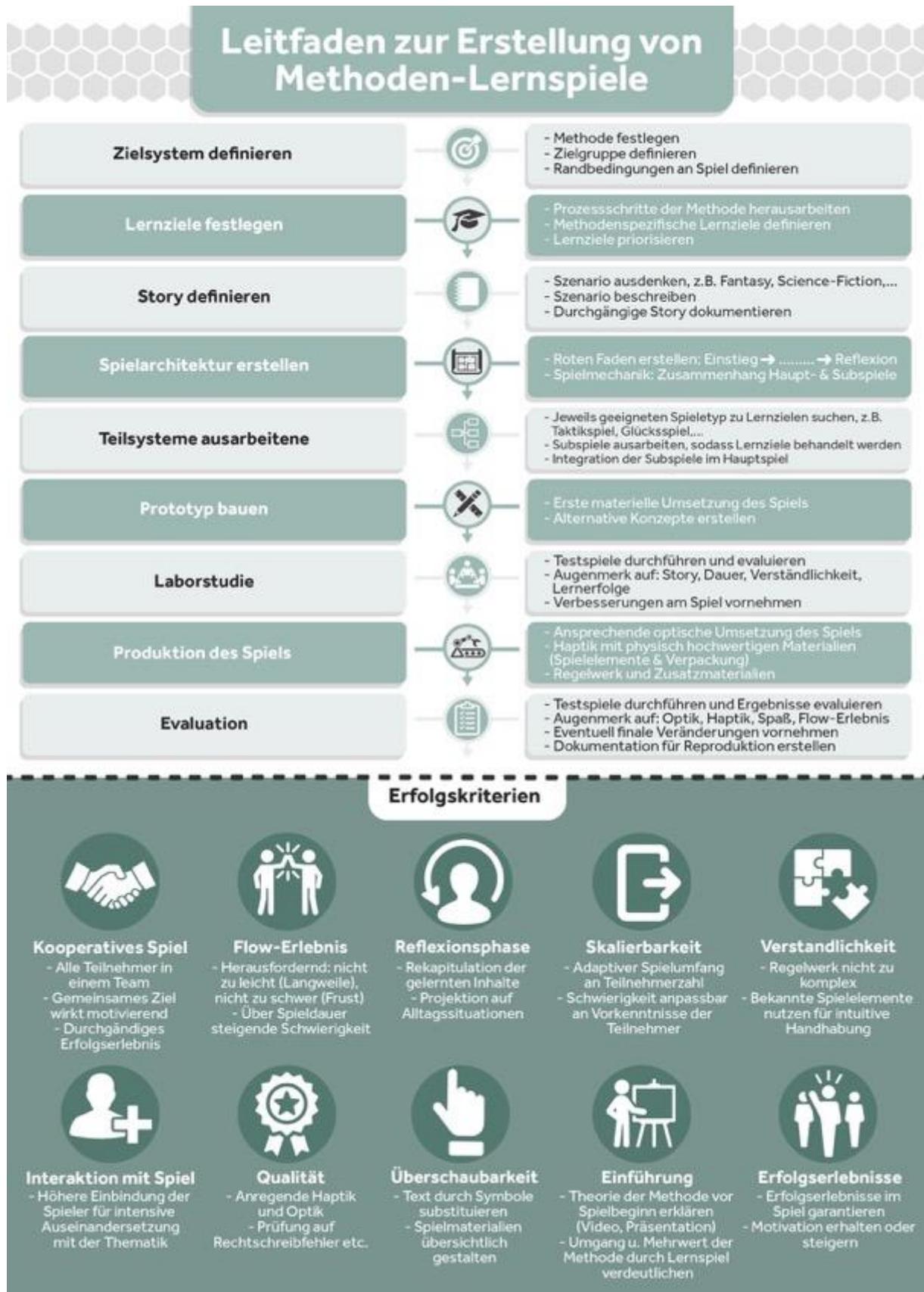


Abbildung 5-72: Leitfaden zur Erstellung von Methoden-Lernspielen

**Zielsystem definieren**

Der erste Schritt bei der Entwicklung ist die Definition des initialen Zielsystems. In diesem Schritt wird festgelegt, welche Methode das Spiel vermitteln soll und für welche Zielgruppe es vorgesehen ist. Die Definition der Zielgruppe zielt weniger auf das Alter der Teilnehmer, sondern auf ihr Arbeitsumfeld und ihre Vorkenntnisse ab. Zudem muss festgelegt werden, in welchem Rahmen das Spiel eingesetzt werden soll, wie zum Beispiel Schulungen, Workshops oder Tutorien. Das Zielsystem sollte nicht statisch aufgefasst werden, vielmehr wird es im Laufe des Entwicklungsprozesses stetig präzisiert.

**Lernziele festlegen**

Nach der Definition des initialen Zielsystems muss das Expertenwissen über die zu lehrende Methode identifiziert und gesammelt werden. Hierbei ist insbesondere das Verständnis von Prozessschritten, Rollen, Methodenelementen oder Hilfsmitteln zu sehen. Methodenbeschreibungsmodelle, wie beispielsweise das in Kapitel 2.5 beschriebene Prozessorientierte Methodenmodell (PoMM) nach BIRKHOFFER<sup>549</sup>, können hierbei unterstützen. Sobald ein tiefes Verständnis für die Methode vorhanden ist, sollten Lernziele definiert werden, die sich jeweils auf bestimmte Elemente der Methode beziehen. Es empfiehlt sich, die Methodenelemente mit unterschiedlichen Lernzielen zu verknüpfen.

**Story definieren**

Zur Erstellung des Spielkonzepts gehört das Ausarbeiten eines Szenarios, beziehungsweise einer Hintergrundgeschichte zu dem Spiel. Bei der Wahl ist darauf zu achten, dass die Spielwelt zur Anwendung der Methode passt, und für die Entwicklung des Lernspiels möglichst viele Freiräume bietet. Dabei soll vor allem die Phantasie der TeilnehmerInnen angeregt und sie zum Spielen motiviert werden. Die Geschichte hinter dem Gesamtspiel soll die TeilnehmerInnen einerseits aus dem Alltag herausholen und das Spielerlebnis zu etwas Besonderem machen. Andererseits soll die Story auch auf alltägliche Problemstellungen projizierbar sein. Zudem ist es sinnvoll, künstliche Gegner oder Hindernisse einzubauen (zum Beispiel begrenzte Züge, Schaden, Zeitlimit, Wettrennen), da ein rein kooperatives Spiel Gefahr laufen würde, als zu einfach empfunden zu werden, was langfristig wiederum ein „Flow-Erlebnis“ untergraben könnte.

---

<sup>549</sup> Birkhofer u. a., 2002.

**Die Spielarchitektur erstellen**

Um den Ablauf des Spiels festzulegen, muss sich für einen zyklischen oder linearen Spielverlauf entschieden werden, um die Methode zu erklären. Lineare Spielabläufe haben sich bei auf mehreren Teilschritten basierenden Methoden, wie zum Beispiel der SPALTEN-Methode etabliert, bei denen die SpielerInnen durch die Story geführt werden. Bei rundenbasierten, zyklischen Spielabläufen durchlaufen die TeilnehmerInnen iterativ ein vorgegebenes Szenario, welches sich im Laufe des Spiels nur durch die Komplexität und Schwierigkeit ändert, jedoch nicht durch die inhaltliche Ausprägung. Zyklische Spielabläufe sind daher bei Methoden mit hohem iterativen Charakter und wenig aufeinander aufbauenden Schritten, wie beispielsweise Scrum zu empfehlen.

Wichtig ist, dass das Spiel mehrere Reflexionsteile beinhaltet. Sie helfen den TeilnehmerInnen dabei, durch Rekapitulation des bisherigen Spiels, die implizit erlebten Lerninhalte in explizite Methodenerfahrungen zu transformieren.

**Die Teilsysteme ausarbeiten**

Bei der Ausarbeitung der Teilsysteme / Teilspiele wird jedem Lernziel ein Spieltyp zugeordnet. Dazu kann die folgende Unterscheidung in zehn Spieltypen genutzt werden:

1. Taktikspiele: Planung und Programmierung von Spielzügen ist hier Kernbestandteil. Es handelt sich dabei oft um rundenbasierte Kampf-/Eroberungsspiele.
2. Rate-/Erklär-/Knobelspiele: Kommunikative Gesellschaftsspiele mit kreativen und humorvollen Aspekten.
3. Quizspiele: Wissensfragen sind das Hauptelement, wobei oft Allgemeinwissen abgefragt wird.
4. Reaktionsspiele: Geschwindigkeit und Reaktionsvermögen sind Gewinnvoraussetzungen.
5. Bluffspiele: Das Bluffen, Manipulieren und Beeinflussen von Gegenspielern sind die Hauptbestandteile.
6. Geschicklichkeitsspiele: Hier ist Fingerspitzengefühl gefragt. Diese Spiele beinhalten häufig dreidimensionale Elemente, welche die spielende Person geschickt handhaben muss.

7. Handels-/Aufbaustrategiespiele: Die SpielerInnen müssen möglichst geschickt ihre Ressourcen managen, um beispielsweise Siegpunkte zu erwirtschaften.
8. Legespiele: Hier geht es um das Legen und Bewegen von Spielsteinen nach einer bestimmten Strategie. Dabei sind die Regeln meist sehr einfach, aber die Komplexität der Spielsituationen sehr hoch.
9. Glücks- und Wettlaufspiele: Glück ist hierbei der Hauptbestandteil. Häufig wird auf zufällige Events getippt, bei denen mit Würfeln oder Karten entschieden wird, wer gewinnt.
10. Gedächtnisspiele: Das genaue Beobachten, Merken und Wiedererkennen bestimmter Spielelemente ist hier entscheidend für den Sieg.

Eine Möglichkeit ist die tabellarische Gegenüberstellung von Lernzielen und Spieltypen, in der bei passenden Paaren ein Vermerk eingetragen wird. So kann herausgefunden werden, ob ein Spieltyp besonders viele Übereinstimmungen mit Lernzielen hat und sich damit für ein Teilsystem / Subspiel anbietet. Es empfiehlt sich, zu diesen Spieltypen bekannte Gesellschaftsspielklassiker als Referenzprodukt zu nutzen, um sinnvolle und unterhaltsame Elemente zu identifizieren.

### **Prototyp bauen**

Nach Festlegung des Konzepts sollte möglichst schnell ein Prototyp für erste Testspielrunden angefertigt werden. Hierbei sollte der Fokus von allem auf der Spielmechanik, den Lerninhalten und der Verständlichkeit der Aufgaben liegen. Zusätzlich können in dieser Phase alternative Konzepte für das Spiel oder Teilsysteme erarbeitet werden.

### **Laborstudie**

Mit dem Prototyp kann das Lernspiel jetzt erstmals getestet werden. Sofern es möglich ist, sollten an den Testspielen bereits Personen der Zielgruppe teilnehmen. Für das Feedback hat es sich bewährt, einen Fragebogen vorzubereiten. Durch diesen sollte nicht die Spielmechanik evaluiert werden, sondern es sollten auch Aspekte zum Wissenstransfer und der Methode, mit dem Hauptaugenmerk auf der Verständlichkeit, den Lerninhalten, der Spieldauer und der Story evaluiert werden. Neben dem Feedback können auch alternative Umsetzungsmöglichkeiten des Spiels diskutiert werden.

Im Anschluss werden Verbesserungen am Spiel vorgenommen und der Prototyp angepasst, sodass weitere Testrunden stattfinden können. Dieser Vorgang muss iterativ wiederholt werden.

### **Die Produktion des Spiels**

Sofern das Spielkonzept auf einem hinreichend finalen Stand ist, kann die materielle Umsetzung des Spiels erfolgen, sodass aus dem Prototyp ein vorzeigbares Spiel entsteht. Dabei ist auf ein ansprechendes Corporate Design zu achten, das sich durch das Spiel zieht. Rechtschreib- und Grammatikfehler sollten vollständig beseitigt werden. Das Spiel sollte eine hochwertige Haptik der einzelnen Spielelemente aufweisen. Für die optische Umsetzung sind lizenzfreie Bildquellen im Internet von großer Hilfe<sup>550</sup>.

Die Produktion des Spiels beinhaltet ebenfalls eine Form der Lagerung des Spiels (Verpackung) und das Schreiben eines Regelwerks.

### **Die Evaluation**

Das fertige Spiel muss in finalen Testrunden gespielt werden. Bei der Evaluation dieser Testrunden liegt das Hauptaugenmerk vor allem auf der Optik und der Haptik der Spielelemente. Zusätzlich wird das Lernspiel hinsichtlich der Faktoren Spaß und „Flow-Erlebnis“ beurteilt. Gegebenenfalls müssen Spielfunktionen oder Designelemente erneut angepasst werden.

Nach positiver Evaluation ist die Spieleentwicklung abgeschlossen und es wird nur noch eine Dokumentation der Produktionsschritte verlangt, damit das Spiel gegebenenfalls reproduziert oder vervielfältigt werden kann.

## **5.4.5 Zwischenfazit zur Nutzung von Spielformaten für die Vermittlung von Erfahrungen und Methodenwissen**

Die exemplarische Durchführung einer Methode im Rahmen eines kontrollierten und herausfordernden Umfelds, gekoppelt an eine spielerische Wahrnehmung der Lerninhalte, führt zu einem Lernerfolg und -erlebnis auf eine besondere Art und Weise. Hierbei können ohne Risiko Erfahrungen rund um den Einsatz der Methode gesammelt werden. So können durch das Methoden-Lernspiel innerhalb kürzester Zeit die Grundlagen, Abläufe und Erfolgskriterien einer Methode vermittelt werden. Der

---

<sup>550</sup> Z.B.: <https://pixabay.com/>, <http://game-icons.net/>, <https://publicdomainvectors.org/>,  
<https://openclipart.org/>

entwickelte Leitfaden zur Erstellung von Methoden-Lernspielen hilft dabei, MethodenforscherInnen zu befähigen, ihre Inhalte zugänglich aufzubereiten, um die entwickelten Methoden in die Anwendung zu bringen.

Durch das spielerische Erleben verschiedener Anwendungssituationen der Methoden werden den TeilnehmerInnen implizit Lerninhalte vermittelt, die durch Reflexion mit dem Spielleiter in Erfahrungen umgewandelt werden. Durch die Methodenspiele erfahren die TeilnehmerInnen den Mehrwert der Methode, und werden motiviert, sich weiter mit ihr auseinanderzusetzen und haben Spaß am Lernen. Die Spiele sind so ausgelegt, dass sich Umfang und Schwierigkeit der Aufgaben an die Teilnehmerzahl anpassen lassen.

Durch den Spielaspekt bleibt die Motivation der TeilnehmerInnen durchgehend hoch, wodurch der Mehrwert der Methode transparent wird, und sich das Gelernte intensiver im Gedächtnis verankern lässt. Die TeilnehmerInnen erleben das Spiel dadurch als besondere Herausforderung und haben im Idealfall ein „Flow-Erlebnis“.

Durch die gelösten Herausforderungen im Spiel, bleiben die eingesetzten Methoden mit einem Erfolgserlebnis verbunden, was zur deutlichen Akzeptanzsteigerung und zur erhöhten Bereitschaft zur erneuten Anwendung über alle Alterskohorten führt.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Abschließenden Kapitel werden zunächst die Ergebnisse der wissenschaftlichen Arbeit zusammengefasst. Anschließend wird im Ausblick zu weiterführenden Forschungsarbeiten, die im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit stehen, angeregt.

### 6.1 Zusammenfassung

Methodisches Vorgehen verbessert die Erfolgsaussichten in der Produktentwicklung. Diese Aussage kann basierend auf verschiedenen Studien, in denen die positive Wirkung methodischen Vorgehens bei der Umsetzung von Produktentwicklungsaufgaben nachgewiesen wurde, getroffen werden.

Es existiert eine Vielzahl an Methoden, die ein Produktentwickler während des ganzen Produktentstehungsprozesses einsetzen kann, um in seiner Arbeit unterstützt zu werden und den gesamten Prozess besser und effizienter gestalten zu können.

Jedes Jahr werden von den Konstruktions- und Produktentwicklungslehrstühlen, den Methodenabteilungen und von engagierten MitarbeiterInnen neue innovative Methoden zur Unterstützung und Entlastung von Produktentwicklern entwickelt und publiziert. So enthielten von den 1050 Beiträgen auf der International Conference on Engineering Design 2017<sup>551</sup> 409 das Schlagwort Methode und in 221 wurde eine neue oder angepasste Methode vorgestellt.

Trotz der hohen Quantität und Vielfalt qualitativ hochwertiger Methoden zeigen Untersuchungen, dass diese nur begrenzt von Unternehmen und Entwicklern akzeptiert und angewandt werden.

Gründe dafür, dass die Methoden nicht häufig genug zum Einsatz kommen, sind eine zu geringe Transparenz über relevante, situations- und bedarfsgerechte Methoden, Defizite bei der nutzergerechten Aufbereitung der Methode, und ein Mangel an Erfolgserlebnissen beim Einsatz und der Anwendung von Methoden im Alltag.

Im Schlüsselgedanken dieser Arbeit wurde sich daher damit beschäftigt, wie der Methodeneinsatz in der PGE - Produktgenerationsentwicklung unterstützt und damit gefördert werden kann. Basierend auf diesen Aspekten ließ sich folgendes Ziel der

---

<sup>551</sup> Proceedings of the 21st International Conference on Engineering Design (ICED17)

Arbeit herleiten:

Das Ziel der Arbeit besteht in der Entwicklung und Evaluierung von Ansätzen zur Steigerung der Methodenakzeptanz und -kompetenz in agilen Prozessen der PGE - Produktgenerationsentwicklung.

