

Laban Asmar

***Systematik zur frühen
Validierung von
Marktleistungsideen***

***Systematic Approach
for the Early Validation
of Market Offering Ideas***

Geleitwort

Advanced Systems Engineering – neue Methoden und Werkzeuge für die Wertschöpfung von Morgen – ist die verbindende Leitidee unserer Forschungsarbeiten. In der gleichnamigen Fachgruppe am Heinz-Nixdorf-Institut der Universität Paderborn sowie am Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM arbeiten wir daran. Unser generelles Ziel ist die Steigerung der Innovationskraft von Industrieunternehmen. Schwerpunkte an beiden Instituten sind die Strategische Planung und das Systems Engineering.

Im Zuge der Digitalisierung stehen etablierten Unternehmen vielfältige technologische Möglichkeiten zur Verfügung, um innovative Marktleistungen für technische Systeme zu gestalten. Die fortschreitende Evolution von reinen Produkten hin zu komplexen Produkt-Service-Systemen und von mechanischen hin zu intelligenten technischen Systemen eröffnet eine grenzenlose Vielfalt an Innovationspotenzialen. Gleichzeitig führt diese Dynamik zu einem hochgradig volatilen, unsicheren und komplexen Umfeld (VUCA), indem Entscheidungen für neue Marktleistungen getroffen werden müssen.

Die Konsequenz dieser Unsicherheiten ist eine hohe Rate an Innovationsfehlschlägen. Eine der häufigsten Ursachen hierfür ist die mangelnde Begehrlichkeit neuer Marktleistungen bei potenziellen Kunden. Während sich im Startup-Umfeld Ansätze der frühen und kontinuierlichen Validierung etabliert haben, um dieser Herausforderung zu begegnen, fehlt es an einer systematischen Aufbereitung dieses Wissens für die Gegebenheiten in etablierten Unternehmen mit ihrem Fokus auf komplexe technische Systeme.

Vor diesem Hintergrund hat Herr Asmar eine Systematik zur frühen Validierung von Marktleistungsideen erarbeitet. Sie versetzt etablierte Unternehmen in die Lage, die Begehrlichkeit von Ideen für technische Systeme systematisch und iterativ zu überprüfen, noch bevor hohe Entwicklungsinvestitionen getätigt werden. Das Fundament der Systematik bildet ein Katalog an strukturiertem Lösungswissen zu frühen Prototyping- und Validierungsmethoden. Darauf aufbauend ermöglichen ein Vorgehensmodell und ein transparentes Dokumentationskonzept die effiziente Planung, Durchführung und Interpretation von Validierungsaktivitäten. Die erfolgreiche Anwendung und Weiterentwicklung der Systematik wurde in zahlreichen Industrieprojekten, unter anderem mit einem führenden Hersteller für Gebäude-Aluminiumsysteme, nachgewiesen. Mit seiner Arbeit leistet Herr Asmar einen wertvollen Beitrag, um eine der kritischsten Hürden im Innovationsprozess zu überwinden. Die Dissertation schlägt eine entscheidende Brücke zwischen agilen Methoden der Startup-Welt und Anforderungen der etablierten Industrie. Sie systematisiert fragmentiertes Wissen und macht es durch ein durchgängiges Vorgehen für die Praxis greifbar und anwendbar. Im Lichte der steigenden Komplexität und des hohen Kostendrucks adressiert die Arbeit ein hochaktuelles Handlungsfeld, um die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen nachhaltig zu sichern.

Insgesamt wird die Dissertation hohe Anerkennung in Wissenschaft und Praxis finden. Ich bin überzeugt, dass Herr Asmar mit dem gelegten Fundament auch in seiner weiteren beruflichen Laufbahn maßgeblich dazu beitragen wird, aus guten Ideen erfolgreiche Innovationen zu machen, und wünsche ihm dabei viel Erfolg und Freude.

Systematik zur frühen Validierung von Marktleistungsideen

zur Erlangung des akademischen Grades eines
DOKTORS DER INGENIEURWISSENSCHAFTEN (Dr.-Ing.)
der Fakultät Maschinenbau
der Universität Paderborn

genehmigte
DISSERTATION

von
M.Sc. Laban Asmar
aus Al Kahtania

Tag des Kolloquiums:	27.05.2024
Referent:	Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu
Korreferent:	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier
Korreferent:	Prof. Dr. Rüdiger Kabst

Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM im Forschungsbereich Produktentstehung. Sie ist das Ergebnis meiner wissenschaftlichen Arbeit im Rahmen von Forschungs- und Industrieprojekten.

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Professor Dr.-Ing. Roman Dumitrescu, als Vorgesetzter und Mentor. Vielen Dank für die inspirierende Zusammenarbeit sowie die intensive Förderung. Du hast mir die Unterstützung und Freiräume gegeben, mich in den letzten Jahren fachlich und persönlich in großen Schritten weiterzuentwickeln!

Mein Dank gilt zudem Herrn Professor Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier für das entgegengebrachte Vertrauen und die fordernde und fördernde Zusammenarbeit. Für die Übernahme des Korreferats danke ich Herrn Professor Dr.-Rüdiger Kabst, dem Professor für Entrepreneurship in der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und wissenschaftlicher Leiter von TecUP / garage33.

Danke an alle aktiven und ehemaligen Kolleginnen und Kollegen des Fraunhofer IEM und des Heinz Nixdorf Instituts für die hervorragende und kollegiale Zusammenarbeit. Hervorheben möchte ich Dr.-Ing. Arno Kühn; vielen Dank für die Unterstützung als Abteilungsleiter und Mentor. Ein weiterer, großer Dank geht an Dr.-Ing. Daniel Roeltgen für die fortwährende Motivation als langjähriger Gruppenleiter. Für das fachliche Sparring möchte ich mich bei Dr.-Ing. Christian Fechtelpeter, Dr.-Ing. Martin Rabe, Fabio Wortmann und allen anderen Kollegen bedanken. Besonderer Dank gilt auch an die vielen Studierenden, die mich als studentische Hilfskräfte oder durch studentische Abschlussarbeiten unterstützt und begleitet haben. Stellvertretend möchte ich hierfür Khoren Grigoryan, Gabriel Eliyo Aras und Shashank Lokesha Reddy danken. Vielen Dank auch an Sabine Illigen und Alexandra Dutschke, die immer eine große Unterstützung sind.

Meinen Freunden danke ich für das Verständnis und die unvergesslichen Momente als Ablenkung und Motivation in den Tälern der Promotionszeit. Mein allergrößter Dank gebührt meiner Freundin Angelika Braun und meiner Familie! In erster Linie sind dies meine Eltern Issa Asmar und Aziza Hanno: Ich danke euch von ganzem Herzen, dass ihr euer Leben für uns Kinder geopfert, eure akademischen Abschlüsse für unsere Zukunft nach hinten gestellt habt, mir meine Ausbildung, Motivation und Kreativität ermöglicht habt, mich fortwährend unterstützt und mir den notwendigen Rückhalt gebt! Auch vielen Dank an meine Familienmitglieder Rama Asmar-Barkho, die seit meinem Studium stets alle meine Arbeiten lektoriert hat, ebenso Asmar Asmar, Johannes Imran, Dora Fidan, Abiram Asmar und Ninib Asmar. Ihr habt mich stets unterstützt, motiviert und inspiriert.

Zuletzt möchte ich meiner Freundin Angelika Braun den größten Dank aussprechen: Für deine grenzenlose Unterstützung, für das große Verständnis, deine Liebe, für den seelischen Support, für das unzählige Entbehren und Zurückstecken in der ganzen Zeit. Vielen Dank, dass du der Fels in der Brandung warst und bist, und mich immer wieder an die wirklich wichtigen Dinge im Leben erinnerst! Letztlich ist es dein Rückhalt, der diese Dissertation erst möglich gemacht hat.

Paderborn, im Juli 2025

Laban Asmar

Zusammenfassung

Im Zuge der Digitalisierung existieren vielfältige Möglichkeiten in etablierten Unternehmen, um Marktleistungsinnovationen für technische Systeme hervorzubringen. Denkbar sind Kombinationen verschiedener Technologiekonzepte mit den Möglichkeiten die geschäftliche Perspektive auszuprägen. Die resultierenden Unsicherheiten bezüglich der Begehrlichkeit stellen dabei eine der häufigsten Gründe für das Scheitern neuer Marktleistungen dar. Frühe Validierung ist hierfür ein erfolgsversprechender Ansatz, um Wissenslücken zu schließen und Unsicherheiten zu reduzieren. Trotz des Nutzenpotenzials existieren vorrangig in der Startup-Literatur und fragmentiert in anderen Domänen, Unterstützungswissen für notwendige Prototyping- und Validierungsaktivitäten. Dieses ist für etablierte Unternehmen und die Bandbreite technischer Systeme ungeeignet.

Vor diesem Hintergrund beschreibt diese Arbeit eine *Systematik zur frühen Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen technischer Systeme in etablierten Unternehmen*. Das Fundament bildet Lösungswissen zu frühen Prototyping- und Validierungsmethoden. Das Dokumentationskonzept ermöglicht eine transparente, verständliche Dokumentation und Kommunikation von Marktleistungsidee, Validierungsumgebung und -konfiguration. Zur methodischen Unterstützung wird ein Vorgehensmodell vorgestellt: Unter Rückgriff auf das Lösungswissen, Dokumentationskonzept und weiteren Hilfsmitteln wird die systematische und iterative Analyse von Ideen, die Planung, der Aufbau, die Durchführung, Interpretation und Synthese früher Validierung ermöglicht. Die Anwendung der Systematik erfolgt anhand eines Gebäude-Aluminiumsysteme-Herstellers.

Summary

Within digitalization, a variety of opportunities exist in established companies to generate market offering innovations for technical systems. Combinations of new technology concepts with possibilities of shaping the business perspective are conceivable. The resulting uncertainties regarding desirability are one of the most common reasons for the failure of new offerings. Early validation is a promising approach to reduce these uncertainties. However, solution knowledge for necessary prototyping and validation exists primarily in startup literature and only fragmented in other domains, making it unsuitable for established companies and the variety of technical systems.