Dazu soll untersucht werden, wie Methoden innerhalb Prozessen des Agile Systems Design verortet werden können, und wie diese beschrieben werden müssen, um den Entwicklern schnell zur Verfügung zu stehen, und wie sie im Sinne einer nachhaltigen Prägung des Entwicklers motiviert, erlernt und erlebt werden können.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden hierzu unterschiedliche Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz bezüglich unterschiedlicher Kompetenzstufen aufgezeigt und diskutiert.

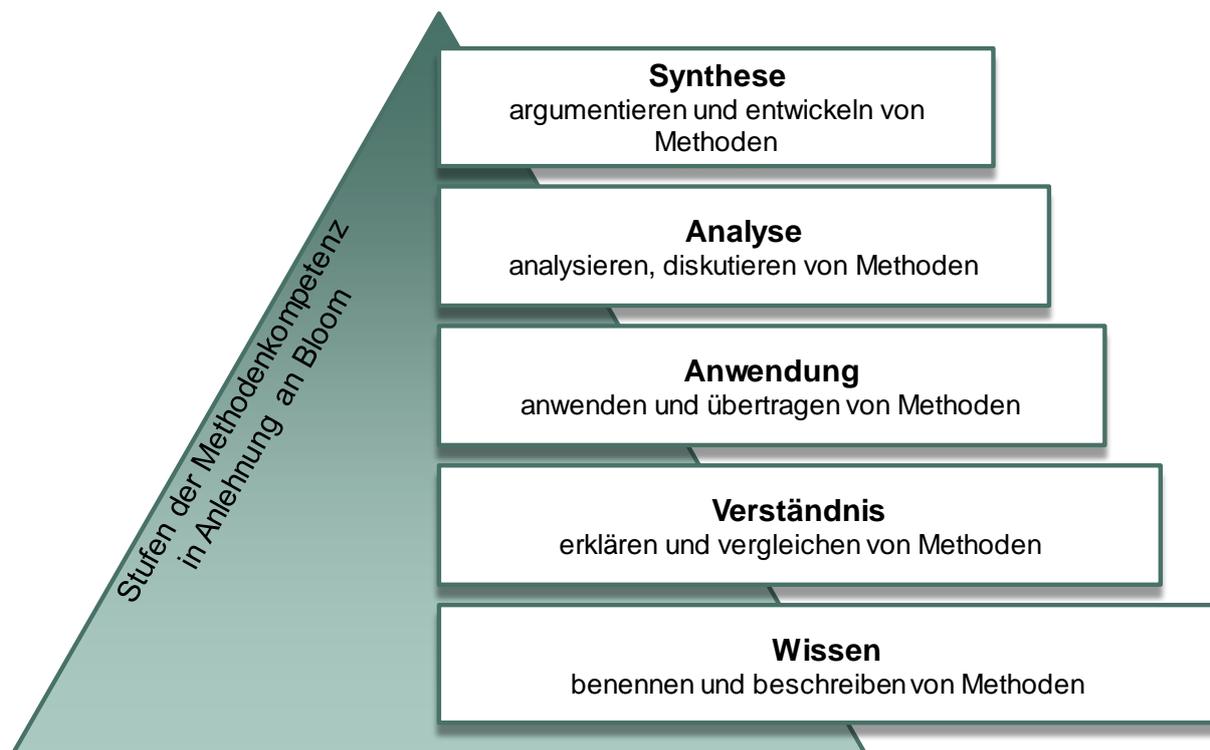


Abbildung 6-1: Stufen der Methodenkompetenz

Zur Operationalisierung des Forschungsziels wurden nachfolgende Forschungsfragen formuliert.

**Forschungsfrage 1:**

*Wie kann in agil agierenden Produktentwicklungsteams Transparenz darüber geschaffen werden, welche Methode, in welcher Situation am zweckmäßigsten ist?*

**Forschungsfrage 2:**

*Wie kann die bedarfsgerechte Auswahl an relevanten Methoden unterstützt werden?*

**Forschungsfrage 3:**

*Wie müssen Methoden aufbereitet sein, damit die Methodenakzeptanz beim Anwender erhöht wird?*

**Forschungsfrage 4:**

*Wie können Methoden im kontrollierten, praxisnahen Umfeld erlernt und erlebt werden und dadurch mit Erfolgserlebnissen verknüpft werden?*

Die Struktur der Arbeit orientiert sich dabei am Rahmenwerk der Design Research Methodology (DRM), da dieses den Anforderungen eines iterativen Ansatzes der Synthese und Analyse am weitesten entspricht.

Im Rahmen der Vorstudie wurden zunächst die der vorliegenden Arbeit zugrundeliegenden Annahmen bezüglich des Methodeneinsatzes und der Methodenakzeptanz in Unternehmen bestätigt.

In der anschließenden deskriptiven Studie I wurde ein weiterführendes Verständnis des betrachteten Untersuchungsbereichs aufgebaut, indem auf Basis empirischer Untersuchungen der Status Quo in Bezug auf Bedarf, Einsatz und Akzeptanz von Methoden in realen Entwicklungsprozessen aufgezeigt wurde. Hierzu wurde eine empirische Erhebung bei 131 IngenieurInnen zum Methodeneinsatz und zu Prozessanalysen bei fünf Industrieunternehmen, sowie eine teilnehmende Beobachtung in Unternehmen durchgeführt. Aus der empirischen Erhebung lässt sich folgern, dass Methoden, sofern sie eingesetzt werden, als passend und mehrwertstiftend erachtet werden. Jedoch zeigt die Studie auch, dass bei der Methodenauswahl häufig auf, als bewährt empfundene, Methoden zurückgegriffen wird und weniger hinterfragt wird, ob es zur aktuellen Situation im PEP besser passende Methoden geben könnte. Aus der Prozessanalyse in fünf Unternehmen und

der teilnehmenden Beobachtung ergibt sich der Schluss, dass Methoden durchaus in Entwicklungsprojekten eingesetzt werden, der Anteil der im PEP durch Methoden unterstützten Aktivitäten jedoch stark variiert. Zusätzlich hat die Analyse ergeben, dass der Mangel an Erfahrung, der Zeitaufwand zur Implementierung und Durchführung einer Methode, sowie die Passung der Methode zur Situation und die komplizierten Methodenbeschreibungen die größten Akzeptanzbarrieren in der Praxis darstellen.

Um in der präskriptiven Studie eine durchgängige Lösung zur Verbesserung der identifizierten Akzeptanzbarrieren zu erreichen, wurden hierbei die Stufen "Wissen", "Verstehen" und "Anwenden" von Methoden durch aufeinander aufbauende Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz im Agile Systems Design adressiert. In der Entwicklung der Ansätze wird der Mensch im Mittelpunkt der Produktentstehung verstanden, welchen es durch organisatorische und technologische Rahmenbedingungen zu unterstützen gilt.



Abbildung 6-2: Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz

Die in Abbildung 6-2 dargestellten vier Elemente iPeM, InnoFox, Methodenvideos und Methoden-Lernspiele zeigen, dass mit solchen Ansätzen nach der Bloom'schen Taxonomie ein Beitrag zur Methodenakzeptanz geschaffen werden kann.

Durch die Anpassung und Erweiterung des iPeM wurde ein Framework geschaffen, welches die Orientierung im Prozess, die Methodenauswahl und die Verknüpfung von Entwicklungsprozessen der PGE ermöglicht. Das iPeM kann somit als Ontologie zum Methodeneinsatz in der PGE - Produktgenerationsentwicklung angesehen werden.

Der auf dem iPeM aufbauende InnoFox stellt die Operationalisierung dieses Frameworks dar. Durch den InnoFox wird eine bedarfs- und situationsgerechte Nutzung von Methoden ermöglicht. Dadurch wird ein Beitrag zum "Wissen um Methoden" geleistet. Die Applikation bietet technische Unterstützung bei der Identifikation, Aneignung und Durchführung von Methoden auf eine dem Anwender zugängliche Weise. Der Kern der Applikation ist ein Algorithmus, der auf der Grundlage von Anforderungen und Restriktionen des jeweiligen Anwenders für jede Methode aus der hinterlegten Methodendatenbank einen Wert errechnet und darauf aufbauend ein Ranking der zur Verfügung stehenden Methoden ausgibt. Der Algorithmus stützt sich dabei auf das iPeM Systemtrippel, bestehend aus Ziel-, Handlungs- und Objektsystem, und verknüpft diese im Rahmen einer Nutzwertanalyse.

Der nächste Ansatz beschäftigt sich mit der nutzergerechten Aufbereitung von Methodeninhalten. Die Erklärvideos senken wesentlich die Hürde, sich in neue Methoden einzuarbeiten und tragen auf diese Weise zum "Verstehen von Methoden" bei. Im Kontext der Produktentwicklung bieten Erklärvideos die Möglichkeit, die Methodenanwendung in Entwicklungsprozessen zu unterstützen, indem sie den Methodenbeschreibungen Komplexität nehmen, und dem Rezipienten die Relevanz der Methode für den eigenen Entwicklungsprozess aufzeigen. Die durchgeführte Validierungsstudie belegt, dass die Nutzung von Erklärvideos zur Methodenvermittlung die subjektiv empfundene Sicherheit bei der Methodenanwendung erhöht. Dies führt bei den AnwenderInnen zu einer erhöhten Motivation der erneuten Anwendung, was als klarer Indikator für eine gesteigerte Methodenakzeptanz zu werten ist.

Ein möglicher Ansatz zur Steigerung der Einsatzhäufigkeit und der Akzeptanz von Methoden ist es, diese spielerisch zu erlernen und durchzuführen. Im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit wurden hierzu Spielformate zum Erlernen und Erfahren von Methoden entwickelt und evaluiert. Die Formate erzeugen Erfolgserlebnisse im kontrollierten Umfeld durch die Anwendung von Methoden. Es wurde gezeigt, dass die exemplarische Durchführung einer Methode, im Rahmen eines kontrollierten und herausfordernden Umfelds, gekoppelt an eine spielerische

Wahrnehmung der Lerninhalte, zu einem Lernerfolg und -erlebnis führt. Durch das im Schulungskonzept implementierte spielerische Erleben verschiedener Facetten der Methoden, werden den TeilnehmerInnen implizit Lerninhalte vermittelt, die durch Reflexion mit dem Spielleiter in Erfahrungen umgewandelt werden. Durch die Methodenspiele erfahren die TeilnehmerInnen den Mehrwert der Methode, sie werden motiviert, sich weiter mit ihr auseinander zu setzen, und haben vor allem Spaß am Lernen.

Die in der deskriptiven Studie II durchgeführten Evaluationen zeigen, dass durch den InnoFox eine Verbesserung der Methodenkompetenz erreicht werden konnte. Auch konnte durch die Verwendung des InnoFox eine klare Verbesserung der situationsspezifischen Methodenauswahl im Vergleich zur gedruckten Methodensammlung nachgewiesen werden. Es konnte eine Verbesserung der Methodenauswahl und des Methodenwissens beobachtet werden, was wiederum sowohl den Methodeneinsatz, als auch die Methodenakzeptanz gesteigert hat.

Durch die Methoden-Videos konnte sowohl eine positive Auswirkung auf die Quantität als auch auf die Qualität der Ergebnisse erzielt werden.

Neben der positiven Bewertung der Methoden-Lernspiele und der Evaluation des Lernerfolgs, kann eine hohe Motivationssteigerung bezüglich der zukünftigen Methodenanwendung identifiziert werden.

Aufgrund der positiven Evaluation der Ansätze wurden Leitfäden zur Erstellung von Methoden-Videos und Methoden-Lernspielen verfasst (Abbildung 6-3).

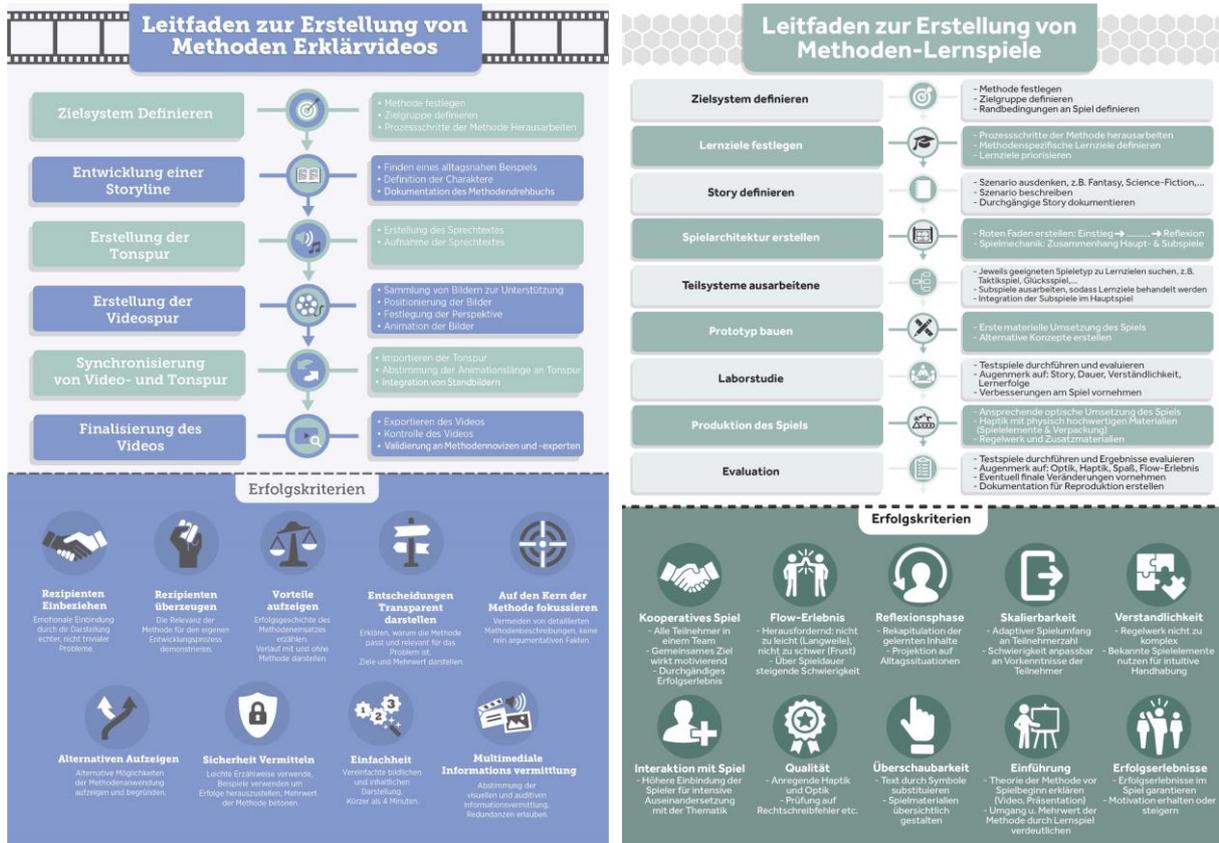


Abbildung 6-3: Leitfäden zur Erstellung von Methodenvideos und Methoden-Lernspielen

Die Leitfäden beruhen auf den, im Rahmen der Forschungsarbeit, ermittelten Gestaltungskriterien, sowie auf Erfahrungen, die bei der Erstellung der Ansätze gemacht wurden. Sie dienen damit Methodenentwicklern als Werkzeug für die zugängliche Aufbereitung ihrer Ergebnisse, und verbessern somit die Diffusion von Methoden in die Praxis.

## 6.2 Ausblick

Aus den Megatrends wie Digitalisierung und Flexibilisierung folgen neue, noch nicht erschlossene Potentiale in Bezug auf den Entwicklungsprozess. Speziell hinsichtlich des effektiven Methodeneinsatzes zeigt der Stand der Forschung erhebliche Möglichkeiten. Um diese proaktiv zu gestalten, wurden am IPEK unter Zusammenarbeit mit der WiGeP - Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktentwicklung systematisch Szenarien zur Methodenentwicklung entwickelt.

Szenarien ermöglichen eine konsistente Beschreibung möglicher Zukünfte.<sup>552</sup> Aus diesen unterschiedlichen Szenarien ging eine Szenario-Landkarte hervor (vgl. Abbildung 6-4), welche in Expertenworkshops analysiert wurde, um zukunftsrobuste Maßnahmen abzuleiten.

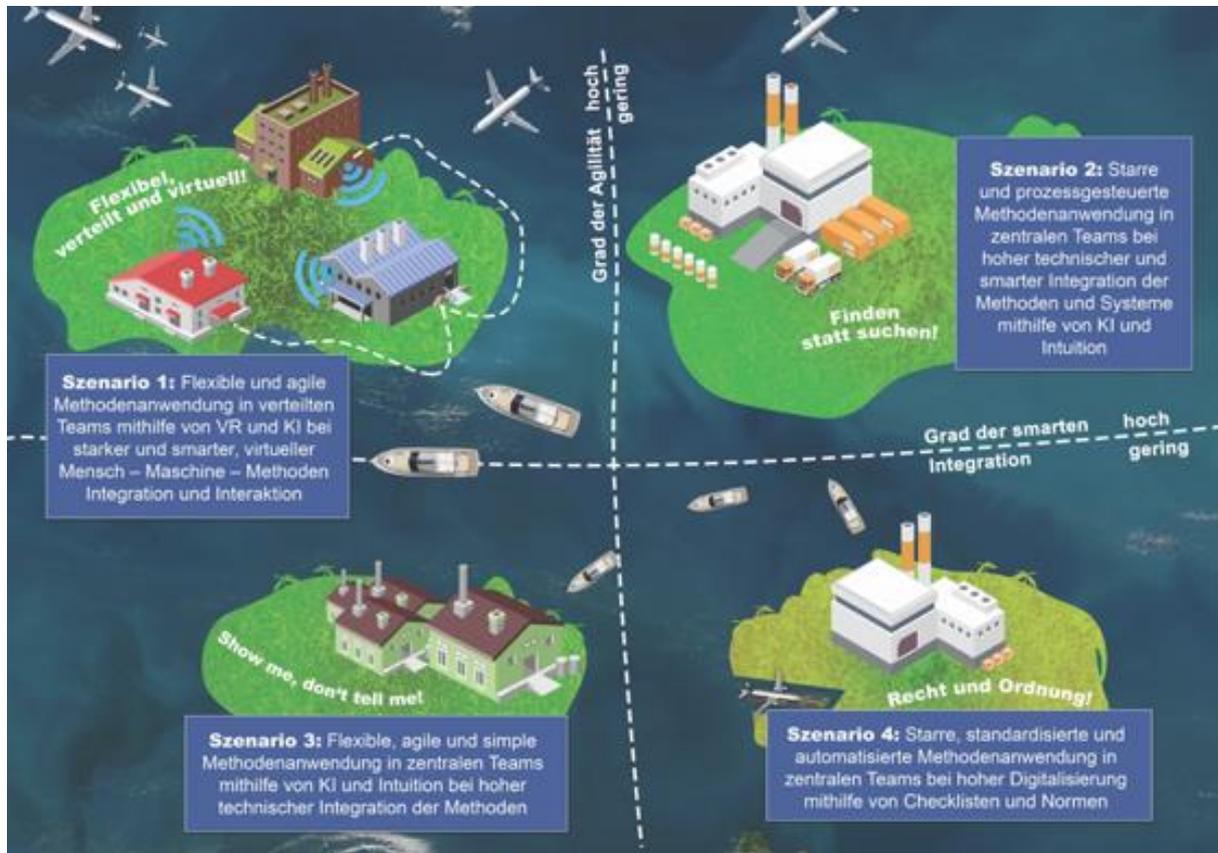


Abbildung 6-4: Szenario-Landkarte Methodeneinsatz in der Produktentwicklung<sup>553</sup>

Im Folgenden werden die, in dieser Arbeit vorgestellten Forschungsergebnisse in den Kontext der unterschiedlichen Szenarien gesetzt und ein Ausblick aus Sicht jedes Zukunftsszenarios gegeben. Zu beachten ist, dass die aufgezeigten Szenarien in unterschiedlich starken Ausprägungen und durchaus auch parallelen existieren können. Die dienen in dem dargelegten Ausblick als Orientierung und haben keinerlei Anspruch auf Exklusivität.

<sup>552</sup> Albers, A.; Bursac, N.; Marthaler, F.; Matthiesen, S.; Reiß, N.; Siebe, A.; Bender, B.; Binz, B. Krause, D.; Lachmayer, R.; Vietor, T., 2017.

<sup>553</sup> Ebd.

In Szenario 1 werden die Methoden besonders agil und flexibel über den gesamten Produktentstehungsprozess domänenübergreifend angewendet. Die Ingenieure arbeiten dabei in dezentralen Teams im virtuellen Raum mit der Unterstützung von künstlichen Intelligenzen zusammen. Dies ermöglicht unter anderem die schnelle, effiziente und zielgerichtete Integration von Spezialisten deutlich.

Alle Szenarien haben eine zunehmende Digitalisierung gemein. In dem dargestellten Szenario hat dieser Trend jedoch eine besonders starke Ausprägung. Die Produktentwicklung erfährt hier eine zunehmende Digitalisierung von Kollaborationsformen oder Arbeitsformen. Entwicklungsmethoden zur Unterstützung von kreativer Lösungssuche oder Entscheidungsfindung sind momentan jedoch kaum auf diese Digitalisierung zugeschnitten.<sup>554</sup> Das langfristige Ziel sollte es daher sein, bisher analog durchgeführte Entwicklungsmethoden für die Anwendung in (teil-)digitalisierten Arbeitsumgebungen zu transformieren. Die transformierten Methoden können anschließend Produktentwicklern zur Verfügung gestellt werden, damit sie diese in ihrer jeweiligen Situation im Produktentstehungsprozess anwenden können, um neue Produktgenerationen zu entwickeln.

In diesem Szenario muss beachtet werden, dass nicht nur die Methodenanwendung, sondern auch die Methodenbereitstellung und –betreuung dezentral stattfindet. Hierbei spielt eine nutzergerechte Aufbereitung eine entscheidende Rolle. Die in dieser Arbeit erzielten Ergebnisse und Erkenntnisse ermöglichen es Methodenentwicklern schon bei der Gestaltung dieser Methoden deren Zugänglichkeit zu berücksichtigen und so die Akzeptanz der Methoden sicherzustellen.

Damit die gewonnenen Erkenntnisse sowohl von Relevanz für die industrielle Praxis als auch nach wissenschaftlichen Maßstäben kontrollierbar und replizierbar sind, müssen nicht nur die Methoden, sondern auch passende Validierungsumgebungen für die Methoden entwickelt werden.

Die so entwickelten und validierten Entwicklungsmethoden in digitalisierter Form ermöglichen eine reibungslosere Einbindung in derzeitige, aber vor allem künftige, digitalisierte Arbeitsweisen von Ingenieuren.

---

<sup>554</sup> Walter u. a., 2017.

Im Szenario 2 werden die Methoden prozessorientiert in zentralen Teams angewendet. Die Methoden sind technisch stark in den Produktentstehungsprozess integriert. Gleichzeitig hat sich eine smarte Vernetzung zwischen dem Methodenanwender und den technischen Systemen durchgesetzt. Die Methodenanwender treffen neben der durchgängigen Prozessführung in den einzelnen Produktentstehungsaktivitäten intuitive Entscheidungen und werden mithilfe von künstlicher Intelligenz bei der Produktentwicklung unterstützt.

Um sich als Unternehmen in diesem Szenario durchzusetzen, ist es wichtig, sich einerseits zu diversifizieren, andererseits optimal verschiedene Kundenbedürfnisse zu befriedigen.

Megatrends wie Konnektivität und Individualisierung beeinflussen aktuell diese Zukunft die Methodenanwendung. Dies führt dazu, dass Produkte ebenfalls individuell auf die Bedarfe der Nutzer anpassbar sein müssen. Daraus folgt, dass die Disziplinen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik gemeinsam in der Entwicklung interagieren müssen.

Mittels geeigneter Entwicklungsmethoden kann der Kunde in den frühen Phasen der Entwicklung integriert werden – dies ist als Co-Creation zu verstehen. Zwar ist die Existenz einiger Entwicklungsmethoden für die einzelnen Disziplinen in den Unternehmen bekannt, allerdings fehlt es in der Praxis an der nötigen Kompetenz, die richtige Methode in der richtigen Art und Weise zur richtigen Situation einzusetzen. Eine Auch eine Möglichkeit, relevante, für die jeweilige Situation geeignete Methodenexperten auf einem schnellen Weg zu identifizieren und zu erreichen, ist nicht existent.

Zudem ist die Vielfalt der Methoden über die Disziplinen hinweg sehr groß, wodurch es oftmals nahezu unmöglich ist, eine geeignete Methode auszuwählen. Auch ein über die einzelnen Disziplinen durchgängiger Ansatz ist bisher nicht vorhanden. Dieser ist in der Hardwareentwicklung jedoch von Nöten, um eine Übertragbarkeit auf andere Branchen zu ermöglichen.

Ziele von, auf dem InnoFox aufbauenden Forschungsarbeiten, sollte es daher sein, ein solches vernetzende Element zur Prozessunterstützung interdisziplinärer Teams zu schaffen. Dies könnte aus einer Kombination von software-gestützter Methoden- und Strategiebereitstellung, der Verwertung von generierten Datenbeständen bezüglich des Methodeneinsatzes (Aufbau von Expertenwissen) sowie der Bereitstellung von Beratungsdienstleistungen (Expertise und Experten) bestehen. Ausgangspunkt der Bereitstellung von Unterstützungsmaßnahmen ist die intelligente Erfassung der jeweiligen Problemsituation. Insbesondere die Integration von auf Künstlicher Intelligenz basierenden Funktionen birgt hier enormes Potential. Die Herausforderung besteht weniger im Aufbau der Anwendung als in der korrekten Implementierung und dem richtigen Training der künstlichen Intelligenz, die ein wesentlicher Faktor bei der Passgenauigkeit der ausgewählten Methode zur vorliegenden Situation darstellt. Darüber hinaus sollte die KI in der Lage sein, „Fragen“ zu ermitteln, die sich aus dem Datenbestand der bisher durchgeführten Projekte ergeben, um die Trefferwahrscheinlichkeit durch angepasste Fragendialoge in der Zukunft zu optimieren.

In Szenario 3 besitzt der Methodenanwender aufgrund seiner stark methodisch geprägten Ingenieurausbildung die Möglichkeit, die Methoden flexibel und agil anzuwenden. Die Produktentwicklung erfolgt dabei häufig in Co-Kreation im Rahmen von Open-Innovation Projekten mit dem Kunden. Die Produktentstehung wird dabei von künstlicher Intelligenz sowie Intuition unterstützt. Die Methoden sind sehr stark in die technischen Systeme integriert.

Insbesondere durch die agilen Paradigmen des Agile Systems Design Ansatzes und der konsequenten Integration der PGE – Produktgenerationsentwicklung besteht ein hoher Bedarf an einerseits einfach zugänglichen, andererseits auch Vorgängergenerationen und Referenzprodukte integrierenden Methoden. Ziel der ASD Forschung muss es daher sein, die Prozesse so zu gestalten, um die neuen Methoden nahtlos in diese zu integrieren.

Im Sinne der PGE - Produktgenerationsentwicklung muss in folgenden Arbeiten untersucht werden, wie der Aufwand, welcher durch die Implementierung und Nutzung von Methoden entsteht, reduziert werden kann. Erste Studien legen nahe, dass die

Wiederverwendung von Teilergebnissen aus Methoden einen positiven Einfluss auf die Methodenakzeptanz hat. Dies ist dadurch zu begründen, dass der größte Teil der Produkte in Generationen entwickelt wird. Entwickler sind es daher gewohnt, einzelne Aspekte ihrer Arbeit wiederzuverwenden und andere weiterzuentwickeln. Können also Ergebnisse der Arbeit an Methoden, wie beispielsweise bei der FMEA für die neue Produktgeneration übernommen werden, führt das dazu, dass in der nächsten Generation der Aufwand stark reduziert werden kann. Folglich ist es künftig eine zentrale Aufgabe der Methodenentwickler den Ansatz der Produktgenerationsentwicklung zu berücksichtigen, und nicht Methoden, die für eine Entwicklung von einem weißen Blatt gedacht sind, zu entwickeln.

Im vierten Szenario herrscht eine starre, standardisierte und automatisierte Methodenanwendung in zentralen Teams. Der sehr hohe Grad an Digitalisierung unterstützt das Arbeiten nach Checklisten und Normen in stringenten Workflow-Abläufen..

In diesem Szenario kommt dem integrierten Produktentstehungsmodell iPeM einerseits mit der Funktion als Methodenontologie und andererseits als Prozessplanungs und –controlling Werkzeug eine besondere Rolle zu. Um das iPeM und die darauf aufbauenden Ansätze auch in Zukunft als mehrwertstiftendes Modell nutzen zu können, muss es kontinuierlich den konkreten Herausforderungen aus Forschung und Praxis angepasst werden. Dabei gilt es vor allem dieses immer wieder am aktuellen Stand der Forschung und in Industrieprojekten zu validieren. Hierbei sind insbesondere die Aspekte der Digitalisierung, der Entwicklung von System of Systems, der Nachfrage nach immer agileren Prozessen und Methoden, sowie der Integration unterschiedlicher Stakeholder in Co-Creation-Ansätzen mit großen Herausforderungen für die Methoden- und Prozessentwicklung verbunden, welche es in Zukunft zu lösen gilt.



## 7 Literaturverzeichnis

- Albers, 2010.** Albers, A. The Integrated Product Engineering Model (iPeM) and its Central Hypotheses. herausgegeben von I. Horvath. Tools and Methods of Competitive Engineering -- TMCE 2010. TMCE, S. 12-16, 2010.
- Albers, Braun, und Muschik, 2010.** Albers, A., Braun, A., & Muschik, S. (2010). Uniqueness and the multiple fractal character of product engineering processes. In Modelling and management of engineering processes, S. 15-26. Springer, London
- Albers, Burkardt, Meboldt, und Saak, 2005.** Albers, A., Burkardt, N., Meboldt, M., & Saak, M. (2005). SPALTEN problem solving methodology in the product development. In ICED 05: 15th International Conference on Engineering Design: Engineering Design and the Global Economy (S. 3513 - 3524). Engineers Australia.
- Albers, Bursac, Heimicke, Walter, und Reiß, 2017.** Albers, A.; N. Bursac; J. Heimicke; B. Walter; und N. Reiß. 20 years of co-creation using case based learning - An integrated approach for teaching innovation and research in Product Generation Engineering. Proceedings of the 20th International Conference on Interactive Collaborative Learning, Budapest, H, September 27-29, 2017, S. 636-647, 2017.
- Albers, A.; Bursac, N.; Marthaler, F.; Matthiesen, S.; Reiß, N.; Siebe, A.; Bender, B.; Binz, B. Krause, D.; Lachmayer, R.; Vietor, T., 2017.** Albers, A.; Bursac, N.; Marthaler, F.; Matthiesen, S.; Reiß, N.; Siebe, A.; Bender, B.; Binz, B. Krause, D.; Lachmayer, R.; Vietor, T., Albert. Szenarien der Methodenanwendung – Ein Whitepaper für die Methodenforschung. Konstruktion - Zeitschrift für Produktentwicklung und Ingenieur-Werkstoffe (10/2017), 2017.
- Albers und Deigendesch, 2010.** Albers, A.; und T. Deigendesch. Patterns in product development: Background, application and exemplification. Tools and methods of competitive engineering: Proceedings of the Eighth International Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering (TMCE 2010), Ancona, Italy, April 12 - 16, 2010. Vol. 2. Ed.: I. Horváth, S.12-20, 2010.
- Albers, Ebel, und Lohmeyer, 2012.** Albers, A; B Ebel; und Q Lohmeyer. Systems of objectives in complex product development. In 9th International Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering TMCE 2012, Karlsruhe, Germany, S.12-21, 2012.
- Albers, Gladysz, Heitger, und Wilmsen, 2016.** Albers, A.; B. Gladysz; N. Heitger; und M. Wilmsen. Categories of Product Innovations. A Prospective Categorization Framework for Innovation Projects in Early Development Phases Based on Empirical Data. Procedia CIRP 50, S. 135-140., 2016.
- Albers und Lohmeyer, 2012.** Albers, A.; und Q. Lohmeyer. Advanced systems engineering - Towards a model-based and human-centered methodology. Tools and methods of competitive engineering: Proceedings of the ninth International Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering (TMCE 2012), Karlsruhe, Germany, May 7-11, 2012. Ed.: I. Horváth,

S. 407-416. 2012.

- Albers, Lüdcke, Bursac, und Will, 2014.** Albers, A.; R. Lüdcke; N. Bursac; und J. Will. Process Analysis and Optimization by Targeted Application of Knowledge Management: A Case Study in the Early Stages of Product Development. In *Methoden in der Produktentwicklung*, herausgegeben von F. Rieg, K. Brökel, J. Feldhusen, K.-H. Grote, und R. Stelzer, 2014.
- Albers und Meboldt, 2006.** Albers, A.; und M. Meboldt. A New Approach in Product Development based on Systems Engineering and Systematic Problem Solving. DS 41: Proceedings of AEDS 2006 Workshop. 15th Workshop on Applied Engineering Design Science, AEDS 2006; Pilsen; Czech Republic; 27 October 2006 through 28 October 2006. Ed. : V. Vanek, S. 5-12, 2006.
- Albers, Muschik, und Ebel, 2010.** Albers, A.; S. Muschik; und B. Ebel. Einflüsse auf Entscheidungsprozesse in frühen Aktivitäten der Produktentstehung. Vorausschau und Technologieplanung: 6. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Berlin, 28. und 29. Oktober 2010. Hrsg.: J. Gausemeier, S. 276-282, 2010.
- Albers und N. Burkardt, 2007.** Albers, A.; und T. Deigendesch N. Burkardt. Knowledge-based support of decision making at the example of microtechnology. *Journal of Automation Mobile Robotics and Intelligent Systems*, 2007, 1. Jg., S. 16-20.
- Albers, Rapp, Birk, und Bursac, 2017.** Albers, A.; S. Rapp; C. Birk; und N. Bursac. Die Frühe Phase der PGE - Produktgenerationsentwicklung. 4. Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung 2017 (SSP): Produktentwicklung im disruptiven Umfeld, Stuttgart, Deutschland, 28-29 Juni 2017, 2017.
- Albers, Walter, Gladysz, Reiß, Dörr, und Hinkelmann, 2014.** Albers, A.; B. Walter; B. Gladysz; N.. Reiß; M. Dörr; und M. Hinkelmann. Ansatz zur situations- und bedarfsgerechten Methodenauswahl in der Produktentwicklung basierend auf dem Systemtripel aus Zielsystem, Handlungssystem und Objektsystem. In *12. gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik*, 12, S.83–94. Bd. 12, 2014.
- Albers, Behrendt, Klingler, und Matros, 2016.** Albers, Albert; Matthias Behrendt; Simon Klingler; und Kevin Matros. Verifikation und Validierung im Produktentstehungsprozess. In *Handbuch Produktentwicklung*, herausgegeben von Udo Lindemann. München Wien: Hanser, 2016.
- Albers, Behrendt, Klingler, Reiß, und Bursac, 2017.** Albers, Albert; Matthias Behrendt; Simon Klingler; Nicolas Reiß; und Nikola Bursac. Agile product engineering through continuous validation in PGE – Product Generation Engineering. *Journal of Design Science* 3, 2017.
- Albers, Behrendt, Schroeter, Ott, und Klingler, 2013.** Albers, Albert; Matthias Behrendt; Jens Schroeter; Sascha Ott; und Simon Klingler. X-in-the-loop: A framework for supporting central engineering activities and contracting complexity in product engineering processes. DS 75-6: Proceedings of the 19th International Conference on Engineering Design (ICED13), Design for Harmonies, Vol.6: Design Information and Knowledge, S. 391-400, Seoul, Korea,
- Albers und Braun, 2011.** Albers, Albert; und Andreas Braun. A generalised framework to compass and to support complex product engineering processes. *International Journal of Product*