Against this background, this thesis describes a *systematic approach for the early desirability validation of market offering ideas for technical systems in established companies*. The foundation consists of solution knowledge on early prototyping and validation methods. The documentation concept enables a transparent, understandable documentation of market offering ideas, validation environment and configuration. To provide further support, a procedural model is introduced: Based on the solution knowledge, documentation concept, and other tools, the systematic and iterative analysis, planning, construction, execution, interpretation, and synthesis of early validation is facilitated. The application of the methodology is demonstrated using a manufacturer of building aluminum systems.

Liste der veröffentlichten Teilergebnisse

- [ARL+18] ASMAR, L.; RABE, M.; LOW, C.; YEE J.; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R.: Framework for the agile development of innovative Product-Service-Systems for existing physical rehabilitation systems, SysInt, 2018
- [RAK+18] RABE, M.; ASMAR, L.; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R.: Planning of Smart Services based on a Reference Architecture. International Design Conference 2018, May 21-24, Dubrovnik, 2018
- [AWR+19] ASMAR, L.; WORTMANN, F.; RÖLTGEN, D.; NIEWÖHNER, N.; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R.: Framework for the configuration of an engineering based Makeathon. In: Proceedings of ISPIM Innovation Conference, 7.-9. April, Ottawa, 2019
- [AGL+19] ASMAR, L.; GRIGORYAN, K.; LOW, C.; ROELTGEN, D.; KUEHN, A.; DUMITRESCU R.: Structuring framework for early validation of product ideas, ICME'10, August 29 - 30 2019, Melaka, 2019
- [NAW+19] NIEWÖHNER, N.; ASMAR, L.; WORTMANN, F.; ROELTGEN, D.; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R.: Design fields of agile innovation management in small and medium sized enterprises, 29th CIRP Design, 2019
- [NAW+19] NIEWÖHNER, N.; ASMAR, L.; WORTMANN, F.; ROELTGEN, D.; KÜHN, A.; Dumitrescu, R.: Innovation Management training for small and medium-sized enterprises, In: Proceedings of ISPIM Innovation Conference, 7.-9. April, Ottawa, 2019
- [NAR+20] NIEWÖHNER, N.; ASMAR, L.; ROELTGEN, D.; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R.: The impact of the 4th industrial revolution on innovation management, CIRP Design, 2020
- [NLA+21] NIEWÖHNER, N.; LANG, N.; ASMAR, L.; ROELTGEN, D.; KÜHN, A.; DUMITRESCU R.: Ambidextrous innovation management maturity model, Procedia CIRP, 2021
- [GNA+21] GABRIEL, S.; NIEWÖHNER, N.; ASMAR, L.; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R.: Integration of agile methods in the product development process of intelligent technical systems, 31th CIRP Design conference, May, Enschede, Netherlands, 2021
- [AGK+22] ASMAR, L.; GRIGORYAN, K.; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R.: Survey on methods for early prototyping and validation of technical product ideas, INDIN conference, 2022

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Einleitung	2
1.1 Problematik.....	2
1.2 Zielsetzung	4
1.3 Vorgehensweise	4
2 Forschungsdesign.....	7
2.1 Design Research	7
2.1.1 Ansätze des Design Research	7
2.1.2 Design Research Methodology.....	9
2.1.3 Konsortialforschung.....	11
2.2 Einordnung und Vorgehen in der Arbeit	13
3 Problemanalyse	17
3.1 Begriffsdefinitionen	17
3.1.1 Systematik.....	17
3.1.2 Validierung, Verifikation und frühe Validierung	18
3.1.3 Marktleistung	20
3.1.4 Idee, Invention, Innovation und Prototyp	22
3.1.5 Technische Systeme	24
3.1.6 Etablierte Unternehmen.....	25
3.2 Veränderung technischer Marktleistungsinnovationen	26
3.2.1 Technologische Evolution.....	27
3.2.2 Marktseitige Evolution	29
3.2.3 Unternehmensumfeld etablierter Unternehmen.....	31
3.3 Produktentstehung technischer Marktleistungsinnovationen	32
3.3.1 Modelle des Produktentstehungsprozesses	32
3.3.2 Unsicherheit und Scheitern in der Produktentstehung.....	40
3.3.3 Frühe Phasen in der Produktentstehung (Produktfindung).....	42
3.3.4 Dokumentation von frühen Ergebnissen.....	44
3.4 Validierung technischer Marktleistungen	47
3.4.1 Bedeutung der Validierung in der Produktentstehung	47
3.4.2 Grundaufbau der Validierung.....	50
3.4.3 Push- und Pull-Prinzip der Validierung	55
3.4.4 Potenziale der Digitalisierung für die frühe Pull-Validierung	59
3.4.5 Lösungswissen zur frühen Pull-Validierung.....	62

3.5	Problemabgrenzung	65
3.6	Anforderungen.....	68
4	Stand der Forschung.....	71
4.1	Lösungswissen für die frühe Validierung	71
4.1.1	Experimente-Tools nach BLAND & OSTERWALDER	71
4.1.2	Validierungsexperimente nach WEINREICH	72
4.1.3	Pretotyping und Prototyping nach SAVOIA ET AL	74
4.1.4	MVPs in Systems Engineering nach ZIMMERMANN ET AL.	75
4.1.5	Methoden der Kundenbefragung nach GAUSEMEIER ET AL.	77
4.1.6	Validierungsexperimente für Augmented Reality	77
4.2	Unternehmensspezifische Validierung nach dem Pull-Prinzip.....	78
4.2.1	TAF-Agile Framework nach HOFSTETTLER ET AL.	79
4.2.2	Testing Process nach BLAND UND OSTERWALDER	80
4.2.3	Lean Startup nach RIES	82
4.2.4	Fast Feedback Cycle nach BONTE und FLETCHER.....	83
4.2.5	Frühe Validierung interaktiver Produkte nach REINEMANN	85
4.2.6	Formales Vorgehen der Validierung nach EL-HAJI ET AL.	86
4.2.7	Geschäftsmodelleinführung nach BENEDIKT ECHTERHOFF	88
4.3	Dokumentationskonzepte für die frühe Validierung	90
4.3.1	Dokumentationskonzepte nach ALBERS ET AL.	91
4.3.2	Agile Anforderungsdokumentation nach DOUGLASS.....	93
4.3.3	Spezifikationstechnik CONSENS	94
4.3.4	Modellbasierter Entwicklungsauftrag nach OLGA ECHTERHOFF ..	95
4.3.5	User Story Mapping nach PATTON	97
4.3.6	Dokumentationskonzepte nach ALEXANDER ALBERS	98
4.4	Bewertung und Handlungsbedarf	100
5	Systematik zur frühen Validierung von Marktleistungsideen	104
5.1	Grundidee und Überblick	104
5.2	Lösungswissen.....	105
5.2.1	Vorgehen zur Ermittlung & Erweiterung des Lösungswissen ..	106
5.2.2	Übergeordnete Cluster für Methoden-Wissen	108
5.2.2.1	Prototyping-Methoden	109
5.2.2.2	Validierungs-Methoden.....	111
5.2.3	Klassifikationsschematas für Methoden-Wissen.....	112
5.2.3.1	Prototyping-Methoden	113
5.2.3.2	Validierungs-Methoden.....	116
5.2.4	Katalog mit Methodenwissen zur frühen Validierung.....	119
5.2.5	Werkzeugunterstützung.....	122
5.3	Dokumentationskonzept für relevante Ergebnisse	124

5.3.1	Marktleistungsidee.....	125
5.3.2	Validierungsumgebung.....	129
5.3.3	Validierungskonfiguration	131
5.3.4	Validierungsergebnis	133
5.4	Vorgehensmodell.....	134
5.4.1	Phase 1: Ideen-Analyse	136
5.4.2	Phase 2: Validierungsplanung	140
5.4.3	Phase 3: Validierungsaufbau.....	149
5.4.4	Phase 4: Validierungsdurchführung.....	152
5.4.5	Phase 5: Ergebnisinterpretation	154
5.4.6	Phase 6: Synthese und Übergabe.....	159
6	Anwendung und Bewertung	162
6.1	Anwendungsbeispiel.....	162
6.2	Phase 1: Ideen-Analyse	163
6.3	Phase 2: Validierungsplanung	167
6.4	Phase 3: Validierungsaufbau.....	172
6.5	Phase 4: Validierungsdurchführung.....	174
6.6	Phase 5: Ergebnisinterpretation	174
6.7	Phase 6: Synthese	176
6.8	Bewertung der Systematik anhand der Anforderungen	178
6.9	Kritische Reflexion.....	180
7	Zusammenfassung und Ausblick	184

Anhang

A1	Auflistung der Anwendungsprojekte	217
A2	Transfermaßnahmen zur Ergebnis-Diffusion	220
A3	Lösungswissen für die frühe Validierung	221

1 Einleitung

Die vorliegenden Ergebnisse entstanden im Rahmen von Forschungsprojekten des Fraunhofer-Instituts für Entwurfstechnik Mechatronik IEM. Die Ergebnisse ergeben sich aus einem wissenschaftlichen Vorgehen des Design Researches, der im Rahmen unterschiedlicher Forschungsaktivitäten iterativ durchgeführt wurde. Angelehnt an die Konsortialforschung wurde dabei eine wissenschaftliche Bedeutung und Strenge bei paralleler Einbindung der Praxis angestrebt. Dies wurde durch die Einbindung von Unternehmen im Rahmen der Forschungsaktivitäten gewährleistet (vgl. Abschnitt 2.2). Ziel der Forschung war die Entwicklung und Anwendung von Methoden und Werkzeugen der frühen Validierung zur branchenübergreifenden Erschließung in etablierten Unternehmen. Der Fokus lag auf Marktleistungsinnovationen für technische Systeme.

Die entstandene Arbeit beschreibt *eine Systematik zur frühen Validierung von Marktleistungsideen für technische Systeme in etablierten Unternehmen*. Sie ist Kernbestandteil der Ergebnisse dieser Forschung und wurde in verschiedenen Pilotprojekten angewendet. Dazu zählen drei Validierungsprojekte mit einem Aluminium-Systemhersteller, über 20 durchgeführte *Makeathons* und weitere durchgeführte Validierungsprojekte in den entstandenen Innovationslaboren *IdeenTriebwerk* und *innovationlabs.my*, dessen methodisches und Infrastruktur-Konzept auf der entstandenen Systematik aufbaut. Für den effektiven Breitentransfer der Systematik ist unter anderem ein Schulungsformat für Innovationsverantwortliche entstanden und bereits vier Mal mit der Industrie durchgeführt und positiv bewertet worden. Für eine genaue Darstellung wird auf Abschnitt 2.2 verwiesen.

1.1 Problematik

Mit dem Einzug der Digitalisierung sind für etablierte Unternehmen technische Marktleistungsinnovationen mehr denn je im Fokus [Kag14, S. 67ff.], [NZN+16, S. 1ff.]. Die Potenziale, die sich für neue Marktleistungen ergeben, müssen aus zwei Entwicklungen synergetisch gehoben werden. Zum einen ergeben sich aus der Evolution von einem Produkt- zu einem Produkt-Service-System-Anbieter innovative Ideen und damit neue Umsatzpotenziale [Rab19, S.5]. Zum anderen befähigen neue Technologien die Evolution technischer Systeme: die Entwicklung erstreckt sich von reinen mechanischen Bauteilen bis hin zu intelligenten technischen Systemen [Tsc16, S.6ff.].

Etablierte Unternehmen, die diesen Wandel vollziehen möchten, stehen vor einer grenzenlosen Vielfalt an Möglichkeiten, um neue Marktleistungen zu definieren, auszuprägen und auf den Markt zu bringen. Dabei müssen sie sich auf ein Innovationsumfeld einstellen, dass volatil, unsicher, komplex und ambiguid ist [Lud19, S. 108]. Die Konsequenzen für das Handeln in diesem Umfeld sind in zahlreichen Studien dargelegt. So stellt sich heraus, dass die meisten neuen Marktleistungen scheitern [Böh19], [GRS+15], [Bai16-ol], [Wym19-ol], [Har19-ol]. Einer der häufigsten Gründe sind Unsicherheiten zu der Begehrlichkeit dieser bei Kunden [OW18], [Sch17], [Ink16], [Sta17], [Fre14], [CBI19-ol],

[Fre14], [Coo01]. Bestehende Produktentstehungsmodelle für etablierte Unternehmen, die repräsentativ für die aktuelle Praxis sind, adressieren die Reduktion der Unsicherheiten im Entstehungsprozess nur nachrangig [GDE+19, S.55, S89ff.].

Getrieben aus dem Start-Up-Umfeld, hat sich die Pull-Validierung als vielversprechender Ansatz herausgestellt, um Wissen innerhalb der Produktentstehung aufzubauen und damit Unsicherheiten innerhalb des Prozesses zu reduzieren [ABK+16, S.555ff.], [Kli17, S.19ff.], [Alb10], [Böh19], [Rie11], [AGK+22], [AGL+19]. Validierung beschreibt dabei die Bestätigung, dass eine Anforderung für einen individuellen beabsichtigten Gebrauch oder einen individuell beabsichtigten Anwendungsfall erfüllt worden ist. Dies wird durch die Bereitstellung eines objektiven Nachweises sichergestellt [DIN EN ISO 9000]. Das Pull-Prinzip setzt die Validierung als zentrale Aktivität in den Mittelpunkt der Produktentstehung. Validierungsaktivitäten stoßen dabei verschiedene Design-Aktivitäten an und fordern entsprechende Ergebnisse wieder ein bzw. koordinieren diese. In der Pull-Validierung erfolgt zuerst die Ermittlung der Validierungsbedarfe zu einer Marktleistungsidee. In einem darauffolgenden Schritt wird das eigentliche Design von Entwicklungsartefakten wie Prototypen angestoßen, die ausschließlich Aspekte beinhalten, um eine Validierung identifizierter Bedarfe zu ermöglichen. Dies führt zu einem effizienteren und effektiveren Vorgang und auch zu einem frühzeitigen Wissensaufbau [ABK+16, S. 555ff.], [Alb10], [AMB+15], [Kli17, S.20], [Rei20, S.89], [Böh19]. Die frühestmögliche Reduktion von Unsicherheiten zur Begehrlichkeit durch die Pull-Validierung, gemeinsam mit Kunden, beschreibt dabei das zentrale Nutzenpotenzial für diese Arbeit. Weitere Nutzenpotenziale sind Effizienz-Steigerungen und eine verbesserte Transparenz und Ergebnisse an der Schnittstelle zur Entwicklung.

Der hohen Bedeutung zum Trotz wurde die systematische Planung und Durchführung früher Pull-Aktivitäten für etablierte Unternehmen bislang nur unzureichend beleuchtet [Kli16], [Fre17]. Die Ursache hierfür liegt an einer unstrukturierten Vielfalt des Lösungswissens, Vorgehensmodellen und Dokumentationskonzepten, die aus unterschiedlichen Domänen getrieben und nicht systematisch aufbereitet für die frühe Pull-Validierung vorliegen. Infolgedessen fokussieren sich die Forschungsaktivitäten zur frühen Validierung bislang vorwiegend auf vereinzelte spezifische Methoden, adressieren hauptsächlich Startups und Software, und ermöglichen damit nicht die Hebung der beschriebenen Nutzenpotenziale [AGK+22], [AGL+19], [Rei20, S.136ff.], [Kli16, S.43], [UPL06], [DRG+21]. Folglich ist bislang unklar, wie frühe Pull-Validierung der Begehrlichkeit für Marktleistungsideen technischer Systeme im Unternehmensalltag systematisch angewendet werden kann und wie die Potentiale unter Rücksichtnahme der individuellen Ausgangssituation eines Unternehmens zugänglich gemacht werden können.

Die beschriebene Problematik führt zu der Notwendigkeit, die frühe Pull-Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen technischer Systeme in etablierten Unternehmen methodisch zu unterstützen. Es existiert Handlungsbedarf für einen Ansatz, der die Nutzenpotenziale der frühen Validierung aufgreift und eine Förderung von der Analyse bestehender Ideen, über die Validierungsplanung, der Entwicklung notwendiger Prototypen

und Umgebungen und die Durchführung früher Validierung, bis hin zur Synthese validierter Anforderungen, adressiert. Dabei gilt es im besonderen Maße existierendes Lösungswissen systematisch aufzubereiten und die Potenziale digitaler Technologien als Enabler für die frühe Validierung und das frühe Prototyping zu berücksichtigen.

1.2 Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist eine *Systematik zur frühen Validierung von Marktleistungsideen für technische Systeme in etablierten Unternehmen*. Die Systematik soll etablierte Unternehmen mit dem Fokus auf technische Systeme dabei unterstützen, die Begehrlichkeit von Marktleistungsideen in der Produktfindung durch das Pull-Prinzip zu validieren und in Form von validierten Kundenanforderungen und groben Funktionalitäten zu dokumentieren und diese an weitere Einheiten zu kommunizieren. Ausgangspunkt bilden die Bandbreite technologischer Möglichkeiten für Marktleistungen, die als Produkt, Produkt-Service oder reinem Service durch Kunden wahrgenommen werden können. Die Systematik adressiert innovationsverantwortliche EntscheiderInnen und EntwicklerInnen, die innerhalb etablierter Unternehmen organisiert sind und Marktleistungsideen strategisch planen, durch frühe Prototypen umsetzen und durch Kunden validieren.

Die Systematik soll sich in drei Bestandteile gliedern. Erster Bestandteil soll induktiv-deduktiv erarbeitetes **Lösungswissen** für eine frühe Pull-Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen für technische Systeme sein. Dieses bereitet identifiziertes Methodenwissen aus der Startup-Forschung und weiteren Domänen für die frühe Validierung und das frühe Prototyping in etablierten Unternehmen auf, systematisiert es und macht es damit nutzbar. Ein **Dokumentationskonzept** soll des Weiteren eine transparente, verständliche und nachvollziehbare Dokumentation von Validierungsumgebung, Validierungskonfiguration und sich ergebender Spezifikation der Marktleistungsidee gewährleisten. Die Systematik soll durch ein **Vorgehensmodell** komplettiert werden, welches das Lösungswissen und Dokumentationskonzept aufgreift und eine systematische, iterative Durchführung von frühen Validierungsaktivitäten in der Produktfindung methodisch unterstützt. **Ergebnis** der Systematik sollen validierte Anforderungen und grobe Funktionalitäten sein, die als Entscheidungsgrundlage hinsichtlich der Weiterentwicklung der Marktleistungsidee dienen.

1.3 Vorgehensweise

In **Kapitel 2** wird das Forschungsdesign dieser Arbeit beschrieben. Dafür wird zunächst auf unterschiedliche Ansätze des Design Research eingegangen und das definierte und durchgeführte Vorgehen zur Erforschung der Ergebnisse dieser Arbeit vorgestellt.

In **Kapitel 3** werden zunächst wesentliche Begriffe definiert und abgegrenzt. Es folgt die Analyse der Entstehung technischer Systeme aus technologischer und marktseitiger Per-

spektive und das daraus resultierende VUCA-Geschäftsumfeld für etablierte Unternehmen. Anschließend werden existierende interdisziplinäre Produktentstehungsmodelle für etablierte Unternehmen zur Entstehung technischer Systeme analysiert und diese Arbeit darin verortet. Es werden vor allem in den frühen Phasen (Produktfindung) existierende Unsicherheiten und das daraus resultierende Scheitern im Hinblick auf die Entstehung neuer Marktleistungen technischer Systeme verdeutlicht. Es folgt die Einführung von Validierung, um in frühen Phasen bestehende Unsicherheiten zur Begehrlichkeit einer Marktleistungsidee zu reduzieren. Weiterhin werden Prinzipien und methodisches Lösungswissen, vorrangig aus dem Startup-Umfeld, zur frühen Validierung diskutiert. In der Problemabgrenzung werden identifizierte Nutzenpotentiale und Herausforderungen durch Handlungsfelder abgebildet und in Anforderungen überführt.

Kapitel 4 beschreibt den vorliegenden Stand der Technik. Dazu werden eingangs Ansätze untersucht, die zusammengefasstes Lösungswissen zur frühen Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen technischer Systeme enthalten, inkl. Lösungswissen zu dafür notwendigem frühen Prototyping. Anschließend werden Vorgehensmodelle zur frühen Validierung nach dem Pull-Prinzip vorgestellt. Daran anschließend werden Konzepte zur Dokumentation von relevanten Entwicklungsergebnissen näher betrachtet. Das Kapitel endet mit der Bewertung der vorgestellten Ansätze hinsichtlich der aufgestellten Anforderungen und einer Ableitung des daraus resultierenden Handlungsbedarfs.