Development, 2011, 15. Jg., Nr. 1-3, S. 6-25, 2011

- Albers, Braun, und Muschik, 2010b.** Albers, Albert; Andreas Braun; und Sabine Muschik. Ein Beitrag zum Verständnis des Aktivitätsbegriffs im System der Produktentstehung. In Tag des Systems Engineering, herausgegeben von TDSE Tag des Systems Engineering 2010 München, Freising 10.11. - 12.11.2010. Maik Maurer, Sven-Olaf Schulze, S. 87-96, 2010.
- Albers, Bursac, und Rapp, 2016.** Albers, Albert; Nikola Bursac; und Simon Rapp. "PGE–Produktgenerationsentwicklung am Beispiel des Zweimassenschwungrads." Forschung im Ingenieurwesen 81.1 (2017): S. 13-31
- Albers, Bursac, Reiß, und Rachenkova, 2015.** Albers, Albert; Nikola Bursac; Nicolas Reiß; und Galina Rachenkova. Product Generation Development – The Path to Agile and Efficient Processes in Product Development. In Proceedings of the Energy Science Technology, 2015.
- Albers, Bursac, Urbanec, Lüdcke, und Rachenkova, 2014.** Albers, Albert; Nikola Bursac; Jan Urbanec; Robert Lüdcke; und Galina Rachenkova. Knowledge Management in Product Generation Development – an empirical study. In Beiträge zum 25. DfX-Symposium, 13–24. Krause, Dieter; Paetzold, Kristin; Wartzack, Sandro, S. 13-24, 2014.
- Albers, Bursac, Walter, Hahn, und Schröder, 2016.** Albers, A., Bursac, N., Walter, B., Hahn, C., & Schröder, J.. ProVIL - Produktentwicklung im virtuellen Ideenlabor. Entwerfen, Entwickeln, Erleben : Werkzeuge und Methoden in Produktionsentwicklung und Design - Dresden, 30. Juni - 1. Juli 2016. Hrsg.: R. Stelzer, S. 185-198, 2016.
- Albers, Bursac, und Wintergerst, 2015a.** Albers, Albert; Nikola Bursac; und Eike Wintergerst. Product Generation Development – Importance and Challenges from a Design Research Perspective. In New Developments in Mechanics and Mechanical Engineering, S. 16–21, 2015.
- Albers, Bursac, und Wintergerst, 2015b.** Albers, Albert; Nikola Bursac; und Eike Wintergerst. Produktgenerationsentwicklung – Bedeutung und Herausforderungen aus einer entwicklungsmethodischen Perspektive. In Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung 2015 SSP 2015. Stuttgart, 2015.
- Albers, Haug, Heitger, Arslan, Rapp, und Bursac, 2016.** Albers, Albert; Fabian Haug; Nicolas Heitger; Masis Arslan; Simon Rapp; und Nikola Bursac. Produktgenerationsentwicklung Praxisbedarf und Fallbeispiel in der automobilen Produktentwicklung. 12. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung (SVT), Berlin, 8. - 9. Dezember 2016, S. 469-474, 2016.
- Albers, Lohmeyer, und Ebel, 2011.** Albers, Albert; Quentin Lohmeyer; und Björn Ebel. Dimensions of objectives in interdisciplinary product development projects. In 18th International Conference on Engineering Design ICED 11, Copenhagen, Denmark, 2: S. 256–265. Bd. 2, 2011.
- Albers, Lohmeyer, und Radimersky, 2013.** Albers, Albert; Quentin Lohmeyer; und Ahne Radimersky. Individuelle und organisatorische Akzeptanz von Methoden des Systems Engineering. Tag des Systems Engineering: Zusammenhänge erkennen und gestalten: S. 351 - 359, 2013.
- Albers, Lüdcke, Bursac, und Reiß, 2014.** Albers, Albert; Robert Lüdcke; Nikola Bursac; und Nicolas

- Reiß. Connecting knowledge-management-systems to improve a continuous flow of knowledge in engineering design processes. In Proceedings of TMCE, 1: S.393–402. Bd. 1, 2014.
- Albers, Matros, Behrendt, und Jetzinger, 2015.** Albers, Albert; Kevin Matros; Matthias Behrendt; und Heidelinde Jetzinger. Das Pull-Prinzip der Validierung – Ein Referenzmodell zur effizienten Integration von Validierungsaktivitäten in den Produktentstehungsprozess. VDI Konstruktion (Juni 6-2015): S. 74–81, 2015.
- Albers, Matthiesen, und Lechner, 2002.** Albers, Albert; Sven Matthiesen; und G. Lechner. Konstruktionsmethodisches Grundmodell zum Zusammenhang von Gestalt und Funktion technischer Systeme. Herausgegeben von Birkhofer. Konstruktion – Zeitschrift für Produktentwicklung 54 (Juli/August 7/8-2002): S. 55–60, 2002.
- Albers, Maul, Bursac, und Heismann, 2015.** Albers, Albert; Ludwig Maul; Nikola Bursac; und Robert Heismann. Connected Creativity - A Human Centred Community Platform for Innovation Impulses. Proceedings of The Third International Conference on Design Creativity. July 27-30, 2015, Milan, Italy. Ed.: A. Chakrabarti, S. 158-165 2015.
- Albers und Meboldt, 2007.** Albers, Albert; und Mirko Meboldt. IPEMM – Integrated Product Development Process Management Model, Based on Systems Engineering and Systematic Problem Solving. In 16th International Conference on Engineering Design, herausgegeben von 16th International Conference on Engineering Design. Paris, France, S. 611-612, 2007.
- Albers, Radimersky, und Turki, 2013.** Albers, Albert; Aline Radimersky; und Tarak Turki. Verbesserte Ausschöpfung vorhandener Innovationspotentiale durch Kopplung von Prozess-, Wissens- und Methodenmanagement. Vorausschau und Technologieplanung: 8. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Berlin, 6. und 7. Dezember 2012. Hrsg.: J. Gausemeier, S.306-314, 2013.
- Albers und Reiß, 2014.** Albers, Albert; und Nicolas Reiß. Situationsgerechte Methodenunterstützung mit einer mobilen App. ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 109 (9): S. 585–586, 2014.
- Albers, Reiß, Bause, Burkardt, und Behrendt, 2016.** Albers, Albert; Nicolas Reiß; Katharina Bause; Nicolas Burkardt; und Matthias Behrendt. Determination of sustainability indicators and validation strategies for integrated electro mobility. In 11th International Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering. Proceedings of TMCE, S.15-22, 2016.
- Albers, Reiß, Bursac, und Breitschuh, 2016.** Albers, A., Reiß, N., Bursac, N., & Breitschuh, J. (2016). 15 years of SPALTEN problem solving methodology in product development. DS 85-1: Proceedings of NordDesign 2016, Volume 1, Trondheim, Norway, 10th-12th August 2016, S. 411-420, 2016
- Albers, Reiss, Bursac, und Richter, 2016.** Albers, Albert; Nicolas Reiss; Nikola Bursac; und Thilo Richter. iPeM – Integrated Product Engineering Model in Context of Product Generation Engineering. Procedia CIRP 50. 26th CIRP Design Conference: S. 100–105, 2016.
- Albers, Reiß, Bursac, Schwarz, und Lüdcke, 2013.** Albers, Albert; Nicolas Reiß; Nikola Bursac; Lea

- Schwarz; und Robert Lüdcke. Modelling Technique for Knowledge Management, Process Management and Method application - A Formula Student exploratory study. Proceedings of the 3rd International Conference on Modelling and Management of Engineering Processes, Magdeburg, 2013, S. 151-162, 2013.
- Albers, Reiß, Bursac, Urbanec, und Lüdcke, 2014.** Albers, Albert; Nicolas Reiß; Nikola Bursac; Jan Urbanec; und Robert Lüdcke. Situation-appropriate method selection in product development process – empirical study of method application. In Proceedings of NordDesign 2014 Conference, S. 550–559. Aalto Design Factory, 2014.
- Albers, Reiß, Bursac, Walter, und Gladysz, 2015.** Albers, Albert; Nicolas Reiß; Nikola Bursac; Benjamin Walter; und Bartosz Gladysz. InnoFox - Situationsspezifische Methodenempfehlung im Produktentstehungsprozess. Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung, 2015.
- Albers, Saak., und Burkardt, 2002.** Albers, Albert.; Marcus Saak.; und Norbert Burkardt. Gezielte Problemlösung bei der Produktentwicklung mit Hilfe der SPALTEN-Methode. 47. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium. Ilmenau, Technische Universität, S. 83-84, 2002.
- Albers und Schweinberger, 2001.** Albers, Albert; und Dirk Schweinberger. Methodik in der praktischen Produktentwicklung - Herausforderung und Grenzen. Vom Markt zum Produkt - Impulse für die Innovationen von morgen. Hrsg.: D. Spath, S. 25-34, 2001.
- Albers, Seiter, Reiß, Bursac, Gladysz, Walter, Aschenbrücker, u. a., 2015.** Albers, Albert; Mischa Seiter; Nicolas Reiß; Nikola Bursac; Bartosz Gladysz; Benjamin Walter; Andreas Aschenbrücker; u. a. Ergebnisbericht des BMBF Verbundprojektes IN<sup>2</sup>. Stuttgart: ePubli, 2015.
- Albers, Walch, und Bursac, 2016.** Albers, Albert; Markus Walch; und Nikola Bursac. "Entscheidungsunterstützung durch die Variationsanteile der Produktgenerationsentwicklung." Konstruktion-Zeitschrift für Produktentwicklung und Ingenieur-Werkstoffe 1 (2016)
- Albers, 2012.** Albers, Tarak Turki Albert. Transfer of Engineering Experience by Shared Mental Models. DS 74: Proceedings of the 14th International Conference on Engineering & Product Design Education (E&PDE12) Design Education for Future Wellbeing, Antwerp, Belgium, 06-07.9.2012, S.77-82, 2012.
- Anderson, 2011.** Anderson, David J. Kanban: Evolutionäres Change Management für IT-Organisationen. dpunkt.verlag, Heidelberg, 2011.
- Andreasen und Howard, 2011.** Andreasen, M. M.; und T. J. Howard. Is Engineering Design Disappearing from Design Research? In The Future of Design Methodology, herausgegeben von Herbert Birkhofer, 21–34. London: Springer London, 2011.
- Atkinson und Shiffrin, 1968.** Atkinson, Richard C.; und Richard M. Shiffrin. Human memory: A proposed system and its control processes<sup>1</sup>. In Psychology of learning and motivation, 2: S.89–195. Bd. 2. Elsevier, 1968.
- Avedon, Sutton-Smith, und Brewster, 2015.** Avedon, Elliott Morton; Brian Sutton-Smith; und Paul G. Brewster. The Study of Games. Ishi Press International, New York, 2015.

- Badke-Schaub, Daalhuizen, und Roozenburg, 2011.** Badke-Schaub, P; J Daalhuizen; und N Roozenburg. Towards a designer-centred methodology: descriptive considerations and prescriptive reflections. In: The future of design methodology. Springer, London, S. 181-197, 2011
- Badke-Schaub und Frankenberger, 2003.** Badke-Schaub, Petra; und Eckart Frankenberger. Management Kritischer Situationen: Produktentwicklung erfolgreich gestalten. 2004. Aufl. Berlin, Springer-Verlag, 2003.
- Batra, Xia, VanderMeer, und Dutta, 2010.** Batra, Dinesh; Weidong Xia; Debra E. VanderMeer; und Kaushik Dutta. Balancing agile and structured development approaches to successfully manage large distributed software projects: A case study from the cruise line industry. CAIS 27: 21, 2010.
- Baumert, 2013.** Baumert, Andreas. Interviews in der Recherche: Redaktionelle Gespräche zur Informationsbeschaffung. Springer-Verlag, Luxemburg, 2013.
- Bause, Munker, Reiß, Rupalla, Behrendt, und Albers, 2016.** Bause, Katharina; Florian Munker; Nicolas Reiß; Armin Rupalla; Matthias Behrendt; und Albert Albers. System-integrated data acquisition in validation and operation of electric vehicles. 16. Internationales Stuttgarter Symposium. Automobil- und Motorentechnik. Hrsg.: M. Bargende, 2016.
- Bavendiek, Inkermann, und Vietor, 2016a.** Bavendiek, Ann-Kathrin; David Inkermann; und Thomas Vietor. Supporting collaborative design by digital tools – Potentials and Challenges. DS 85-2: Proceedings of NordDesign 2016, Volume 2, Trondheim, Norway, 10th - 12th August 2016, S. 248-257, 2016.
- Bavendiek, Inkermann, und Vietor, 2016b.** Bavendiek, Ann-Kathrin; David Inkermann; und Thomas Vietor. Teaching design methods with the interactive „methodos“ portal. In DS 84: Proceedings of the DESIGN 2016 14th International Design Conference, S. 2049–2058, 2016.
- Beck, Beedle, Van Bennekum, Cockburn, Cunningham, Fowler, Grenning, Highsmith, Hunt, und Jeffries, 2001.** Beck, Kent; Mike Beedle; Arie Van Bennekum; Alistair Cockburn; Ward Cunningham; Martin Fowler; James Grenning; Jim Highsmith; Andrew Hunt; und Ron Jeffries. Manifesto for agile software development, 2001.
- Bender, 2004.** Bender, Bernd. Erfolgreiche individuelle Vorgehensstrategien in frühen Phasen der Produktentwicklung. VDI-Verl., Berlin, 2004.
- Berk, 2009.** Berk, Ronald A. Multimedia teaching with video clips: TV, movies, YouTube, and mtvU in the college classroom. International Journal of Technology in Teaching & Learning, 2009, 5. Jg.,
- Binz, Keller, Kratzer, Messerle, und Roth, 2011.** Binz, H.; A. Keller; M. Kratzer; M. Messerle; und D. Roth. Increasing Effectiveness and Efficiency of Product Development - A Challenge for Design Methodologies and Knowledge Management. In The Future of Design Methodology, S.79–90. Springer, London, 2011.
- Birkhofer, 1991.** Birkhofer, H. Methodik in der Konstruktionspraxis–Erfolge, Grenzen und Perspektiven. In Proceedings of ICED, 91: S. 224–233. Bd. 91, 1991.

- Birkhofer, Kloberdanz, Berger, und Sauer, 2002.** Birkhofer, H.; H. Kloberdanz; B. Berger; und T. Sauer. Cleaning up Design Methods - Describing Methods Completely and Standardised. DS 30: Proceedings of DESIGN 2002, the 7th International Design Conference, Dubrovnik, S. 17-22, 2002.
- Birkhofer, Lindeman, Albers, und Meier, 2001.** Birkhofer, Herbert; U. Lindeman; A. Albers; und M. Meier. Product development as a structured and interactive network of knowledge-a revolutionary approach. In: 13th International Conference on Engineering Design ICED'01. 2001. S. 457-464
- Birkhofer, 2005.** Birkhofer, J. Jansch H. An extensive and detailed view of the application of design methods and methodology in industry. DS 35: Proceedings ICED 05, the 15th International Conference on Engineering Design, Melbourne, Australia, 15.-18.08.2005, S. 518-523, 2005.
- Blessing und Chakrabarti, 2009.** Blessing, Lucienne T. M.; und Amaresh Chakrabarti. DRM, a design research methodology. Dordrecht ; London: Springer, 2009.
- Bloom, Engelhart, Furst, Hill, und Krathwohl, 1976.** Bloom, Benjamin; Max Engelhart; Edward Furst; Walker Hill; und David Krathwohl. Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich. Herausgegeben von Benjamin S [Hrsg.] Bloom. Weinheim [u. a.]: Beltz, 1976.
- Blum, 2013.** Blum, Egon. Betriebsorganisation: Methoden und Techniken. Springer-Verlag, Berlin, 2013.
- Bortz und Döring, 2013.** Bortz, Jürgen; und Nicola Döring. Forschungsmethoden und Evaluation. Springer-Verlag, Berlin, 2013.
- Braun, 2013.** Braun, Andreas. Modellbasierte Unterstützung der Produktentwicklung – Potentiale der Modellierung von Produktentstehungsprozessen am Beispiel des integrierten Produktentstehungsmodells (iPeM). Karlsruhe, 2013.
- Braun und Lindemann, 2004.** Braun, T.; und U. Lindemann. Method Adaptation-A way to improve methodical product development. In: DS 32: Proceedings of DESIGN 2004, the 8th International Design Conference, Dubrovnik, Croatia. S. 977–982, 2004.
- Brenner und Uebernicketl, 2016.** Design thinking for innovation: research and practice. Cham: Springer, London, 2016.
- Bröhl, 1993.** Bröhl, Adolf-Peter. Das V-Modell: Der Standard für die Softwareentwicklung mit Praxisleitfaden. Oldenbourg, 1993.
- Brown, 2005.** Brown, J. S. Storytelling in Organizations: Why Storytelling is Transforming 21st Century Organizations and Management. Elsevier, Butterworth-Heinemann, 2005.
- Brown, 2009.** Brown, Tim. Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation. Development Outreach, Harper Collins, 2009.
- Bullinger, Wörner, und Prieto, 1998.** Bullinger, Hans-Jörg; Kai Wörner; und Juan Prieto. Wissensmanagement — Modelle und Strategien für die Praxis. In Wissensmanagement, herausgegeben von Prof Dr Hans Dietmar Bürgel, S. 21–39. Edition Alcatel SEL Stiftung.