Kapitel 5 stellt die entwickelte Systematik zur frühen Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen technischer Systeme in etablierten Unternehmen vor. Dazu wird das induktiv-deduktiv erarbeitete, durch ein Softwaretool anwendbare Lösungswissen zu Methoden für das frühe Prototyping und der frühen Validierung vorgestellt. Daraufhin wird ein geeignetes Dokumentationskonzept eingeführt, mit dessen Hilfe entwicklungsrelevante Ergebnisse adäquat festgehalten und kommuniziert werden können. Die Systematik wird durch ein Vorgehensmodell komplettiert. Dieses greift das Lösungswissen und Dokumentationskonzept auf und ermöglicht die systematische Planung, Durchführung und Nachbereitung von frühen Validierungsaktivitäten in der Produktfindung nach dem Pull-Prinzip für Marktleistungsideen technischer Systeme in etablierten Unternehmen. Ergebnis sind valide und kommunizierbare Anforderungen an eine Marktleistung.

Kapitel 6 zeigt die Anwendung der Arbeit durch Forschungsaktivitäten mit einem Hersteller von Aluminium-Profil-Systemen in Gebäuden und weiteren Forschungsaktivitäten. Anhand bestehender Marktleistungsideen wurde das Vorgehensmodell, Lösungswissen und Dokumentationskonzept mehrfach, iterativ angewendet und so validiert. Abschließend wird die Systematik anhand der definierten Anforderungen bewertet, worauf eine kritische Auseinandersetzung folgt, die Herausforderungen und Limitationen aufzeigt.

Kapitel 7 gibt eine Zusammenfassung und eröffnet zukünftige Forschungsfragen. Der Anhang umfasst das erarbeitete Lösungswissen und weitere Hilfsmittel.

2 Forschungsdesign

In diesem Kapitel wird das Forschungsdesign dieser Arbeit beschrieben. Es zeigt die Herleitung und Ausführung der durchgeführten Schritte und angewendeten Ansätze zur Entwicklung der Systematik in Kapitel 5. Dazu wird in Abschnitt 2.1 der Design Research Ansatz vorgestellt. Anschließend werden verschiedene Design Research Methoden gegenübergestellt. Darauf aufbauend wird die Design Research Methodology und die Konsortialforschung als zu fokussierende Methoden detailliert. Danach wird die Arbeit im Kontext der vorgestellten Methodiken eingeordnet. Der Abschnitt endet mit den resultierenden Schritten, angewendeten Forschungstechniken und Ergebnissen des Forschungsdesigns dieser Arbeit.

2.1 Design Research

Design beschreibt die Umwandlung eines unerwünschten Problemzustands in einen gewünschten Lösungszustand durch den Einsatz von Artefakten [MGO20, S. 208]. Daran angelehnt beschreibt Design Research die Generierung von Wissen über Design, für das Design [Hor01, S.13]. Dabei steht nach BLESSING UND CHAKABARTI die Entwicklung von Verständnis und Unterstützung im Vordergrund, um die Effektivität und Effizienz von Design zu steigern. Dies wird durch zwei wesentliche Teilziele erreicht [BC09, S.5]:

- 1) Das Erarbeiten und Validieren von Theorien und Modellen für das Design, unter Berücksichtigung der Dimensionen Mensch, Produkt, Wissen/Methoden/Werkzeuge, Organisation, Mikro- und Makroökonomie
- 2) Das Erarbeiten und Validieren von Maßnahmen zur Design-Unterstützung, die auf Grundlage dieser Theorien und Modelle entstehen

Im Rahmen dieser Arbeit beschreibt das Design die Anwendung der Systematik zur frühen Validierung von Marktleistungsideen. Design Research umfasst die Entwicklung der Systematik. Im Folgenden werden vorhandene Forschungsbeiträge zu Design Research verglichen (vgl. Abschnitt 2.1.1) und detailliert (vgl. Abschnitt 2.1.2 und 2.1.3).

2.1.1 Ansätze des Design Research

Es existiert eine Vielzahl von Ansätzen zur Unterstützung von Design Research. Übergeordnet können diese nach HEVNER durch ein generisches 3-Zyklen-Modell beschrieben werden. Dieses fokussiert die Förderung des Verständnisses, der Durchführung und der Auswertung von Design Research Projekten. Dabei durchläuft jedes Projekt den Relevanz-, Design-, und Strenge-Zyklus, die in Bild 2-1 dargestellt sind [Hev07, S.88].

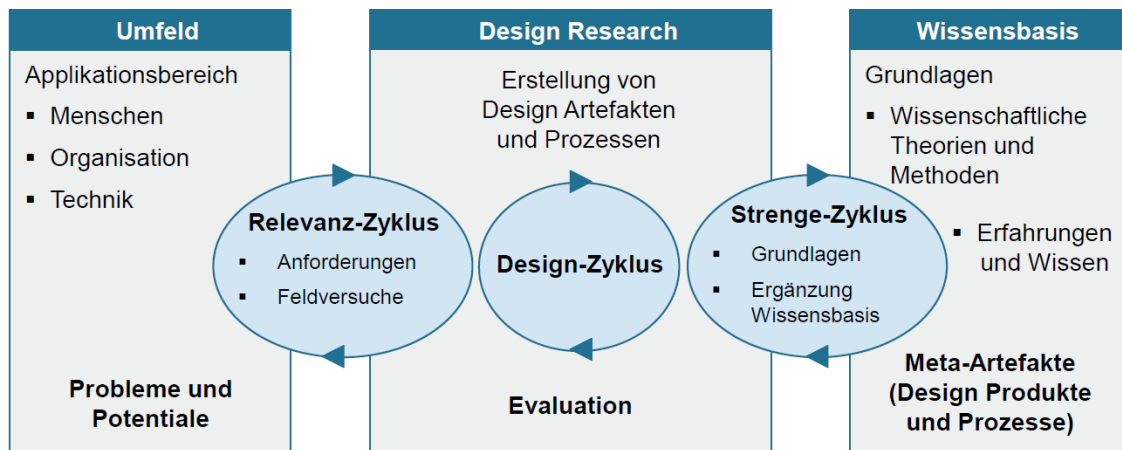


Bild 2-1: Das 3-Zyklus-Modell für Design Research Projekte nach HEVNER

Im **Relevanz-Zyklus** werden Anforderungen aus dem gegenwärtigen Umfeld in die Forschung ausgeleitet. Es werden Kriterien zur Bewertung der Forschungsergebnisse festgelegt und Forschungsergebnisse aus dem Design-Research zurückgeführt. Das Umfeld ergibt sich aus dem Applikationsbereich und beschreibt den Problemraum eines Forschungsbeitrags. Dieser umfasst beispielsweise den Menschen, die Organisation und Technik [Hev07, S. 88f.]. Die Forschungsergebnisse werden im **Design-Zyklus** erarbeitet. In einem iterativen Prozess werden Artefakte zur Verbesserung des Design-Prozesses erarbeitet und anhand der aufgestellten Anforderungen evaluiert [Hev07, S. 90f.]. Die dabei angewendeten Methoden und Theorien werden aus der Wissensbasis im **Strenge-Zyklus** ausgeleitet. Dieser beinhaltet das Wissen aus vorhandenen Theorien, Methoden und Domänen-Erfahrungen. Der Zyklus ergibt sich durch die Rückführung entstandener Artefakte aus dem Design-Zyklus in die Wissensbasis [Hev07, S.89f].

Das beschriebene Modell stellt kein explizites Vorgehen zur Entwicklung und Durchführung von Design Research Projekten dar [HC10, S.16]. Zur konkreten Durchführung sind daher eine Vielzahl von methodischen Vorgehen entstanden, die die Wissenschaftlichkeit von Forschungsbeiträgen sicherstellen [BC09, S.9]. Neben der Design-Research-Methodology und der Konsortialforschung (vgl. Abschnitt 2.1.2 und 2.1.3) fassen PEFFERS ET AL. Forschungsdesignansätze aus der (Wirtschafts-)Informatik zusammen (Bild 2-2).

	Vorgehen im Forschungsdesign					
	Problem-ident. und Motivation	Definition der Ziele	Entwurf und Entwicklung	Demonstration	Evaluation	Kommunikation
TAKEDA ET AL., 1990	Problem-erfassung		Ideenent-wicklung		Bestäti-gung, Bewertung	
ECEKELS ET AL., 1991	Analyse	Anforde-rungen	Synthese, vorläufige Design-vorschläge	Simulation, bedingte Vorhersage	Evaluation, endgültiges Design	
ROSSI ET AL., 2003	Bedarfs-identifika-tion		Entwick-lung		Evaluation	
HEVNER ET AL., 2004	Wichtige und rele-vante Probleme	<i>implizit im vorherigen Schritt</i>	iterativer Such-prozess, Artefakt		Evaluation	Kommuni-kation

Bild 2-2: Ausschnitt des Vergleichs von Forschungsdesignansätze nach [PTG+06, S.91]

Trotz der unterschiedlichen Schwerpunkte existieren grundlegende Gemeinsamkeiten in den untersuchten Ansätzen. Die Problemidentifikation und Motivation für ein Thema, der Entwurf und die Entwicklung von Design-Artefakten und die Evaluation werden von allen Autoren adressiert. Die Vorgehensschritte Definition der Ziele, Demonstration und Evaluation werden nur teilweise berücksichtigt. Neben den gezeigten Methoden existieren in weiteren Domänen eine Vielzahl von Forschungsdesignansätzen. HOWARD ET AL. stellen beispielsweise Forschungsdesignansätze aus der Psychologie gegenüber [HCD08, S.164ff]. GERICKE ET AL. untersuchen die Arbeiten aus unterschiedlichen Forschungsdomänen und arbeiten Gemeinsamkeiten und Unterschiede heraus [GB12]. Insgesamt ist es die Wechselwirkung der Relevanz und Strenge sowie der passende Input aus dem Relevanz- und Strenge-Zyklus, die ein adäquates Design Research Vorhaben auszeichnen [Hev07, S. 91]. Daher ist die Design Research Methodology nach BLESSING UND CHAKABARTI und die Konsortialforschung nach ÖSTERLE ET AL. entstanden, die im Folgenden näher behandelt werden [BC09, S. 9], [ÖO10, S.276].