- Springer Berlin Heidelberg, 1998.
- Bunchball, 2010.** Bunchball, Inc. Gamification 101: An introduction to the use of game dynamics to influence behavior. White paper: 9, 2010.
- Caillois, 1961.** Caillois, Roger. Man, Play, and Games. University of Illinois Press, 1961.
- Chirumalla, Eriksson, und Eriksson, 2015.** Chirumalla, Koteshwar (1); Yvonne (1) Eriksson; und Pelle (2) Eriksson. The influence of different media instructions on solving a procedural task. DS 80-11 Proceedings of the 20th International Conference on Engineering Design (ICED 15) Vol 11: Human Behaviour in Design, Design Education; Milan, Italy, 2015.
- Chou, 2016.** Chou, Y. K. Yu-kai Chou: Gamification & Behavioral Design What is Gamification What is Gamification? Leaderboards, Citado, 7. Jg., S. 32., 2016
- Conforto, Salum, Amaral, da Silva, und de Almeida, 2014.** Conforto, Edivandro C.; Fabian Salum; Daniel C. Amaral; Sérgio Luis da Silva; und Luís Fernando Magnanini de Almeida. Can agile project management be adopted by industries other than software development? Project Management Journal 45 (3): 21–34, 2014.
- Cooper, 1994.** Cooper, Robert G. Third-Generation New Product Processes. Journal of Product Innovation Management 11 (1): 3–14, 1994.
- Deigendesch, 2009.** Deigendesch, Tobias. Kreativität in der Produktentwicklung und Muster als methodisches Hilfsmittel: Creativity in Product Development and Patterns as a Methodological Means of Support. Karlsruher Institut für Technologie, 2009.
- Deterding, Dixon, Khaled, und Nacke, 2011.** Deterding, Sebastian; Dan Dixon; Rilla Khaled; und Lennart E. Nacke. Gamification: Toward a definition. In CHI 2011 Gamification Workshop Proceedings. Vancouver, 2011.
- DIN, 2006.** DIN, EN. 60812: Analysetechniken für die Funktionsfähigkeit von Systemen–Verfahren für die Fehlzustandsart-und-auswirkungsanalyse (FMEA). DIN, Germany, 2006.
- Dobberkau, 2002.** Dobberkau, Klemens. Aufgabenorientierte Methoden Anpassung in der Produktentwicklung am Beispiel des Qualitätsmanagements. Kaiserslautern: Univ., Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation, 2002.
- Dörner, 1979.** Dörner, D. Problemlösen als Informationsverarbeitung, (2. Aufl.) Stuttgart: Kohlhammer 1979.
- Düser, 2010.** Düser, Tobias. X-in-the-Loop - ein durchgängiges Validierungsframework für die Fahrzeugentwicklung am Beispiel von Antriebsstrangfunktionen und Fahrerassistenzsystemen. Karlsruhe: Karlsruhe, IPEK, 2010.
- Eberhardt, 2013.** Eberhardt, Otto. Risikobeurteilung mit FMEA: die Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse gemäß VDA-Richtlinie 4.2 ; die Risikobeurteilung von Maschinen gemäß EU-Richtlinie 2006/42/EG. 3., überarb. Aufl. Edition expertsoft 63. Renningen: expert-Verl, 2013.
- Eckert und Stacey, 2010.** Eckert, C. M.; und M. K. Stacey. What is a Process Model? Reflections on

the Epistemology of Design Process Models. In *Modelling and Management of Engineering Processes*, 3–14. Springer, London, 2010.

**Ehrlenspiel und Meerkamm H., 2013.** Ehrlenspiel, K.; und Meerkamm H. *Integrierte Produktentwicklung: Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit*. 5. Auflage. München: Carl Hanser Verlag, 2013.

**Ehrlenspiel, 2013.** Ehrlenspiel, Klaus. *Integrierte Produktentwicklung*. 5., überarb. und erw. Aufl. München: Carl Hanser Verlag, 2013.

**Engeln, 2011.** Engeln, Werner. *Methoden der Produktentwicklung*. 2. Aufl. Deutscher Industrieverlag, Essen, 2011.

**Ern und Guermond, 2004.** Ern, Alexandre; und Jean-Luc Guermond. *Theory and Practice of Finite Elements*. Springer Science & Business Media, London, 2004.

**Fuchs, 2014.** *Rethinking gamification*. Lüneburg: Meson-Press, 2014.

**Funke, 1986.** Funke, Joachim. *Komplexes Problemlösen - Bestandsaufnahme und Perspektiven*. Berlin: Springer-Verlag, 1986.

**Gausemeier, Ebbesmeyer, und Kallmeyer, 2001.** Gausemeier, J.; P. Ebbesmeyer; und F. Kallmeyer. *Produktinnovation: Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen*. München and Wien: Hanser, 2001.

**Gericke, Eckert, und Stacey, 2017.** Gericke, Kilian (1); Claudia (2) Eckert; und Martin (3) Stacey. *What do we need to say about a design method? DS 87-7 Proceedings of the 21st International Conference on Engineering Design (ICED 17) Vol 7: Design Theory and Research Methodology*, Vancouver, Canada, 21-25.08.2017, S.101-110, 2017.

**Gero, 1990.** Gero, John S. *Design Prototypes: a knowledge representation schema for design*. *AI magazine*, 11. Jg., Nr. 4, S. 26. 1990

**Gloger, 2013.** Gloger, Boris. *Scrum : Das Scrum-Prinzip. Agile Organisationen aufbauen und gestalten*. Projektmanagement, Innovationsmanagement, 7. Schäffer Poeschel, Stuttgart, 2013

**Gloger, 2016.** Gloger, Boris. *Scrum: Produkte zuverlässig und schnell entwickeln* Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, München, 2016.

**Graner, 2012.** Graner, Marc. *Der Einsatz von Methoden in Produktentwicklungsprojekten: Eine empirische Untersuchung der Rahmenbedingungen und Auswirkungen*. Auflage: 2013. Wiesbaden: Springer Gabler, 2012.

**Gregory, Barroca, Taylor, Salah, und Sharp, 2015.** Gregory, Peggy; Leonor Barroca; Katie Taylor; Dina Salah; und Helen Sharp. *Agile challenges in practice: a thematic analysis*. In *International Conference on Agile Software Development*, S. 64–80. Springer, London, 2015.

**Haberfellner, 2015.** *Systems Engineering: Grundlagen und Anwendung*. 13., aktualisierte Aufl. Zürich: Orell Füssli, 2015.

**Hägermann, Schneider, König, und Hägermann, 2003.** Hägermann, Dieter; Helmuth Schneider;

- Wolfgang König; und Dieter Hägermann. Landbau und Handwerk: 750 v. Chr. bis 1000 n. Chr. Unveränd. Neuausg. d. 1990 bis 1992 ersch. Originalausg. Propyläen Technikgeschichte hrsg. von Wolfgang König; [1]. Berlin: Propyläen-Verl, 2003.
- Hall, 1962.** Hall, A.D. A Methodology for Systems Engineering. Princeton, USA: van Nostrand, 1962.
- Hanser, 2010a.** Hanser, Eckhart. Agile Prozesse: Von XP über Scrum bis MAP / von Eckhart Hanser, Springer-Verlag, Berlin, 2010.
- Hanser, 2010b.** Hanser, Prof Dr Eckhart. Scrum. In Agile Prozesse: Von XP über Scrum bis MAP, 61–77. eXamen.press. Springer Berlin Heidelberg, 2010.
- Hatchuel, Weil, und others, 2003.** Hatchuel, Armand; Benoit Weil; und others. A new approach of innovative Design: an introduction to CK theory. In DS 31: Proceedings of ICED 03, the 14th International Conference on Engineering Design, Stockholm, 2003.
- Heimicke, Reiß, Albers, Walter, Breitschuh, Knoche, und Bursac, 2018.** Heimicke, Jonas; Nicolas Reiß; Albert Albers; Benjamin Walter; Jan Breitschuh; Sebastian Knoche; und Nikola Bursac. Agile innovative impulses in product generation engineering: creativity by intentional forgetting. ICDC Bath, S. 8-16, 2018.
- Highsmith, 2009.** Highsmith, Jim. Agile Project Management: Creating Innovative Products. Pearson Education, 2009.
- Huang und Soman, 2013.** Huang, Wendy Hsin-Yuan; und Dilip Soman. Gamification of education. Research Report Series: Behavioural Economics in Action, Rotman School of Management, University of Toronto, 2013.
- Hubka, 1984.** Hubka, Vladimir. Theorie technischer Systeme: Grundlagen einer wissenschaftlichen Konstruktionslehre. Springer, Berlin, 1984.
- Huizinga, 1971.** Huizinga, Johan. Homo Ludens: A Study of the Play-Element in Culture. Beacon Press, Boston, 1971.
- Huotari und Hamari, 2012.** Huotari, Kai; und Juho Hamari. Defining gamification: a service marketing perspective. In Proceeding of the 16th International Academic MindTrek Conference, S. 17–22. 2012.
- Ishikawa, 1996.** Ishikawa, Kaoru. Guide to quality control. 13. print. Tokyo: Asian Productivity Organization, Springer, Berlin, Heidelberg, . 1996
- Jänsch, Sauer, Walter und Birkhofer, 2003.** Jänsch, J., Sauer, T., Walter, S., & Birkhofer, H. (2003). User suitable transfer of design methods. In DS 31: Proceedings of ICED 03, the 14th International Conference on Engineering Design, Stockholm, S. 371-382, 2003
- Jänsch, Weiss, und Birkhofer, 2006.** Jänsch, J.; S. Weiss; und H. Birkhofer. Towards a Design Method-Suitable, Computer-Supported Learning Environment. In DS 36: Proceedings DESIGN 2006, the 9th International Design Conference, Dubrovnik, Croatia, S. 1163-1170, 2006.
- Jänsch, 2007.** Jänsch, Judith. Akzeptanz und Anwendung von Konstruktionsmethoden im industriellen

Einsatz : Analyse und Empfehlungen aus kognitionswissenschaftlicher Sicht. Phd, Düsseldorf: VDI-Verl., 2007.

**Johnson, 1994.** Johnson, Hollyn M. Processes of successful intentional forgetting. Psychological Bulletin, 1994, 116. Jg., Nr. 2, S. 274. 1994

**Jorden, 1983.** Jorden, W. Die Diskrepanz zwischen Konstruktionspraxis und Konstruktionsmethodik. In Proceedings of the International Conference on Engineering Design, S. 487–494, 1983.

**Juul, 2003.** Juul, Jesper. The Game, the Player, the World: Looking for a Heart of Gameness. In Level up: Digital games research conference, 2003.

**Kahneman, 2012.** Kahneman, Daniel. Schnelles Denken, langsames Denken. Übersetzt von Thorsten Schmidt. München: Siedler Verlag, 2012.

**Kant, Becker, und Ebeling, 1983.** Kant, Immanuel; Wolfgang Becker; und Hans Ebeling. Anthropologie in pragmatischer Hinsicht. Universal-Bibliothek 7541. Stuttgart: Reclam, 1983.

**Kapp, 2012.** Kapp, Karl M. The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education. John Wiley & Sons, Hersbruck, 2012.

**Kelley, 1998.** Kelley, David. The art of reasoning. New York: W.W. Norton, 1998.

**Kim, 2013.** Kim, Don. The state of Scrum: Benchmarks and guidelines. Retrieved April 20: Orlando, 2013.

**Komus, Kuberg, Atinc, Franner, Friedrich, Lang, Makarova, Reimer, und Pabst, 2014.** Komus, Ayelt; M. Kuberg; C. Atinc; Lukas Franner; Fabian Friedrich; Tamara Lang; A. Makarova; Dominik Reimer; und Johanna Pabst. Status quo agile 2014. Zweite Studie zu Verbreitung und Nutzen agiler Methoden, 2014.

**Leifer, Plattner, und Meinel, 2013.** Leifer, Larry; Hasso Plattner; und Christoph Meinel. Design Thinking Research: Building Innovation Eco-Systems. Springer Science & Business Media, Berlin, 2013.

**Lichtenthaler, 2008.** Lichtenthaler, Eckhard. Methoden der Technologie-Früherkennung und Kriterien zu ihrer Auswahl. In Technologie-Roadmapping, 59–84. VDI-Buch. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008.

**Lindemann, 2008.** Lindemann, Udo. Methodische Entwicklung technischer Produkte: Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. Berlin, Springer-Verlag, 2008.

**Lindemann, 2009.** Lindemann, Udo. Methodische Entwicklung technischer Produkte : Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden Springer-Verlag, Heidelberg, 2009.

**Lohmeyer, 2013.** Lohmeyer, Quentin. Menschzentrierte Modellierung von Produktentstehungssystemen unter besonderer Berücksichtigung der Synthese und Analyse dynamischer Zielsysteme. Karlsruhe, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Diss., 2013, 2013.

**Mach, 2012.** Mach, Ernst. Die Mechanik in ihrer Entwicklung: historisch-kritisch dargestellt, Akademie-

Verlag, Berlin, 2012.

- Mantwill, 2014.** Mantwill, F. Es muss uns gelingen! Konstruktion - Zeitschrift für Produktentwicklung und Ingenieur-Werkstoffe 2014 (2): 3, 2014.
- Marxen, 2014.** Marxen, Leif. A Framework for Design Support Development based on the integrated Product Engineering Model iPeM. Karlsruhe: KIT-Bibliothek, 2014.
- Meboldt, 2009.** Meboldt, Mirko. Mentale und formale Modellbildung in der Produktentstehung – als Beitrag zum integrierten Produktentstehungs-Modell (iPeM). Herausgegeben von o. Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. A. Albers. Forschungsberichte. Karlsruhe, 2009.
- Miller, 1956.** Miller, G. A. The Magical Number Seven, Plus Or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. Psychological review, Bobbs-Merrill, 1956.
- Moe, Dingsøyr, und Dybå, 2010.** Moe, Nils Brede; Torgeir Dingsøyr; und Tore Dybå. A teamwork model for understanding an agile team: A case study of a Scrum project. Information and Software Technology 52 (5). TAIC-PART 2008: S. 480–491, 2010.
- Niegemann, Hessel, Hochscheid-Mauel, Aslanski, Deimann, und Kreuzberger, 2004.** Niegemann, Helmut M.; Silvia Hessel; Dirk Hochscheid-Mauel; Kristina Aslanski; Markus Deimann; und Gunther Kreuzberger. Didaktische Gestaltung von Audio. In Kompendium E-Learning, 125–133. X.media.press. Springer, Berlin, Heidelberg, 2004.
- Nonaka und Takeuchi, 2012.** Nonaka, Ikujiro; und Hirotaka Takeuchi. Die Organisation des Wissens: Wie japanische Unternehmen eine brachliegende Ressource nutzbar machen. Übersetzt von Friedrich Mader. 2. Aufl. Campus Verlag, Frankfurt am Main, 2012.
- Oerding, 2009.** Oerding, Jochen. Ein Beitrag zum Modellverständnis der Produktentstehungs-Strukturierung von Zielsystemen mittels C&CM. IPEK-Forschungsberichte, Bd, 2009, 37. Jg.
- Ohno, 2013.** Ohno, Taiichi. Das Toyota-Produktionssystem. Campus Verlag, Frankfurt am Main, 2013.
- Ovesen und Dowlen, 2012.** Ovesen, Nis; und Chris Dowlen. The challenges of becoming agile—experiences from new product development in industry and design education, 2012.
- Pahl, 1994.** Pahl, Gerhard. Psychologische und pädagogische Fragen beim methodischen Konstruieren: Ergebnisse des Ladenburger Diskurses von Mai 1992 bis Oktober 1993. Verlag TÜV Rheinland, 1994
- Pahl und Beitz, 2013.** Pahl, Gerhard; und Wolfgang Beitz. Pahl/Beitz Konstruktionslehre : Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung / herausgegeben von Jörg Feldhusen, Karl-Heinrich Grote, Springer-Verlag, Berlin, 2013
- Paulinyi und Troitzsch, 1997.** Paulinyi, Akos; und Ulrich Troitzsch. Prpyläen Technikgeschichte Band 3: Mechanisierung und Maschinerisierung ; 1600 bis 1840. Unveränd. Aufl. d. Ausg. 1990 bis 1992. Berlin: Propyläen, 1997.
- Pfahl und Lebsanft, 2000.** Pfahl, Dietmar; und Karl Lebsanft. Using simulation to analyse the impact of software requirement volatility on project performance. Information and Software Technology

42 (14): 1001–1008, 2000.

**Pichler, 2013.** Pichler, Roman. Scrum: agiles Projektmanagement erfolgreich einsetzen. dpunkt. verlag, Heidelberg, 2013.

**Plattner, Meinel, und Leifer, 2010.** Plattner, Hasso; Christoph Meinel; und Larry Leifer. Design Thinking: Understand – Improve – Apply. Springer Science & Business Media, Berlin, 2010.

**Poxleitner und Wetzel, 2014.** Poxleitner, Eva; und Kathrin Wetzel. Lehrvideos als innovative Lernformate in berufsbegleitenden Studienangeboten. Zeitschrift für Hochschulentwicklung 9 (3): 119–132, 2014.