2.1.2 Design Research Methodology

BLESSING ET AL. stellen mit der Design Research Methodology einen umfassenden Forschungsdesignansatz für die Ingenieursdisziplinen vor [ÖO10, S. 274], [BC09, S. 43ff.]. Die Methodik beschreibt ein Rahmenwerk, welches in der Durchführung von Design Research unterstützende Methoden und Richtlinien liefert. Das übergeordnete Vorgehen beinhaltet die Phasen Klärung der Forschungsfrage, Deskriptive Studie 1, Präskriptive Studie und Deskriptive Studie 2 (vgl. Bild 2-3)

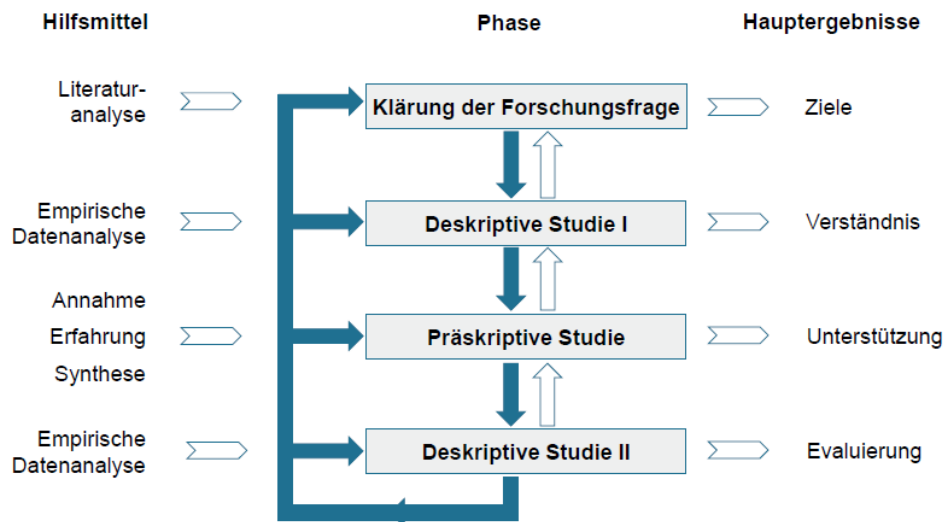


Bild 2-3: Vorgehensmodell der Design Research Methodology nach BLESSING ET AL.

In der ersten Phase wird die **Forschungsfrage** geklärt. Dabei wird zunächst ein initiales Forschungsziel definiert. Anschließend werden literaturbasierte Hinweise oder Beweise identifiziert, die dieses unterstützen. Darauf aufbauend wird eine IST- und SOLL-Situation ausgeleitet, die das Forschungsziel adressiert. Des Weiteren werden messbare Anforderungen für den Erfolg der Forschung definiert [BC09, S. 15, S. 43ff].

Die zweite Phase umfasst eine erste **deskriptive Studie**. Die Forschungsfrage und das zugrundeliegende Problem werden analysiert. Es werden die zentralen Faktoren zur Lösung der Forschungsfrage herausgearbeitet. Bei Bedarf werden empirische Studien durchgeführt. Dazu gehören Beobachtungen und Interviews [B09, S.239ff.].

Auf Grundlage des aufgebauten Problemverständnisses wird in der dritten Phase eine **präskriptive Studie** durchgeführt. Die Ergebnisse der deskriptiven Studie werden zunächst ausgewertet und interpretiert. Es wird ein konkretes Zielbild zur Lösung der definierten Problemstellung beschrieben. Dabei werden mögliche alternative Lösungen entwickelt. Auch werden Ansätze wie das Brainstorming, morphologische Kästen oder weitere Kreativitätstechniken zur Ideengenerierung angewendet [BC09, S. 141ff., S.277ff.]. Ergebnis ist der Lösungsansatz [BC09, S.141ff].

Die vierte Phase beinhaltet eine erneute **deskriptive Studie**. Ziel ist die Evaluation des Lösungsansatzes. Es werden zwei Studien ausgeführt. In der ersten Studie wird die Anwendbarkeit des Lösungsansatzes evaluiert. In der zweiten Studie wird die Nützlichkeit des Ansatzes anhand der Anforderungen bewertet [BC09, S. 239ff.], [HMP+04, S. 86].

Die beschriebenen Phasen sind iterativ und nicht zwangsläufig gleich intensiv zu durchlaufen. Die Intensität hängt sowohl von den verfügbaren Forschungswissen in den einzelnen Phasen als auch von zeitlichen und monetären Restriktionen ab. Aus diesem Grund werden sieben unterschiedliche Typen zur Bearbeitung der Design Research Methodology aufgezeigt, die in Bild 2-4 aufgelistet sind [BC09, S.15ff.].

Klärung der Forschungsfrage	Deskriptive Studie 1	Präskriptive Studie	Deskriptive Studie 2
1. Literaturbasiert	Umfassend	-	-
2. Literaturbasiert	Umfassend	Initial	-
3. Literaturbasiert	Literaturbasiert	Umfassend	Initial
4. Literaturbasiert	Literaturbasiert	Literaturbas./ Initial/ Umfassend	Umfassend
5. Literaturbasiert	Umfassend	Umfassend	Initial
6. Literaturbasiert	Literaturbasiert	Umfassend	Umfassend
7. Literaturbasiert	Umfassend	Umfassend	Umfassend

Bild 2-4: Typen für die Bearbeitung der Design Research Methodology

Die einzelnen Phasen können literaturbasiert, umfassend oder initial durchlaufen werden. Bei einer **literaturbasierten** Durchführung wird das Ziel der Phase durch eine Analyse der Literatur erreicht. Bei einer **umfassenden** Bearbeitung wird sowohl eine Literaturanalyse als auch eine eigenständige Ergebnisproduktion (z.B. durch empirische Studien) durchgeführt. Bei einer **initialen** Durchführung wird die Studie nur bis zum Aufzeigen relevanter Konsequenzen ausgeführt. In allen Typen wird die Forschungsfrage durch die Unterstützung einer Literaturanalyse geklärt. Bei den weiteren Phasen wird sowohl eine literaturbasierte, umfassende als auch initiale Bearbeitung vorgeschlagen. Die Typen 1-4 werden von den Autoren für das Vorhaben der Promotion empfohlen [BC09, S.18f.].

Fazit: Die Design Research Methodology stellt sich als geeigneter Ansatz heraus, der die Ziele für Design Research umfänglich adressiert. Durch die flexible Gestaltung festgelegter Phasen vereinfacht der Ansatz die Durchführung von Design Research Projekten [BC09, S. 11]. Der Praxisbezug ergibt sich aus der Untersuchung von wissenschaftlichen Beiträgen zu realen Vorkommnissen in Unternehmen [BKS20, S. 5]. Darüber hinaus bietet die Methode keine explizite Unterstützung des Transfers von Wissen zwischen Industrie und Forschung. Die praxistaugliche Gestaltung von Artefakten wird dadurch erschwert [ÖO10, S. 274]. Für die Dissertation wird eine angepasste Version des vierten Typs angestrebt. Dieser soll um den Gedanken der Praxisintegration erweitert werden.

2.1.3 Konsortialforschung

Das Ziel der Konsortialforschung ist das Ermöglichen praxisrelevanter Forschung. Dies wird durch die Teilnahme von Industriepartnern in einem Design Research Projekt ermöglicht. Nach ÖSTERLE ET AL. ergeben sich drei Teilziele für die Design-orientierte Konsortialforschung. Das erste Ziel beschreibt eine fokussierte Beteiligung der Industrie in das Forschungsvorhaben. Dies gilt vor allem für die Definition von Zielen und die

Bewertung von Forschungsergebnissen, um eine Relevanz für die Praxis zu gewährleisten. Das zweite Ziel ist die Berücksichtigung der wissenschaftlichen Strenge. Dies kann beispielsweise durch die Durchführung von Iterationen oder die Integration von mehreren Partnerunternehmen erfolgen. Das letzte Ziel ist die Integration des Breitentransfers zur Multiplikation der Forschungsergebnisse in der Wissenschaft und Praxis [ÖO10, S.276]. Das Gesamtkonzept wird durch insgesamt vier übergeordnete Phasen beschrieben, die sich an der Design Research Methodology orientieren und in Bild 2-5 beschrieben sind.

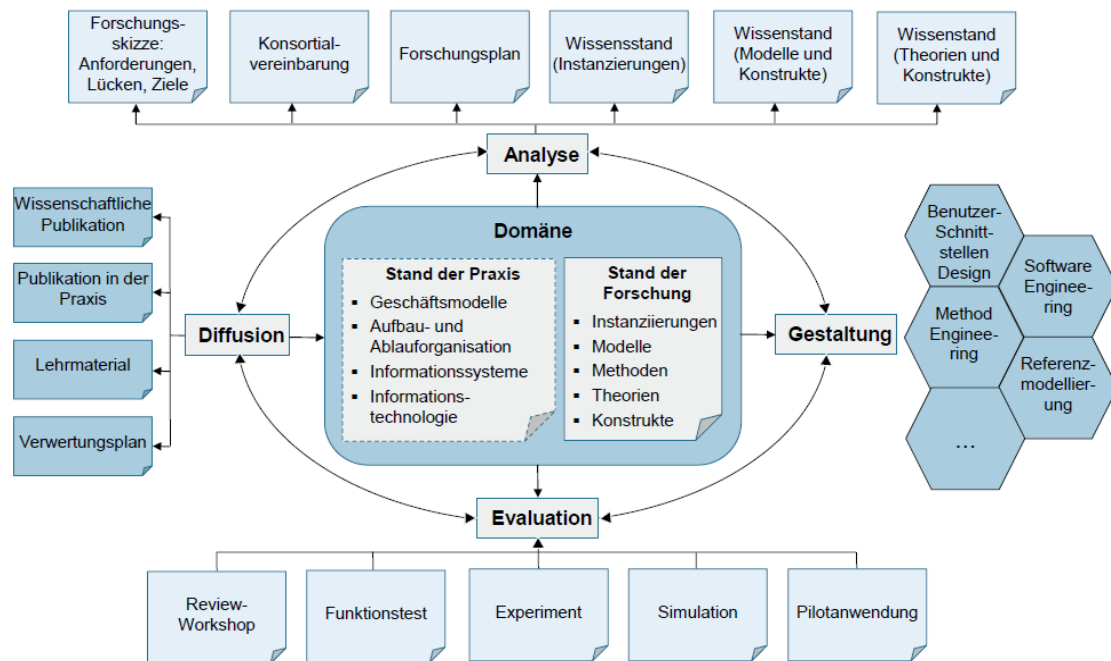


Bild 2-5: Gesamtkonzept der Konsortialforschung [ÖO10, S.276]

Die erste Phase **Analyse** beschreibt den Prozess zur Auswahl des Forschungsthemas. Ergebnis ist ein Forschungsplan, der mit den Konsortialpartnern iterativ abgestimmt ist. Dieser integriert die Zielsysteme der Partner und die Konditionen des Forschungsprojekts. Ebenfalls werden sowohl die Problemstellung als auch der Stand der Forschung und Praxis analysiert. Anschließend werden das Forschungsziel und notwendige Bewertungskriterien herausgearbeitet. Darauf aufbauend werden passende Industriepartner identifiziert und die Forschungslücke herausgestellt [ÖO10, S. 279].