**Probst, Raub, und Romhardt, 2010.** Probst, G.; S. Raub; und K. Romhardt. Wissen managen: Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen. 6. Aufl. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2010.

**Redtenbacher und Krosigk, 2007.** Redtenbacher, Ferdinand J.; und Esther von Krosigk. Prinzipien der Mechanik und des Maschinenbaus. 1. Aufl. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller, 2007.

**Reiß, Bursac, Albers, Walter, und Gladysz, 2016.** Reiß, N.; N. Bursac; A. Albers; B. Walter; und B. Gladysz. Method recommendation and application in agile product development processes. 14th International Design Conference, DESIGN 2016, Cavtat, Dubrovnik, Croatia, 16 - 19 May, 2016, S.401-411, 2016.

**Reiß, Albers, und Bursac, 2017.** Reiß, Nicolas; Albert Albers; und Nikola Bursac. Approaches to increasing method acceptance in agile product development processes. In: DS 87-4 Proceedings of the 21st International Conference on Engineering Design (ICED 17) Vol 4: Design Methods and Tools, Vancouver, Canada, 21-25.08. 2017.S.435-444, 2017.

**Reiß, Albers, Janke, Popp, und Bursac, 2017.** Reiß, Nicolas; Albert Albers; Michael Janke; Fabiena Popp; und Nikola Bursac. Das Methoden Spiel SPALTEN Expedition : Akzeptanzsteigerung durch Erfahrungen und Erfolgserlebnisse. 4. Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung 2017 (SSP): Produktentwicklung im disruptiven Umfeld, Stuttgart, Deutschland, 28-29 Juni 2017,

**Reiß, Bavendiek, Diestmann, Inkermann, Albers, und Vietor, 2017.** Reiß, Nicolas; Ann-Kathrin Bavendiek; Gunnar Diestmann; David Inkermann; Albert Albers; und Thomas Vietor. Understanding Design Methods: Using Explanatory Videos for Knowledge Transfer in Engineering Disciplines. Procedia CIRP 60, S.518-528, 2017.

**Reiß und Diestmann, 2016.** Reiß, Nicolas; und Gunnar Diestmann. FMEA Methode - YouTube, 2016. <https://www.youtube.com/watch?v=JTI8Bm4kdkc>

**Rengstorff, Thomas, und Schumacher, 2013.** Rengstorff, Felix; Christina Thomas; und Christine Schumacher. Projekt: Unterricht: Projektunterricht und Professionalisierung in Lehrerbildung und Schulpraxis. Vandenhoeck & Ruprecht, 2013.

**Ropohl, 1975.** Ropohl, G. Einleitung in die Systemtechnik. München Wien: Carl Hanser Verlag, 1975.

**Ropohl, 1979.** Ropohl, Günter. Eine Systemtheorie der Technik: zur Grundlegung d. allg. Technologie.

- München: Carl Hanser Verlag, 1979.
- Ropohl, 1983.** Ropohl, Günther. Konstruktionswissenschaft und allgemeine Techniklehre. In Hubka, V.; Andreasen, MM (Hg): Proceedings of the International Conference on Engineering Design ICED, 83:327–336. Bd. 83, 1983.
- Röpstorff und Wiechmann, 2016.** Röpstorff, Sven; und Robert Wiechmann. Scrum in der Praxis: Erfahrungen, Problemfelder und Erfolgsfaktoren / Sven Röpstorff, Robert Wiechmann, 2016.
- Rowe, 1991.** Rowe, Peter G. Design Thinking. MIT Press, 1991.
- Rubin, 2012.** Rubin, Kenneth S. Essential Scrum: a practical guide to the most popular agile process. Upper Saddle River, NJ: Addison-Wesley, 2012.
- Ruck, Albers, und Reiß, 2017.** Ruck, T.; A. Albers; und N. Reiß. Improved codification and transfer of engineering knowledge through human intermediaries. 21st International Conference on Engineering Design, ICED 2017; University of British Columbia (UBC) CampusVancouver; Canada; 21 August 2017 through 25 August 2017. Ed.: F.Salustri, S. 257-266, 2017.
- Saak, 2007.** Saak, Marcus. Entwicklung eines Konzeptes und eines Prototypen für ein rechnergestütztes Werkzeug zum effizienten Einsatz der Problemlösungsmethodik SPALTEN. Herausgegeben von o. Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. A. Albers. Forschungsberichte, Karlsruhe: Universität Karlsruhe Institut für Produktentwicklung, 2007.
- Salen und Zimmerman, 2004.** Salen, Katie; und Eric Zimmerman. Rules of Play: Game Design Fundamentals. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, Vereinigte Staaten, 2004.
- Sander und Stucky, 2013.** Sander, Peter; und Wolfried Stucky. Problem - Algorithmus - Programm. Springer-Verlag, Berlin, 2013.
- Schacher und Grässle, 2006.** Schacher, Markus; und Patrick Grässle. Agile Unternehmen durch Business Rules: Der Business Rules Ansatz. Springer-Verlag, Berlin, 2006.
- Schein, 2010.** Schein, Edgar H. Organizational culture and leadership. Bd. 2. John Wiley & Sons, Hoboken, 2010.
- Schmidt und Paetzold, 2016.** Schmidt, Tobias Sebastian; und Kristin Paetzold. Agilität als Alternative zu traditionellen Standards in der Entwicklung physischer Produkte: Chancen und Herausforderungen. In DFX 2016: Proceedings of the 27th Symposium Design for X, 5-6 October 2016, Jesteburg, Germany, S.254-266, 2016.
- Schmidt und Paetzold, 2017.** Schmidt, Tobias Sebastian; und Kristin Paetzold. Challenges of Agile Development: A Cause-and-Effect Analysis. In Complex Systems Design & Management, herausgegeben von Gauthier Fanmuy, Eric Goubault, Daniel Krob, und François Stephan, S. 237–237. Cham: Springer International Publishing, Cham (ZG) Switzerland, 2017.
- Schneider, 2012.** Schneider, Thomas. Methode zur Erstellung von Problemlösungsmodellen auf Basis des SPALTEN-Prozesses in komplexen Entwicklungsprozessen. Karlsruhe, 2012.
- Schüffler, Schwier, Kluge, und Gronau, 2017.** Schüffler, Arnulf; Isabel Schwier; Annette Kluge; und

- Norbert Gronau. Organisationsentwicklung: Gewolltes Vergessen als Jungbrunnen. SW Sozialwirtschaft, 2017, 27. Jg., Nr. 2, S. 32-33.
- Schwaber und Beedle, 2002.** Schwaber, Ken; und Mike Beedle. Agile Software Development with Scrum. Prentice Hall, 2002.
- Schwaber und Sutherland, 2001.** Schwaber, Ken; und Jeff Sutherland. The scrum guide. The definitive guide to scrum: The rules of the game. Scrum. org., 268. Jg.2001
- Simonyi, 2001.** Simonyi, Károly. Kulturgeschichte der Physik: Von den Anfängen bis heute. 3., überarb. u. erw. Aufl. Frankfurt am Main: Harri Deutsch, 2001.
- Smith, 2008.** Smith, Preston G. Change: Embrace It, Don't Deny It. Research-Technology Management 51 (4): S. 34–40, 2008.
- Soundararajan und Arthur, 2011.** Soundararajan, Shvetha; und James D. Arthur. A structured framework for assessing the "goodness" of agile methods. In Engineering of Computer Based Systems (ECBS), 2011 18th IEEE International Conference and Workshops on, S. 14–23, 2011.
- Stachowiak, 1973.** Stachowiak, Herbert. Allgemeine Modelltheorie. Wien: Springer Verlag, 1973.
- Starke und Tilkov, 2007.** Starke, Gernot; und Stefan Tilkov. SOA-Expertenwissen–Methoden. Konzepte und Praxis serviceorientierter Architekturen. dpunkt, Heidelberg, 2007.
- Stetter und Lindemann, 2005.** Stetter, Ralf; und Udo Lindemann. The transfer of methods into industry. In Design process improvement, herausgegeben von John Clarkson MA CEng , MIEE und Claudia Eckert MSc, S. 436–459. Springer London, 2005.
- Suh, 1990.** Suh, Nam P. The principles of design. Oxford series on advanced manufacturing 6. New York: Oxford University Press, 1990.
- Suits, 2005.** Suits, Bernard. The Grasshopper: Games, Life and Utopia. Broadview Press, Peterborough, Kanada 2005.
- Sweller, Merrienboer, und Paas, 1998.** Sweller, John; Jeroen J. G. van Merrienboer; und Fred G. W. C. Paas. Cognitive Architecture and Instructional Design. Educational Psychology Review 10 (3): 251–296, 1998.
- Turner, 2007.** Turner, Richard. Toward Agile systems engineering processes. Cross Talk, The Journal of Defense Software Engineering, 2007.
- VDI 2221, 1993.** VDI 2221. VDI 2221 – Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte, 1993.
- VDI 2221, 2018.** VDI 2221. VDI 2221 Blatt 1 Entwicklung technischer Produkte und Systeme - Modell der Produktentwicklung. Verein Deutscher Ingenieure e.V., 2018.
- VDI 2223, 2004.** VDI 2223. VDI 2223: Methodisches Entwerfen technischer Produkte; Systematic embodiment design of technical products, 2004.
- Wach, 1994.** Wach, Jörg Johannes. Problemspezifische Hilfsmittel für die integrierte Produktentwicklung. Konstruktionstechnik München 12. München: Hanser, 1994.

- Wagenaar, Helms, Damian, und Brinkkemper, 2015.** Wagenaar, Gerard; Remko Helms; Daniela Damian; und Sjaak Brinkkemper. Artefacts in agile software development. In International Conference on Product-Focused Software Process Improvement, S. 133–148. Springer, Berlin 2015.
- Wallace, 2011.** Wallace, K. Transferring Design Methods into Practice. In The Future of Design Methodology, 239–248. Springer, London, 2011.
- Walter, Albers, Haupt, und Bursac, 2016.** Walter, B.; A. Albers; F. Haupt; und N. Bursac. Produktentwicklung im virtuellen Ideenlabor - Konzipierung und Implementierung eines Live-Lab. Design for X : Beiträge zum 27. DfX-Symposium Oktober 2016. Hrsg.: Kraus, D.; Dieter Krause, Kristin Paetzold; Kraus, D.; Dieter Krause, Kristin Paetzold, S.282-294, 2016.
- Walter, Klippert, Kunz, Albers, und Reiß, 2017.** Walter, B.; M. Klippert; M. Kunz; A. Albers; und N. Reiß. Kreativitätsmethoden im digitalen Umfeld - Aktive Förderung von Innovationsimpulsen in standortverteilten Entwicklungsteams. 15. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik: Interdisziplinäre Produktentwicklung, Duisburg, 05.10. – 06.10.2017. Hrsg.: K. Brökel, S. 267–276, 2017.
- Weber, Werner, und Deubel, 2002.** Weber, C.; H. Werner; und T. Deubel. A Different View on PDM and its Future Potentials. DS 30: Proceedings of DESIGN 2002, the 7th International Design Conference, Dubrovnik, S. 101-112, 2002.
- Weidenmann, 2004.** Weidenmann, Bernd. „Bildsprachen“: was macht das Gehirn mit Bildern? Was machen Bilder mit dem Gehirn? Hogrefe Verlag, Göttingen 2004.
- Weidenmann, 1993.** Weidenmann, Bernd. Wissenserwerb mit Bildern: instruktionale Bilder in Printmedien. Film/Video und Computerprogrammen, 1993.
- Wild und Möller, 2015.** Pädagogische Psychologie. Springer-Lehrbuch. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2015.
- Wintersteiger, 2015.** Wintersteiger, Andreas. Scrum: Schnelleinstieg / Andreas Wintersteiger, entwickler.Press 2015.
- Wolf, 2015a.** Wolf, Henning [Hrsg. Agile Projekte mit Scrum, XP und Kanban : Erfahrungsberichte aus der Praxis / Henning Wolf (Hrsg.), dpunkt. verlag, Heidelberg, 2015.
- Wolf, 2015b.** Wolf, Karsten D. Bildungspotenziale von Erklärvideos und Tutorials auf YouTube. medien+ erziehung: Zeitschrift für Medienpädagogik, 2015, 1. Jg.
- Wynn, Eckert, und Clarkson, 2007.** Wynn, D. C.; C. M. Eckert; und P. J. Clarkson. Modelling Iteration in Engineering Design. In Proceedings of the 16th International Conference on Engineering Design (ICED'07), 16.: Bd. 16. ICED. Paris, S. 693-694, 2007.
- Wynn und Clarkson, 2005.** Wynn, David C.; und P. John Clarkson. Models of designing. In Design process improvement: A review of current practice, S. 34–59. Springer London, 2005.
- Yeh, Pai, und Yang, 2008.** Yeh, Tsu-Ming; Fan-Yun Pai; und Ching-Chow Yang. Performance improvement in new product development with effective tools and techniques adoption for high-

tech industries. *Quality & Quantity* 44 (1): S. 131–152, 2008.

**Zanker, 1999.** Zanker, Winfried. *Situative Anpassung und Neukombination von Entwicklungsmethoden.* Als Ms. gedr. Reihe Konstruktionstechnik München 36. Aachen: Shaker, 1999.

**Zier und Birkhofer, 2013.** Zier, Sebastian; und Herbert Birkhofer. *Investigating elementary design methods.* DS 75-2: Proceedings of the 19th International Conference on Engineering Design (ICED13), Design for Harmonies, Vol.2: Design Theory and Research Methodology, Seoul, Korea, 19-22.08.2013, S. 123-132, 2013.

**Zier, Reiß, Birkhofer, und Bohn, 2012.** Zier, Sebastian; Nicolas Reiß; Herbert Birkhofer; und Andrea Bohn. *Investigating Elementary Design Methods - Using pattern recognition methods to define method modules.* DS 71: Proceedings of NordDesign 2012, the 9th NordDesign conference, Aalborg University, Denmark. 22-24.08.2012, S.87-96, 2012.

**VDI 2206: Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme, 2004.** Berlin: Beuth-Verlag, 2004.

**WiPro - <http://www.innovationsmethoden.info/>, 2017, 2017.**

## Studien-, Diplom-, Bachelor- und Masterarbeiten

- Knoche 2017**, Entwicklung einer Kreativitätsmethode zur gezielten Nutzung von Innovationsimpulsen in der agilen Produktgenerationsentwicklung
- Maier 2017**, Zielsystemmanagement in agilen Produktentwicklungsprozessen
- Zimmermann 2017**, Akzeptanzmodellierung zur Diffusionsprognose vernetzter Systeme
- Oertel 2017**, Entwicklung einer Problemlösungs-App
- Trost 2017**, Entwicklung eines Methodik-Lernspiels zum Erlernen und Erleben der Scrum-Methodik
- Marthaler 2017**, Entwicklung von Szenarien der Entwicklungsmethodik zur zukunftsrobusten Operationalisierung von Forschungsstrategien und Geschäftsmodellen
- Frrh.v.Gaisberg-Schöckingen 2017**, Methodeneinsatz in der Produktentwicklung im Hightech-Mittelstand - Eine Untersuchung zu Methodenverwendung und Methodenakzeptanz
- Janke 2017**, Entwicklung und Evaluation eines Methodik-Lernspiels zum Erlernen und Erleben der SPALTEN-Problemlösungsmethodik
- Heimicke 2017**, Entwicklung eines interaktiven Tools zum Management agiler Produktentwicklungsprozesse
- Hohler 2016**, Entwicklung und Umsetzung eines Konzeptes zur interaktiven Durchführung von Innovationsworkshops
- Heinzmann 2016**, Entwicklung einer multikriteriellen Entscheidungsanalyse zur Bewertung von Elektroautos
- Barth 2016**, Methodeneinsatz im Technologiemanagement für das Feld Tribologie
- Fehringer 2016**, Gamification im Innovationsmanagement: Entwicklung und Validierung eines Methodik-Lernspiels zum Erlernen und Erleben der FMEA
- Einkopf 2016**, Entwicklung einer Guideline für die Auswahl effektiver und situationsgerechter Methoden am Beispiel von Batterieentwicklungsprozessen
- Scheeff 2016**, Modellierung und Verankerung von Prozessen der Mercedes-Benz Electric Vehicle Architecture unter Anwendung des integrierten Produktentstehungsmodells (iPeM)
- Seyb 2016**, Leitfaden zur Unterstützung von moderierten Innovationsworkshops im Kontext der Produktentwicklung
- Diestmann 2016**, Erklärvideos zur Unterstützung der Methodenanwendung in Entwicklungsprozessen - Fallstudie Formular Student
- Benz 2016**, Entwicklung eines Workshop-Konzeptes für die Vermittlung der Problemlösungsmethodik SPALTEN
- Abida 2016**, Entwicklung eines App-Frameworks zur Empfehlung situationsgerechter Entwicklungsmethoden
- Wolter 2016**, Konzeption und Entwicklung eines Prozessstandards zur verbindlichen Definition und Kontrolle von theoretischen Inhalten in Erprobungsobjekten der frühen Entwicklungsphase in der

Automobilindustrie

**Hölzl 2016**, Geschäftsmodelle integrierter Elektromobilität - Modellierung und Benchmark

**Popp 2016**, Anwendung und Anpassung der Scrum Methodik an die physische Produktentwicklung am Beispiel der Entwicklung eines Methodik-Lernspiels

**Vering 2016**, Methodische Entwicklung von Geschäftsmodellen am Beispiel synthetischer Kraftstoffe

**Autenrieth 2016**, Scrum in der konstruktiven Entwicklung am Beispiel der Entwicklung und Konstruktion einer Absortierhilfsvorrichtung für Flachbett-Lasermaschinen

**Wu 2016**, Verbesserung der konstruktionsbegleitenden Optimierung der niederinduktiven Gestaltung von Zwischenkreisen in elektrischen Antrieben