In der zweiten Phase wird die **Gestaltung** von Artefakten fokussiert. Dabei werden die Ergebnisse in unterschiedlichen Formaten (z.B. Workshops) mit den Praxispartnern erarbeitet. In einem iterativen Prozess werden die Ergebnisse im Konsortium entwickelt, evaluiert und gegebenenfalls angepasst [ÖO10, S. 279].

Die dritte Phase **Evaluation** umfasst die Aktivitäten der Demonstration und Evaluation. Ergebnis sind bewertete Artefakte, die in der zweiten Phase entwickelt wurden. In der Forschungspraxis entsteht dies beispielsweise durch Expertenbefragungen oder Pilotanwendungen. Die entwickelten Artefakte werden Experten zugänglich gemacht und anhand der Kriterien zur Erreichung der Forschungsziele evaluiert [ÖO10, S. 279].

In der letzten Phase wird die **Diffusion** der Forschungsergebnisse durchgeführt. Ziel ist die effektive Kommunikation verallgemeinerter Ergebnisse an eine breite Öffentlichkeit. Dies kann beispielsweise durch Vorträge an Universitäten, Publikationen, ausgeleitete Trainings und Transfermedien adressiert werden. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Diffusion der Forschungsergebnisse innerhalb der Partner-Strukturen. In der Praxis kann dies auf Grundlage eines Verwertungsplans umgesetzt werden [ÖO10, S. 279f.].

Fazit: Die Konsortialforschung beschreibt eine praxisnahe Ergänzung der Design Research Methodology. Die Ergänzung ergibt sich vor allem durch die Integration vieler Partner aus Industrie und Forschung, um Wissen effektiv zu verdichten und zu verknüpfen. Das Resultat sind anwendbare und praxistaugliche Forschungsergebnisse, die effektiv in die Breite transferiert werden. Im Kontext des Design Research zur Unterstützung der frühen Validierung technischer Marktleistungsinnovationen in der Praxis ist dies von besonderer Bedeutung. Aus diesem Grund wird der Grundgedanke der Konsortialforschung in das Forschungsdesign der vorliegenden Arbeit integriert.

2.2 Einordnung und Vorgehen in der Arbeit

Die Erforschung einer Systematik für die frühe Validierung, zur Unterstützung der Innovationsentwicklung in der Praxis, ist eine komplexe Aufgabenstellung. Die Lösung erfordert einen wissenschaftlichen und gleichzeitig kreativen Prozess, der die Integration von Industriepartnern berücksichtigt. Aus diesem Grund wurden die zwei Ansätze Design Research Methodology und Konsortialforschung näher untersucht und für den Kontext dieser Arbeit kombiniert. Im Kern entspricht das resultierende Forschungsdesign der Design Research Methodology, die um den Gedanken der Praxisintegration und Breitentransfer ergänzt wurden. Ziel ist dabei die in Abschnitt 2.1 beschriebenen Ziele des Design Researchs zu erreichen. Insgesamt ergeben sich fünf Phasen, die im Rahmen unterschiedlicher Forschungsaktivitäten iterativ durchgeführt wurden. Angelehnt an die Konsortialforschung wird dabei eine wissenschaftliche Bedeutung und Strenge bei paralleler Einbindung der Praxis angestrebt. Dies wurde durch die Einbindung von Unternehmen im Rahmen der Forschungsaktivitäten gewährleistet. Die Phasen, zugehörige Aufgaben und Resultate des vorliegenden Forschungsdesigns werden in Bild 2-6 dargestellt.

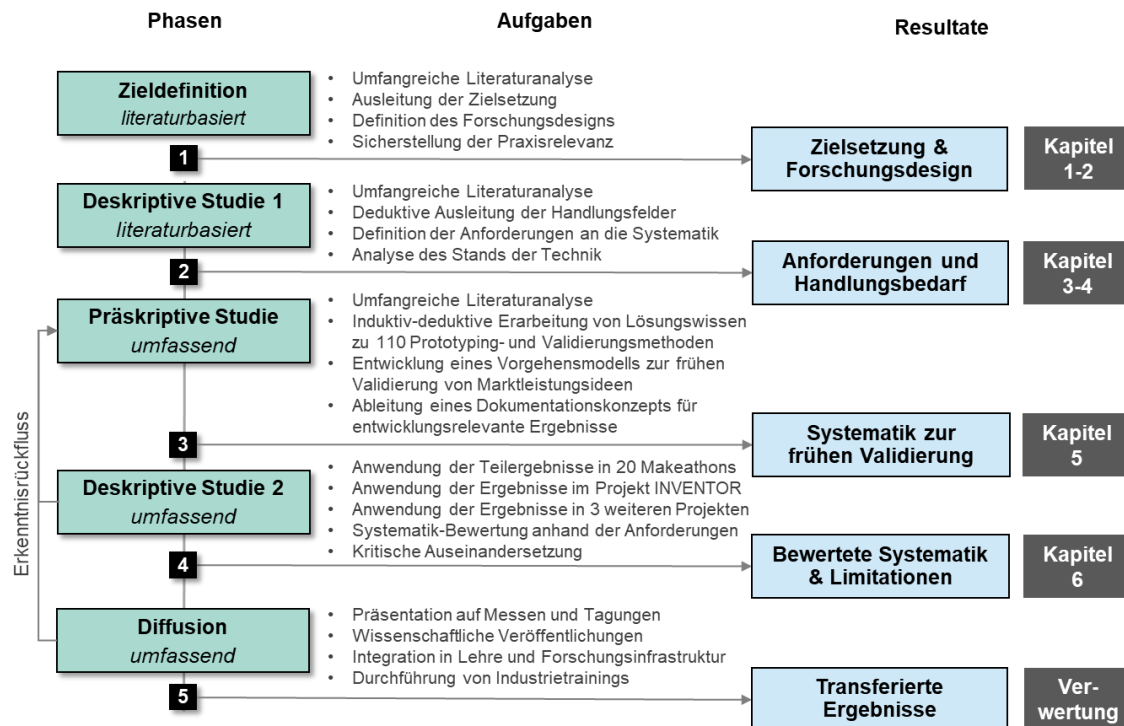


Bild 2-6: Phasen, Aufgaben und Resultate für das Forschungsdesign dieser Arbeit

Die literaturbasierte **Zieldefinition** umfasst die Ableitung des Forschungsziels und das Erarbeiten des Forschungsdesigns. Dazu wurde eine Vielzahl von Studien und Fachliteratur zur frühen Validierung und dem Design Research analysiert. Anschließend wurde die übergeordnete Zielstellung abgeleitet und das dafür notwendige Forschungsdesign erarbeitet. Die Praxisrelevanz wurde im Rahmen unterschiedlicher Industrie- und Forschungsprojekte, parallel zu den Aktivitäten, sichergestellt. Die Zielstellung wurde dabei gemeinsam kritisch hinterfragt und iterativ angepasst. Die ausformulierten Ergebnisse sind in Kapitel 1 und 2 dargelegt.

In der zweiten Phase wurde darauf aufbauend die **deskriptive Studie 1** durchgeführt, mit dem übergeordneten Ziel ein umfängliches Problemverständnis aufzubauen. Die Studie teilt sich in eine übergeordnete, literaturbasierte Problemanalyse und einer tiefgreifenden Analyse des Stands der Technik. Die Ergebnisse der Analysen sind in einem iterativen Prozess entstanden. Insgesamt wurden dazu über 206 Literaturquellen und 102 Praxisbeispiele umfangreich analysiert. In der Problemanalyse wurden die drei Handlungsfelder Lösungswissen, Vorgehensmodell und Dokumentationskonzept für die frühe Validierung von Marktleistungsideen technischer Systeme in etablierten Unternehmen deduktiv herausgearbeitet. Abschließend wurden 10 konkrete Anforderungen für die zu entwickelnde Systematik abgeleitet. Der zweite Teil der Studie umfasst die Analyse des Stands der Technik, um den konkreten Handlungsbedarf zur Entwicklung der Systematik herauszustellen. Dazu wurden repräsentative Ansätze aus den Handlungsfeldern identifiziert und anhand der Anforderungen bewertet. Die Auswahl beschränkt sich dabei auf Ansätze, die die Forschungsfrage möglichst hinreichend adressieren oder als Hilfsmittel in der Systeme-

matik genutzt werden können. Insgesamt konnte festgestellt werden, dass keines der Ansätze (oder eine einfache Kombination davon) die Anforderungen vollumfänglich adressieren. Ergebnis ist der Handlungsbedarf zur Erforschung der anvisierten Systematik. Die Praxisrelevanz von Teilergebnissen wurde durch Diskussionen in Forschungs- und Industrieprojekten sichergestellt. Die Ergebnisse sind in Kapitel 3 und 4 beschrieben.

Die Ergebnisse der umfassenden **präskriptiven Studie** beschreiben den Kern der Wertschöpfung dieser Arbeit. Auf Grundlage einer erweiterten Literaturanalyse wurde in einem induktiv-deduktiven Prozess Lösungswissen zur Unterstützung der frühen Validierung herausgearbeitet. Dazu zählen die Strukturierung und Systematisierung von 73 frühen Prototyping-Methoden und 37 frühen Validierungsmethoden. In Abschnitt 5.2.1 wird das genaue Vorgehen beschrieben. Darauf aufbauend wurde ein Vorgehensmodell zur frühen Validierung von Marktleistungsideen technischer Systeme in etablierten Unternehmen, welcher das Lösungswissen aufgreift und damit der Praxis zugänglich macht. Entsprechend der formulierten Anforderungen wurde ebenfalls ein Dokumentationskonzept deduktiv erarbeitet, welcher die effektive und transparente Kommunikation entwicklungsrelevanter Ergebnisse unterstützt. Die Erarbeitung der beschriebenen Ergebnisse wurde durch die Anwendung von Kreativitätstechniken und systematischer Literaturliteraturauswertung ermöglicht. Die Ergebnisse wurden dabei zum Teil mit der Industrie erarbeitet, evaluiert und verbessert. Insgesamt ist die Phase durch viele Iterationsdurchläufe geprägt, da der Wissensaufbau durch Praxis und Literatur schrittweise erfolgt und ein kreativer Reifeprozess notwendig ist. Die Ergebnisse werden in Kapitel 5 zusammengefasst.

Die umfassende, **zweite deskriptive Studie** beinhaltet die Anwendung der Systematik und die darauffolgende Evaluierung dieser anhand der aufgestellten Anforderungen. Teilergebnisse der Systematik, wie identifizierte Prototyping-Methoden und einzelne Phasen im Vorgehensmodell wurden in über 20 Innovationsworkshops mit der Industrie (Makeathons) angewendet. Des Weiteren wurde die gesamte Systematik im Projekt Inventor und weiteren Industrieprojekten fünf Mal angewendet. Gesammelte Erkenntnisse sind in die Entwicklung der Systematik zurückgefließen und erwirkten eine iterative Verbesserung dieser. Anschließend wurde die entwickelte und angewendete Systematik anhand der 10 Anforderungen bewertet. Es wurde festgestellt, dass der entwickelte Ansatz die Anforderungen vollumfänglich erfüllt. Im letzten Schritt wurde eine kritische Auseinandersetzung der Forschungsarbeit vorgenommen, um Limitationen dieser aufzuzeigen. Die Ergebnisse sind in Kapitel 6 dargelegt.

Den Abschluss bildet eine umfassende **Diffusion** der Forschungsergebnisse, mit dem Ziel die Ergebnisse in die Breite zu kommunizieren. Entsprechend der Konsortialforschung umfasst diese die Erreichung einer effektiven Kommunikation verallgemeinerter Ergebnisse an die breite Öffentlichkeit. Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Ergebnisse in einer Vielzahl von Veranstaltungen (z.B. Wissenschaftliche Konferenzen, Gastbeiträge, Unternehmensdialoge und Messen) präsentiert (vgl. Anhang A-2). Auch wurden Teilergebnisse durch wissenschaftliche Veröffentlichungen der Forschungsgemeinschaft zu-

gänglich gemacht. Des Weiteren wurde die Systematik in das methodische und infrastrukturelle Konzept von drei Innovationslaboren des Fraunhofer IEM und Partnern überführt. Für den effektiven Breitentransfer der Systematik ist des Weiteren ein Schulungsformat für die Industrie entstanden und bereits vier Mal durchgeführt worden. Die erarbeiteten Forschungsartefakte wurden ebenfalls in Lehrformaten von zwei Universitäten in Deutschland und Malaysia berücksichtigt. Die Ergebnisse finden sich in unterschiedlichen Transfermedien wieder, die im Laufe dieser Arbeit aufgegriffen werden. Die Erkenntnisse der Diffusion sind in einem iterativen Prozess in die rückliegenden Phasen geflossen und erwirkten damit eine Optimierung der entwickelten Systematik.

3 Problemanalyse

Ziel der Problemanalyse sind Anforderungen an eine Systematik zur frühen Validierung von Marktleistungsideen für technische Systeme in etablierten Unternehmen. In Abschnitt 3.1 werden wesentliche Begriffe definiert. Es folgt in Abschnitt 3.2 die Analyse der historischen Entwicklung technischer Marktleistungsinnovationen und des daraus resultierenden unsicheren Umfelds für etablierte Unternehmen. Anschließend wird in Abschnitt 3.3 die aktuelle Produktentstehung technischer Systeme in etablierten Unternehmen analysiert. Es wird der Bedarf zur Integration einer frühen Reduktion der Unsicherheit bezüglich der Begehrlichkeit einer Marktleistung bei Kunden durch frühe Validierung aufgezeigt. Daher erfolgt in Abschnitt 3.4 die Einführung der frühen Validierung. Es werden neue Prinzipien und Lösungswissen, vorrangig aus dem Startup-Umfeld, diskutiert. In Abschnitt 3.5 werden identifizierte Nutzenpotentiale und Herausforderungen durch drei Handlungsfelder abgebildet und in Abschnitt 3.6 in Anforderungen überführt.

3.1 Begriffsdefinitionen

Die in den nächsten Abschnitten beschriebenen Definitionen dienen einem grundlegenden Verständnis der für diese Arbeit relevanten, in der Literatur teils kontrovers diskutierten Begriffe. Die Ausführungen erheben keinen Anspruch auf eine vollständige Analyse der Literatur, sondern sollen der Zielsetzung der vorliegenden Arbeit dienen.

3.1.1 Systematik

Der Begriff Systematik wird in der Literatur in unterschiedlichen Disziplinen angewendet und im Hinblick auf die Domänen verschieden interpretiert. Die Brockhaus-Enzyklopädie beschreibt den Begriff allgemein als „*einheitliche Ordnung oder deren Darstellung, Gestaltung nach bestimmten Prinzipien*“ [Bro19-ol]. In der Biologie wird Systematik als „*Wissenschaft der Klassifizierung*“ bezeichnet und dient der Beschreibung und hierarchischen Gliederung von Organismen in ihre Taxa (natürliche Gruppen) [LL06, S.8], [Toe11, S. 443ff.]. In der Statistik werden durch Systematiken Erhebungs- und Darstellungseinheiten mit hoher Diversität zweckmäßig strukturiert [Gab18-ol].

Im Ingenieurwesen wurde der Begriff zunächst im Zusammenhang der Unterstützung von Konstruktionstätigkeiten entlang idealisierter Prozesse angewendet, um Konstrukteuren aus dem Maschinenbau Methoden und Hilfsmittel zur Unterstützung der anstehenden Tätigkeiten bereitzustellen [Bin52], [Han68, S. 5ff.], [Höh11, S. 78ff.]. Darauf aufbauend formuliert DUMITRESCU eine allgemeine, ingenieurwissenschaftliche Definition für den Begriff, der sich nicht nur auf Konstruktionstätigkeiten beschränkt, sondern die gesamte Produktentstehung technischer Systeme adressiert. Demzufolge ist eine Systematik ein universelles Rahmenwerk, das ein Vorgehensmodell sowie dedizierte Hilfsmittel zur erfolgreichen Umsetzung der Entwicklung technischer Systeme bereitstellt. Das

Vorgehensmodell strukturiert dabei den Prozess nach aufgabenspezifischen Gesichtspunkten. Hilfsmittel können z.B. Methoden, Richtlinien, Spezifikationstechniken, Prinzipien, Muster oder Werkzeuge sein [Dum10, S. 5f.].

Fazit: Ziel dieser Arbeit ist eine Systematik zur frühen Validierung von Marktleistungsideen für technische Systeme in etablierten Unternehmen. Die Arbeit richtet sich dabei nach der Definition von DUMITRESCU. Folglich bildet Sie ein Rahmenwerk, welches den Nutzer durch ein Vorgehensmodell und Hilfsmittel bei der frühen Validierung von Marktleistungsideen für technische Systeme in etablierten Unternehmen unterstützt.

3.1.2 Validierung, Verifikation und frühe Validierung

Die Begriffe *Validierung* und *Verifikation* werden in der Literatur oft diskutiert und teils synonym, integriert oder unterschiedlich betrachtet. Allgemein wird Validierung als Wichtigkeit und Gültigkeit definiert, den Wert von etwas feststellen zu können [Dud23a-ol]. Im Ingenieurwesen wurde der Begriff vor allem durch Literatur zur Unterstützung der Produktentstehung in etablierten Unternehmen und Startups geprägt.

Im Zusammenhang der Literatur für die Produktentstehung technischer Marktleistungen **in etablierten Unternehmen** existieren verschiedene Definitionen für Validierung. Die VDI 2206 definiert diese als die „*Prüfung [...], ob das Produkt für seinen Einsatzzweck geeignet ist bzw. den gewünschten Wert erzielt*“ [VDI2206]. Die DIN EN ISO 9000 beschreibt die Validierung als „*Bestätigung durch Bereitstellung eines objektiven Nachweises, dass die Anforderungen für einen beabsichtigten Gebrauch oder eine beabsichtigte Anwendung erfüllt worden sind.*“ [DIN EN ISO 9000]. ALBERS und KLINGLER beschreiben, dass in der Validierung die Marktleistung im jeweiligen Entwicklungsstand mit dem zukünftigen Einsatz in Zusammenhang gebracht wird [Kli17], [Alb10]. Es wird der Nutzen und damit die Gültigkeit des Zielsystems für die Stakeholder geprüft [Rei20, S. 74]. Die Validierung wird, neben dem Design, als eine der zwei grundsätzlichen Ausrichtungen in der Produktentstehung beschrieben [ABK+16]. Validierung stellt dabei die einzige Aktivität dar, bei der Wissen entsteht [AB11], [Alb10]. ALBERS ET AL. beschreiben die Validierung durch drei grundlegende Aktivitäten. Die Aktivität **Bewertung** zielt auf die Überprüfung von Elementen einer konkretisierten Marktleistungsidee (Objektsystem) aus Stakeholder-Sicht ab. Die Bewertung kann objektiv oder subjektiv erfolgen [Kli17]. In der zweiten Aktivität **Objektivierung** werden die Ergebnisse der Bewertung in Form von neuen oder angepassten Entwicklungszielen in das Zielsystem zurückgeführt [AMB+15]. Die dritte Aktivität, die **Verifikation** ist nach ALBERS ET AL. Teil der Validierung und beschreibt im Allgemeinen die Überprüfung, ob eine Realisierung (Objektsystem) mit der Spezifikation (Zielsystem) übereinstimmt [Kli17], [Abk+16]. Es findet der Vergleich zwischen Entwicklungsobjekt und Zielsystem statt, ohne das Zielsystem zu hinterfragen. Die VDI 2206 definiert Verifikation als Überprüfung der Übereinstimmung einer Spezifikation mit der Realisierung eines technischen Systems [VDI2206]. Die Literatur ist sich dabei nicht einig, ob die Verifikation als Teil der Validierung zu sehen ist.