**Richter 2016**, Das iPeM im Kontext der PGE

**Barth 2015**, Beschreibung, Bewertung und Auswahlunterstützung von Nachhaltigkeitsbewertungsmethoden in der Produktentwicklung

**Kubel 2015**, Integrierte Produktentwicklung von neuartigen Fahrzeugkonzepten für das Segment Van unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit

**Burkardt 2015**, Entwicklung eines Systembilds zur Nachhaltigkeitsbewertung von e-Fahrzeugen

**Zinßer 2015**, Entwicklung eines Leitfadens zur Auswahl von Entwicklungsmethoden zur Erreichung strategischer Nachhaltigkeitsziele

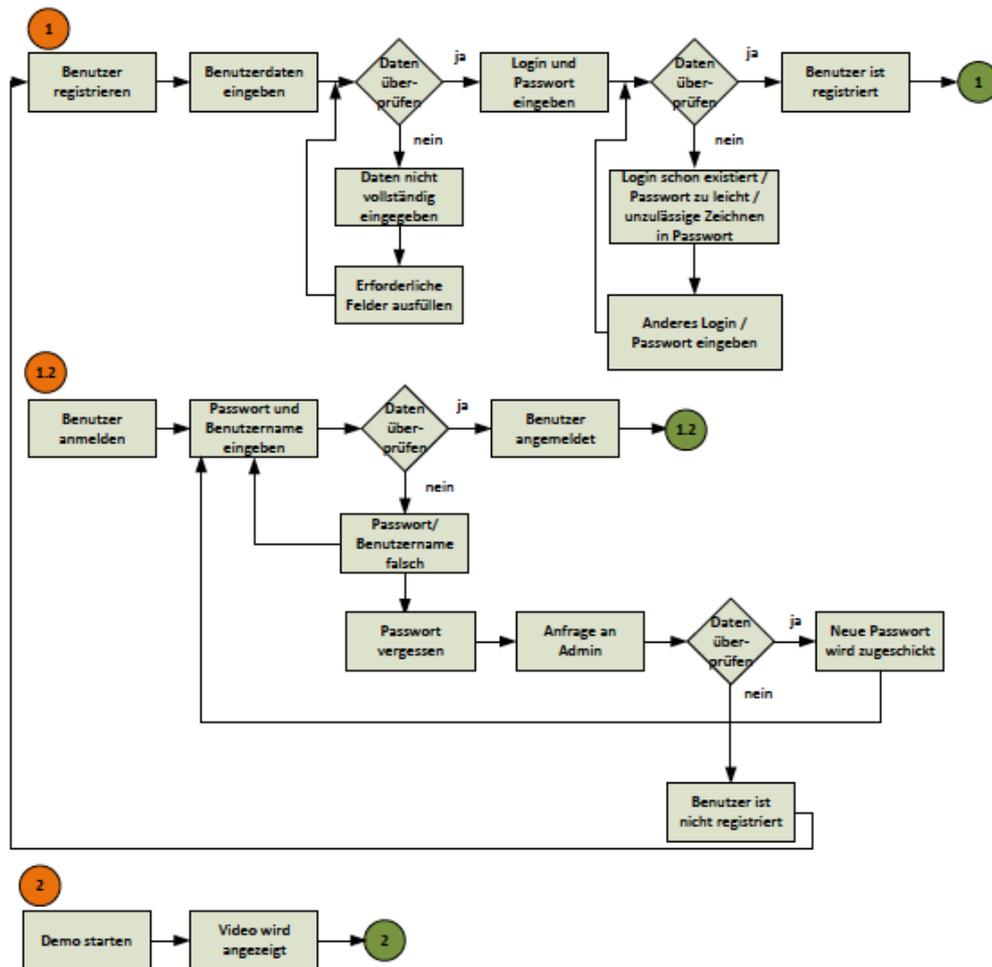
**Emde 2015**, Entwicklung einer Methode zur phasenorientierten Quantifizierung der Nachhaltigkeit am Beispiel von Elektrofahrzeugen und deren Entwicklungsprozess

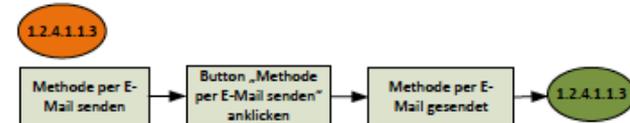
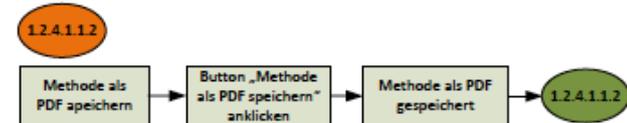
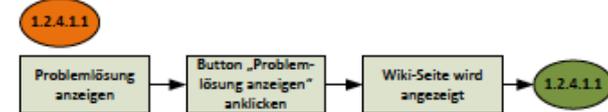
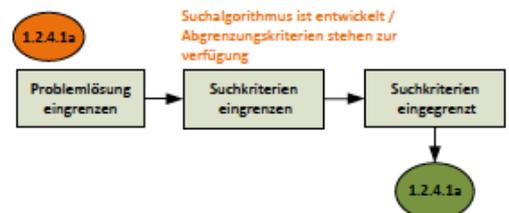
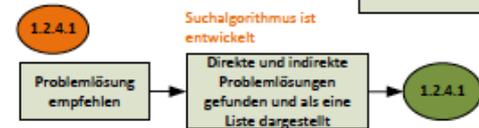
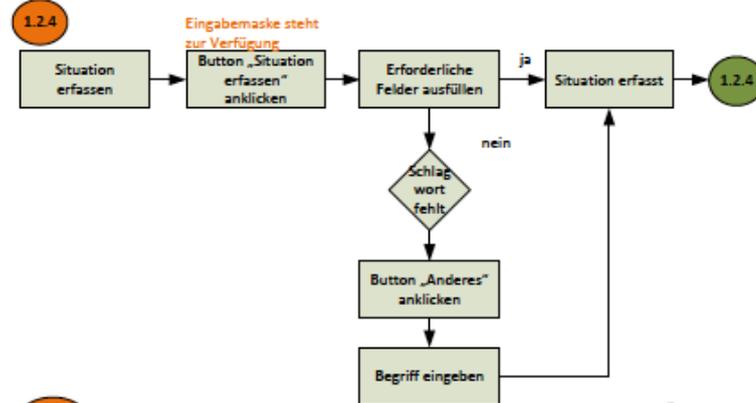
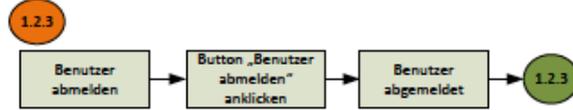
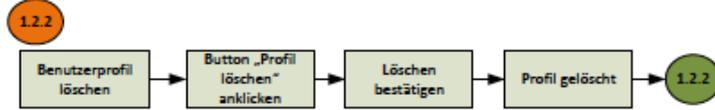
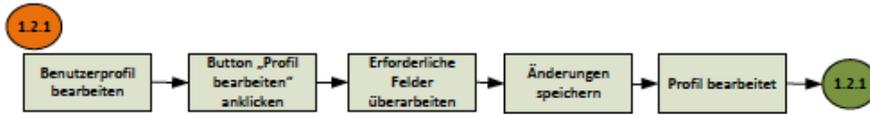
**Li 2014**, Implementierung einer Applikation zur individuellen Methodenunterstützung basierend auf dem integrierten Produktentstehungsmodell

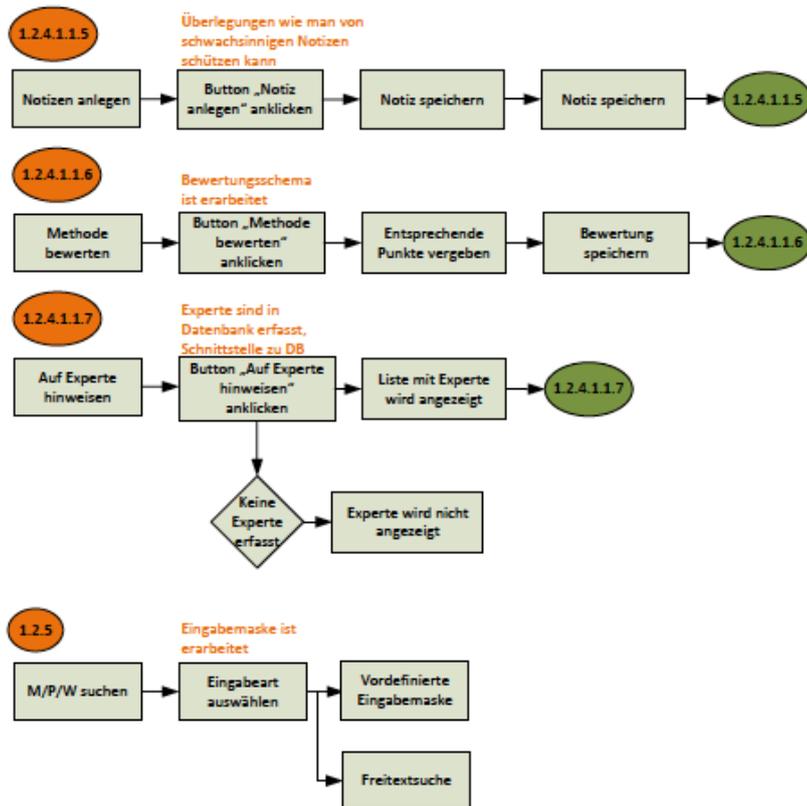
**Bauder 2014**, Ansatz zur Empfehlung von Produktionsmethoden auf Basis des integrierten Produktentstehungsmodells iPeM

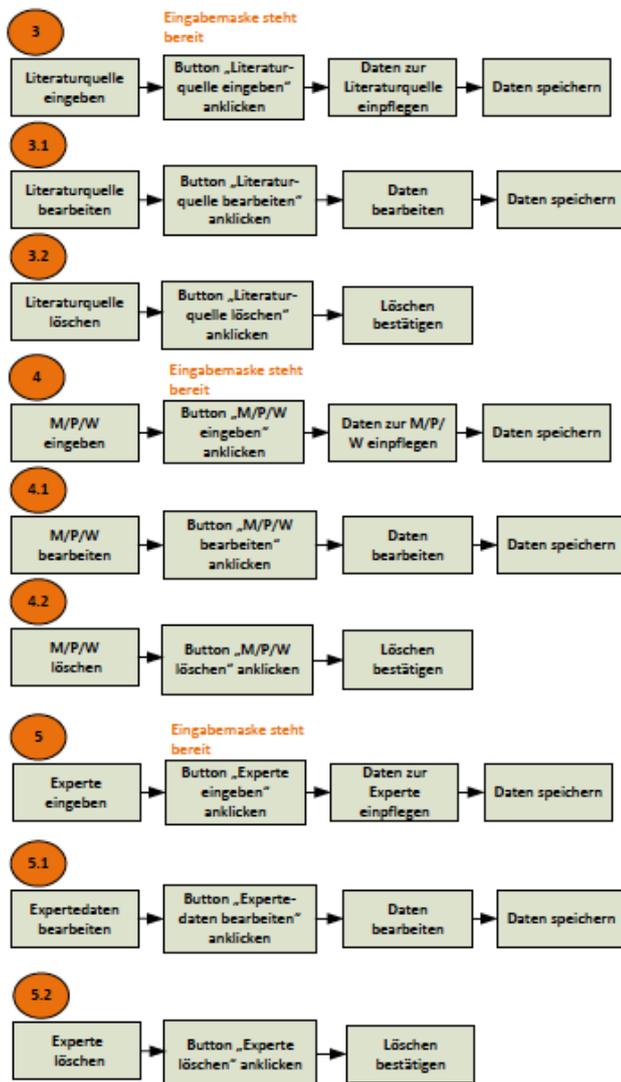




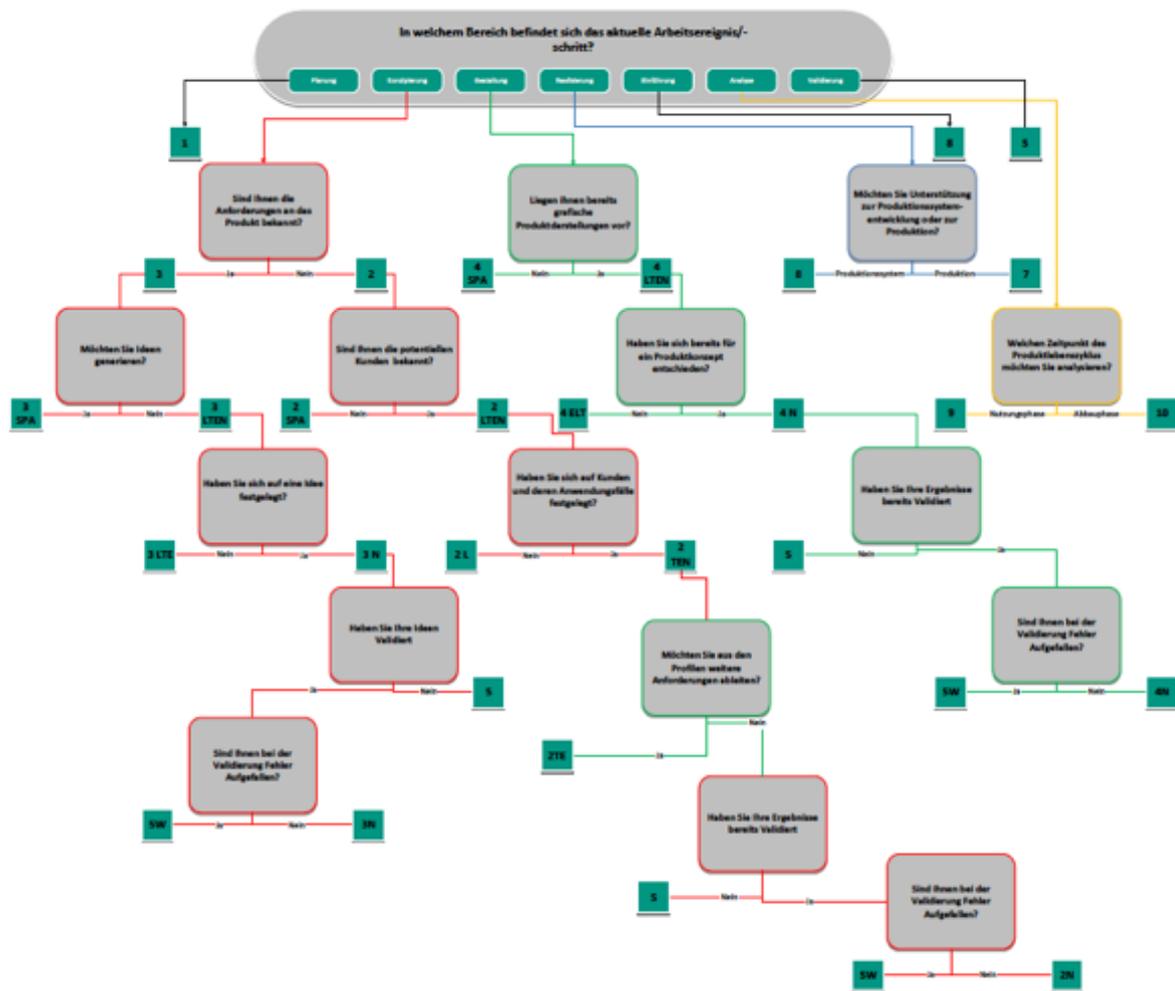








II. Entscheidungsbaum als Grundlage des Fragendialogs im InnoFox



## III. Fragebogen Empirische Erhebung

**1 - Unternehmen**

Frage/Antwortmöglichkeiten	Antwortkategorie
1.1 <i>In welchem Sektor ist ihr Unternehmen tätig?</i>	<i>choose one</i>
Produzierendes Gewerbe Produzierendes Gewerbe und Dienstleistungssektor Dienstleistungssektor Sonstiges:	Auswahl/Freifeld
1.2 <i>Wie viele Beschäftigte hat ihr Unternehmen?</i>	<i>choose one</i>
<i>Wie hat sich die Beschäftigtenzahl Ihrer Einschätzung nach</i> 1.3 <i>in den letzten 5 Jahren verändert?</i>	<i>choose one</i>
1.4 <i>Wannn wurde ihr Unternehmen gegründet?</i>	<i>choose one</i>
1.5 <i>Welcher Branche gehört ihr Unternehmen an?</i>	<i>choose one</i>
<i>Welche Position innerhalb der Wertschöpfungskette</i> 1.6 <i>nimmt Ihr Unternehmen ein?</i>	<i>choose one</i>
1.7 <i>Wie hoch ist die Fluktation in Ihrem Unternehmen?</i>	<i>skala</i>
5 - hoch (<5 Jahre) 4 3 2 1 - gering (>25 Jahre)	
1.8 <i>Wie groß</i>	
Standardabteilungen (	

## 2 - Innovationsprozess

<i>Frage/Antwortmöglichkeiten</i>	<i>Antwortkategorie</i>
2.1 Liegt in ihrem Unternehmen ein konkretes Modell für den PEP vor?	choose one
2.2 An welche Aktivitäten des Produktentstehungsprozesses sind sie beteiligt?	multiple selection
2.3 Welche Bedeutung hat die Entwicklung von innovativen Produkten für ihr Unternehmen?	skala
2.4 Wie hoch sind die Vorgaben, die Ihnen Unternehmen bei der Entwicklung neuer Produkteskala gering - hoch	

### 3 - Methoden

	Frage/Antwortmöglichkeiten	Antwortkategorie
3.1	<p>Welche der folgenden Methoden sind Ihnen bekannt?</p> <p>SWOT-Analyse Machbarkeitsstudie CE-Risikobewertung Bewertungsmatrix Paarweiser Vergleich QFD (Quality Function Deployment) Recherche Conjoint-Analyse TRIZ Funktionsanalyse Brainstorming Brainwriting</p> <p>6-3-5 – Methode Mind Mapping Morphologischer Kasten Vertreterregelungen Mitarbeiterbefragung Expertenwissen</p>	<p>multiple selection</p> <p>Ursache-Wirkungs-Analyse Patentanalyse Trendmanagement (Trendanalyse) Marktanalyse Technologiescouting Szenariotechnik Szenario-Management Delphi-Methode Wettbewerbsanalyse Dokumentation Bibliotheken Literaturmanagementsysteme</p> <p>Ordnungssystem (elektronisch und hardcopy) Archive Lessons Learned Geschäftsprozessmodellierung</p>
3.2	<p>Welche der folgenden Methoden haben Sie bereits angewendet?</p> <p>Auswahl der zuvor genannten Methoden</p> <p>Sie haben angegeben, dass Sie Methode "XXX" bereits angewendet haben. In welcher Aktivität des Produktentstehungsprozesses haben Sie diese Methode eingesetzt?</p>	<p>multiple selection</p>
3.3	<p>Projektierung Profilfindung Ideenfindung Modellierung von Prinzip und Gestalt Validierung Produktionssystementwicklung Produktion Einführung Keine Zuordnung möglich</p> <p>Methoden werden häufig für die Problemlösung eingesetzt. Bitte ordnen Sie die Methode "XXX" einer oder mehreren Aktivitäten des folgenden Problemlösungsprozesses zu.</p>	<p>multiple selection</p>
3.4	<p>Situationsanalyse Problemeingrenzung Alternative Lösungssuche Lösungsauswahl Tragweitenanalyse Entscheidung und Umsetzung Nachbereiten und Lernen Keine Zuordnung möglich</p> <p>Bitte beurteilen Sie die Eignung der Methode für jeweilige Aktivität der Produktentstehung:</p>	<p>multiple selection</p>
3.5	<p>angegebene Aktivitäten</p>	<p>Skala</p> <p>nicht geeignet - sehr gut geeignet</p>
3.6	<p>Bitte bewerten Sie die Methode anhand folgende Bewertungskriterien:</p> <p>zeitlicher Aufwand insgesamt (inkl Vor- und Nachbereitung) Personelle Ressourcen</p> <p>Notwendige Berufserfahrung Methodenschulung notwendig</p> <p>Materielle Ressourcen Adaptierbarkeit der Methode</p> <p>Moderationsfähigkeiten Grad der Zielführung Wirtschaftlichkeit</p>	<p>Individuell</p> <p>gering - hoch / 2 &lt; - &lt; 1 Tag &gt; 1 Tag 1-3 / 4-7 / 7-10 / mehr als 10 keine / &lt;3 Monate / &lt;1 Jahr / &lt; 3 Jahre / &gt;3 Jahre ja / nein keine / gering (i.d.R. vorhanden) / mittel (einfach beschaffbar) / hoch (teuer oder schwer zugänglich) universell - speziell keine - Moderator mit Vorkenntnissen - erfahrener Moderator gering - hoch nicht abschätzbar - negativ - neutral - hoch</p>

## 4 - Wissensmanagement

Frage/Antwortmöglichkeiten	Antwortkategorie
4.1 <i>Welche Ziele verfolgen Sie durch ihr Wissensmanagement im Produktentstehungsprozess?</i>  geringere Fehlerquote höherer Innovationsgrad kürzere Entwicklungsdauer Freifelder (2-3)	multiple choice
4.2 <i>Wir beurteilen sie aktuell den Zielerreichungsgrad (in Bezug auf das Wissensmanagement)?</i>  Schulnoten	Skala
4.3 <i>Welche der folgenden Wissensbarrieren treten in ihrem Unternehmen auf?</i>	multiple choice
4.4 <i>Ordnen Sie bitte zu, welche der folgenden Aktivitäten durch Wissensbarriere "XXX" beeinträchtigt wird:</i>  Wissensidentifikation Wissenserwerb Wissensexplikation Wissensverteilung Wissensnutzung Wissensbewahrung	multiple choice(evtl. wie stark, dann inkl. Skala)
4.5 <i>Ordnen Sie bitte zu, welche der folgenden Maßnahmen zur Überwindung der Wissensbarriere "XXX" geeignet ist: (für alle Barrieren)</i>  Materielle Anreize Schaffung einer Wissensorientierten Unternehmenskultur Karriereanreize Personalentwicklungsmaßnahmen Schaffung geeigneter/besserer IT-Strukturen	
4.6 <i>Welche Wissensmanagementsysteme nutzen Sie?</i>  Unternehmenswikipedia Windows-Ordnerstruktur SAP R3 ERP System Freifelder (2-3)	multiple choice
4.7 <i>Bitte beurteilen Sie das Wissensmanagementsystem "XXX" anhand folgender Eignungskriterien:</i>  (für jedes Wissensmanagementsystem)  Anwenderfreundlichkeit/Einfache Handhabung Zuverlässigkeit Wiederauffindbarkeit von Daten/Suchfunktion Sicherheit Kompatibilität zu anderen Programmen zb Office	skala     gering - hoch (z.B. Bedienung in Quellcode) gering - hoch ungenügend - ausgezeichnet gering - hoch gering - hoch
4.8 <i>Bei welchen Aktivitäten des Wissensmanagements greifen Sie auf das Wissensmanagementsystem "XXX"</i>  Wissensidentifikation Wissenserwerb Wissensexplikation Wissensverteilung Wissensnutzung Wissensbewahrung	multiple choice (evtl. inkl. Skala, wenn Eignung direkt miterfasst wird)



## V. Klassifizierungsschema von Wissensobjekten

Klassifizierungsschema	Wissensobjekt-klassen	Beschreibung Wissensobjekt-klassen
Dokumente der Kunden-kommunikation	Angebotsanfrage	Auftraggeber fordern bei potentiellen Auftragnehmern in unterschiedlicher Art die Abgabe eines Angebots an. In einer Angebotsanfrage muss die zu erbringende Leistung in geeigneter Weise beschrieben sein.
	Ausschreibung	Eine Ausschreibung ist ein bestimmtes Vergabeverfahren von Aufträgen zur Erfüllung einer spezifizierten Leistung.
	Angebotskalkulation	Ist eine Rechnung der Kostenrechnung, die die Verkaufspreise für anstehende Verkaufsaufträge bestimmt bzw. Anhaltspunkte für die Festlegung der Verkaufspreise liefern soll (z.B. Bestimmung von Preisuntergrenzen).
	Preisliste	Die Auflistung aller für ein Projekt festgelegten Preise, die ein potentieller Kunde zu zahlen hat.
	Kundenauftrag	Ein Kundenauftrag ist ein Vertrag eines externen Auftraggebers mit einem Unternehmen zur Herstellung und Übergabe eines definierten Produktes oder zur Erbringung einer Dienstleistung.
Anforderungs-dokumente	Pflichtenheft, Anforderungen	Im Pflichtenheft werden die Anwendervorgaben detailliert und in einer Erweiterung die Realisierungsforderungen unter Berücksichtigung konkreter Lösungsansätze beschrieben.
	Lastenheft	Im Lastenheft wird definiert, was für eine Aufgabe vorliegt und wofür diese zu lösen ist (Weitestgehend Systemanonym).
Produkt-Funktions-dokumente	Logikpläne	Ein Logikplan beschreibt mit genormten Symbolen logische Verknüpfungen zwischen verschiedenen Bauteilen.
	Funktionspläne	Ein Funktionsplan (auch Blockbild oder Blockschema) ist ein meist zweidimensionales, grafisches Diagramm eines mechanisch-elektrischen Systems oder eines Berechnungsschemas, mit dessen Hilfe die Funktion des Systems beschrieben werden kann.

	Schaltpläne	Ein Schaltplan ist eine in der Elektronik gebräuchliche grafische Darstellung einer elektrischen Schaltung. Sie berücksichtigt nicht die reale Gestalt und Anordnung der Bauelemente, sondern ist eine abstrahierte Darstellung der Funktionen in Form definierter Symbole für die einzelnen Bauelemente und deren elektrische Verschaltung.
Berechnungs- unterlagen	Produktauslegungen	Produktauslegung ist die Gestalt / das Design des betrachteten Produktes.
System- darstellungen	Systembild Intern (Hierarchien)	Die Darstellung der Interaktionen zwischen allen Komponenten innerhalb des Systems.
	Systembild Extern (Umfeld)	Die Darstellung der Interaktionen zwischen allen externen Einflussfaktoren und dem System.
Grafische Produkt- darstellungen	Skizzen, Entwürfe	Nicht unbedingt maßstäbliche, vorwiegend freihändig erstellte Zeichnung.
	Prinzipzeichnungen	Zeichnung basierend auf festgelegten Symbolen.
	CAD-Modelle	Strukturierter CAD-Datenbestand, der in physische Teile und in dargestellte Objekte gegliedert ist.
	Zeichnungen	Eine Zeichnung in der für technische Zwecke erforderlichen Art und Vollständigkeit, z. B. durch Einhaltung von Darstellungsregeln und Maßeintragungen.
Physisches Produktmodell	Prototyp	Ein Prototyp stellt in der Technik ein für die jeweiligen Zwecke funktionsfähiges, oft aber auch vereinfachtes Versuchsmodell eines geplanten Produktes oder Bauteils dar. Es kann dabei nur rein äußerlich oder auch technisch dem Endprodukt entsprechen.
	Konkurrenzprodukte	Ein Konkurrenzprodukt ist ein Erzeugnis was im Wettbewerb zu einem eigenen Produkt steht.
Textliche Produkt- beschreibungen	Stücklisten	Eine Stückliste ist eine strukturierte Liste von Bauteilen eines umfassenderen Objektes, insbesondere von Erzeugnissen (Produkten) oder Baugruppen bzw. eines Zusammenbaus.
	Beschreibungen des Produkts	Hier: Beschreibung des Produktes in Textform.

	Prototypenbericht	Im Prototypenbericht sind alle aufgetretenen Ereignisse und Probleme dokumentiert, welche bei der Testphase des Prototyps aufgetreten sind.
Dokumente des QM / Validierung	Messdaten	Alle durch einen genormten Prüfvorgang abgenommenen Daten, die zur Informationsverarbeitung und Analyse des jeweiligen Produktes dienen.
	Prüfplan	Prüfpläne sind Arbeitsanweisungen für Qualitätssicherungs-Aufgaben (DIN EN ISO 9000 ff).
	Prüfbericht	Der Prüfungsbericht gibt Auskunft über Gegenstand, Art und Umfang sowie das Ergebnis einer Prüfung.
	Normen	Die Verwendung von Normen dient der Rationalisierung, Vereinheitlichungen und Qualitätssicherung in Wirtschaft, Technik und Verwaltung.
	Nutzungsanalyse-dokumente	Beinhaltet alle Informationen inwiefern die verschiedenen Anforderungen der künftigen Nutzer/Kunden vom Produkt erfüllt werden können.
	Dokumente der Ressourcenplanung	Maschinenbelegung
Lagerbestand Vormaterial		Dokumentierter Lagerbestand jeglicher Zutaten, Rohstoffe, Komponenten oder Teile usw., die beim Herstellen eines Erzeugnisses verwendet werden.
Werkzeug-verfügbarkeit		Die Werkzeugverfügbarkeit klärt wieviele Werkzeuge zur Fertigung der Produkte bereit stehen.
Prüfmittel-verfügbarkeit		Die Prüfmittelverfügbarkeit klärt wie viele messtechnische Mittel zur Verfügung stehen, um in einem Produktionsprozess die Produktqualität sicherzustellen.
Patentantrag		Ist ans Patentamt gerichtet und fordert die Prüfung der Patentsituation, ob das jeweilige Patent noch verfügbar oder schon vergeben ist.
Patente		Patente sind alle gesetzlich verankerte immaterielle Vermögensgegenstände, die das Recht an einer Sache absichern.

Dokumente der Projektplanung	Arbeitsplan	Ein Arbeitsplan beschreibt den Durchlauf eines Produktes vom Rohmaterial über verschiedene Arbeitsvorgänge und Fertigungseinrichtungen bis hin zum fertigen Produkt.
	Projektplan	Projektplan ist ein Begriff aus dem Projektmanagement und hält das Resultat sämtlicher Planungsaktivitäten in einem konsistenten Dokument oder mehreren kohärenten Dokumenten fest. DIN 69905 bezeichnet den Projektplan allgemein als "Gesamtheit aller im Projekt vorhandenen Pläne".
	Projektstrukturplanung	Der Projektstrukturplan (PSP) ist das Ergebnis einer Gliederung des Projekts in plan- und kontrollierbare Elemente. Ein Projekt wird im Rahmen der Strukturierung in Teilaufgaben und Arbeitspakete unterteilt.
	Aufwandsschätzung	Auch Durchführbarkeitsanalyse dient zur Beurteilung der Projektwürdigkeit und als Entscheidungsgrundlage für eine Auswahl zwischen Alternativen.
	Terminplanung	Die Terminplanung ist ein Bereich der Prozessplanung. Das Wesen der Terminplanung besteht in der Planung des Zeitgerüsts der Unternehmung. Das Ziel der Terminplanung ist die Einhaltung eines bestimmten Anfangs- und Endtermins betrieblicher Aufgaben.
	Stakeholderanalyse	Zweck der Stakeholderanalyse ist es, die Stakeholder hinsichtlich der Tragweite ihres Einflusses auf das Projekt zu priorisieren, dazu zählen direkte und indirekte Einflussnehmer (Kunden, Mitarbeiter, Eigentümer, Lieferanten, Banken, Öffentlichkeit, Kooperationspartnern, Behörden etc. ).
	Besprechungsprotokolle	Eine in schriftlicher Form dokumentierte, Gesprächsrunde zwischen zwei oder mehreren Parteien.
Dokumente des Vertriebs	lost order Reports	Die Lost-Order-Berichte beinhalten alle Informationen über Angebote bei denen es beim Kunden zu keinem Verkaufsabschluss gekommen ist.
	eigene Verkaufszahlen	Dokumentierte Verkaufszahlen der eigens vertriebenen Produkte.

## VI. Leitfaden zur Befüllung der Methodensteckbriefe (nach den Kriterien hochwertiger Wissensobjekte im Projekt IN<sup>2</sup>)

<b>Vollständigkeit:</b>	alle Felder sollten befüllt sein
<b>Fertigungsgerecht:</b>	nur mit „Enter“ entsteht ein neuer Absatz, daher bitte bei Fließtexten vermeiden aber falls gefordert verwenden z. B. alternative Methodennamen. Durch * werden Bullet Points generiert
<b>Kompatibilität:</b>	Bilder nur im png Format
<b>Verständlichkeit:</b>	Zielgruppe sind Entwicklungsingenieure mit wenig Methodenerfahrung Sie sollen den Inhalt verstehen
<b>Genauigkeit:</b>	Die Inhalte sind Aushängeschild des Projekts, Rechtschreibfehler sind hier besonders peinlich. Die Methode sollte ausgeführt werden können, es sollten keine Zwischenschritte weggelassen werden.
<b>Transparenz:</b>	Quellen angeben, wichtig, damit der Benutzer weiterführende Literatur verwenden kann
<b>Auffindbarkeit</b>	Experten angeben
<b>Bedarfsgerecht:</b>	Inhalte sollen dem Entwickler in seiner Arbeit helfen. (kein theoretischer Exkurs)
<b>Fehlerfreiheit:</b>	Satzbau, Rechtschreibung, Argumentation, etc.
<b>Klarheit:</b>	Einfache Sprache
<b>Reproduzierbarkeit:</b>	Inhalte und Beispiele sollten allgemeingültig sein
<b>Granularität:</b>	Die Methode sollte aufgrund der Beschreibung verstanden werden. Sollte eine Durchführung nicht möglich sein (da Meth. Zu komplex) muss unbedingt auf frei verfügbare Lit. Verwiesen werden
<b>Gliederung:</b>	Vermeidung von Redundanzen in den unterschiedlichen Kapiteln

### Alternative Methodennamen

Bitte zeilenweise angeben, gerne auch weitere ergänzen

### Abstract

Dem Nutzer soll verständlich sein, was der **Zweck** der Methode ist

### Vorteile/ Nachteile

Stichpunkte, möglichst keine ganzen Sätze

### Kurzbeschreibung

Bezug auf Theorie – dient dem gemeinsamen Verständnis

Hier soll die Methode so beschrieben werden, dass der **Nutzer versteht, worum es geht.**

### Bild zur Kurzbeschreibung

Methode soll möglichst plakativ dargestellt werden

Bilder sollten grundsätzlich frei von rechten dritter sein! Bitte überprüfen, damit ihr nicht verklagt werdet.

### Input / Output

Stichpunkte, möglichst keine ganzen Sätze (benötigte Wissensobjekte, Wissen...)

### Wesentliche

### Arbeitsschritte

Reihenfolge bitte chronologisch in Stichpunkten wiedergeben (Nummerierung nicht vergessen) – so kurz wie möglich, so lang wie notwendig. Durch \* werden Bullet Points generiert. Wichtig: Beziehen sie sich, wenn möglich auf Erfahrungen aus der Praxis!

**Der Nutzer sollte anhand der Beschreibung die Methode durchführen können!!!**

### Werkzeuge / Hilfsmittel

Stichpunkte, möglichst keine ganzen Sätze (benötigte Infrastruktur, Hilfsmittel) Papier und Bleistift sollte nicht unbedingt genannt werden.

**Alternative**

Bitte stichpunktartig, zeilenweise

**Methoden**