Die konkrete Durchführung der drei Aktivitäten wird in der klassischen Literatur durch **Formate wie Experimente, Tests, Versuche und Simulationen beschrieben**. Die Begriffe werden dabei in unterschiedlichen Zusammenhängen verwendet. Eine allgemeine Unterscheidung und eindeutige Differenzierung sind dabei schwierig. Bei hypothesenorientierten Validierungsansätzen liegt der Fokus auf dem Begriff Experiment, im Allgemeinen wird oft von Tests gesprochen [Fre17], [Alb10]. Nach KLINGLER UND ALBERS kann die Validierung in zwei Vorgehensprinzipien unterteilt werden. Dem Push-Prinzip folgend wird Validierung als nachgelagerter Prozess in der Produktentstehung verstanden, der nach der Entwicklung durchgeführt wird. Dabei wird die Validierung in der Entwicklung nicht oder nur begrenzt vorgedacht. Das Pull-Prinzip setzt die Validierungsbedarfe in der Produktentstehung in den Fokus. Durch die vorzeitige Ermittlung der Validierungsbedarfe werden Modelle und Prototypen auf diese zugeschnitten. Dadurch integriert die Validierungsaktivität den Designprozess und wird zur zentralen und prozessbegleitenden Aktivität in der Produktentstehung [Kli17, S.20f], [ABK+16].

Im Zusammenhang der **Start-Up-Literatur** existiert ebenfalls eine Vielzahl von Definitionen für den Begriff der Validierung. Dabei liegt der Schwerpunkt oft auf Softwarebasierte Marktleistungen und einer unternehmerisch-geprägten Perspektive, die das Geschäftsmodell fokussiert. Dabei wird die Validierung als ein kontinuierlicher, iterativer Prozess gesehen, der die Entwicklung von Prototypen (von ersten Skizzen bis zu finalen Prototypen) integriert. Nach RIES ist das validierte Lernen Kernaspekt für den Aufbau eines nachhaltigen Geschäfts und dient der Überprüfung einzelner Elemente einer Marktleistungsvision. Als Hauptaktivitäten beschreibt RIES die iterativen Phasen Build (Experiment-Aufbau inkl. Prototypen), Measure (Messung von Stakeholder-Reaktionen), Learn (Interpretation der Messung und Geschäftsmodell-Anpassung) [Rie11, S. 8f]. BLAND UND OSTERWALDER bezeichnen Validierung als die Kernaktivität, um das Risiko des Scheiterns von Marktleistungsideen zu reduzieren. Dabei wird vorausgesetzt, dass eine Idee aus unsicheren Annahmen besteht, die validiert werden müssen. Durch Validierung werden Annahmen zur Begehrlichkeit, Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit einer Marktleistungsidee überprüft [BO20, S.9]. Für LEWIS ET AL. ist Validierung das Sammeln von Beweisen und Erkenntnissen in Bezug auf Geschäftsideen, die mithilfe von Experimenten und Benutzertests erarbeitet werden. [LMD19, S. 4]. Die Literatur verwendet in diesem Bereich häufig zur Herbeiführung einer Validierung den Begriff Experiment [Ech18], [Che07, S. 17], [Gra10, S. 248], [Joh10, S. 8], [BH13, S. 221], [KNP17, S. 87f.].

Frühe Validierung

Eine frühe Validierung fokussiert die Validierung von Marktleistungsideen in den frühen Phasen der Produktentstehung. Die frühen Phasen sind in der Literatur weitgehend diskutiert. Dabei werden verschiedene Terminologien, wie z.B. Produktfindung, Front End Innovation, Fuzzy Front End, Pre Development oder Upfront Activities, für die frühen Phasen verwendet [HW15, S.12 f], [Lin14, S. 71], [GDE+18]. Sie umfassen **alle Aktivitäten: vom ersten Impuls für eine neue Marktleistung bis zum Beschluss zur Umsetzung** und der damit verknüpften Freigabe notwendiger Ressourcen [HW15], [VH07, S.8].

Dazu gehören die Phasen *Ideengenerierung- und Bewertung*, *Konzepterarbeitung* und *Produktplanung* [HW15]. Für ALBERS ET AL. beginnt die frühe Phase im Rahmen der Produktgenerationsentwicklung mit der Initiierung eines Projektes. Ergebnis ist eine bewertete, technische Lösung, die wesentliche Elemente des Zielsystems abdeckt. Die dazu gehörende Produktspezifikation beinhaltet Wissen zu verwendeten Technologien und Subsystemen und wird für die Bewertung nach z.B. Produzierbarkeit, benötigter Ressourcen, ökonomischer und technischer Risiken hinzugezogen [ARB+17, S.4], [Rei20]. Angelehnt an VERWORN [Ver05, S. 32] beschreiben HOFBAUFER und WILHELM verschiedene **Charakteristika für die frühen Phasen**. Dazu gehören sowohl informelle Kommunikationen und ein geringer Dokumentationsgrad als auch komplexe Informationsprozesse, bei geringer Strukturierung und Formalisierung. Ebenfalls besteht vorhandenes Wissen hauptsächlich implizit und es existieren hohe Unsicherheiten zu Markt, Technologie, Ressourcen und strategischem Fit. Außerdem ist in den frühen Phasen eine hohe Kontextabhängigkeit durch Neuheitsgrad, Unternehmensgröße- und Alter, Organisation, Kultur und Häufigkeit von Neuentwicklungen vorhanden [HW15, S.14].

Fazit: Der VDI2206 und der DIN EN ISO 9000 folgend werden in der vorliegenden Arbeit, *Validierung* und *Verifikation* als getrennte Begriffe betrachtet. Folglich ist die Verifikation nicht Betrachtungspunkt dieser Arbeit. Validierung beschreibt im Rahmen dieser Arbeit die Überprüfung von Annahmen einer Marktleistungsidee, durch einen objektiven Nachweis, ausgelöst durch Stakeholder Wahrnehmungen. Dem Pull-Prinzip folgend wird in dieser Arbeit Validierung als kontinuierlicher und zentraler Prozess in der Produktentstehung gesehen und integriert das Design zum Zwecke der Validierung. Für die frühen Phasen bedeutet dies die Integration von Design Aktivitäten in die Produktfindung. Für die frühe Validierung ist die Ermittlung von Validierungsbedarfen, die Planung notwendiger Aktivitäten, der Aufbau, Design und Bereitstellung von Umgebung inkl. Prototypen, die Bewertung und Objektivierung von Stakeholder-Reaktionen notwendig. Die frühe Validierung endet mit der validierten Marktleistungsspezifikation.

3.1.3 Marktleistung

Der Begriff Marktleistung unterteilt sich generell in Sach- und Dienstleistung bzw. in Produkt und Service. Kombinationen dieser werden in der Literatur oft als Produkt-Service-Systeme bezeichnet [Rab19, S.12]. Die Zusammenhänge der Begriffe werden in Bild 3-1 in der Übersicht dargestellt und darauffolgend beschrieben.

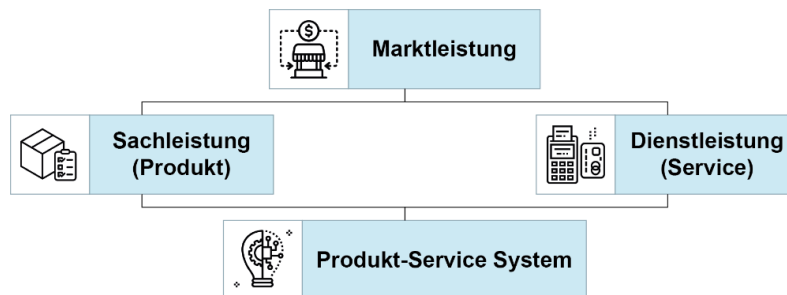


Bild 3-1: Einordnung wesentlicher Begriffe der Marktleistung nach RABE [Rab19, S.12]

Marktleistung

Eine Leistung oder Marktleistung ist das Ergebnis von Prozessen und umfasst Sach- und Dienstleistungen [SGK06, S.21], [GAD+14, S.11]. Eine genaue Abgrenzung zum Produkt-Begriff ist nicht möglich. In der betriebswirtschaftlichen Literatur werden die Begriffe *Produkt* [KK16, S. 389], [Sch98, S. 93], [MBK08, S. 398f.] bzw. *Güter* [Bar19, S. 256ff.] oft als Überbegriff für Sach- und Dienstleistung genutzt. Im Ingenieurwesen wird im Sinne eines technischen Systems *Produkt* von FELDHOUSEN und GROTE [FG13, S. 11ff.], LINDEMANN [Lin05, S. 7ff.] und in der VDI-RICHTLINIE 2221 [VDI2221] synonym zu *Sachleistung* genutzt [Roe21, S.7].

Produkt (Sachleistung)

Neben Literatur, die Produkt und Marktleistung synonym verwendet, existieren viele Beschreibungen des Begriffs *Produkt*, die dem Begriff der Sachleistung gleichzusetzen sind. Sachleistungen werden in der Literatur oft als materielle Wirtschaftsgüter (Sachgüter) beschrieben, die durch industrielle Fertigungsprozesse entstehen [SGK06, S. 22]. Dazu gehören Grundstoffe, Produktions-/Betriebsmittel und Verbrauchsgüter [SGK06, S. 21]. Produktion und Verbrauch von Sachleistungen finden dabei zu verschiedenen Zeiten statt [Sch15, S.35]. Sachleistungen müssen gelagert, transportiert und können weiterverkauft werden [BKP08, S.12]. Im Ingenieurwesen werden Sachleistungen nach EHRENSPIEL und MEERKAM als künstliche, geometrisch-stoffliche Gegenstände definiert, die einen Zweck (Funktion) erfüllen [EM13, S.27]. Bei Sachleistungen handelt es sich zudem zunehmend um mechatronische Systeme, die auf das Zusammenspiel von Mechanik, Elektronik und Informationstechnik beruhen [GDE+19, S.86], [Lin05, S.07], [Roe21, S.7].

Service (Dienstleistung)

Die Begriffe *Service* und *Dienstleistung* werden in der Literatur oft synonym verwendet [Rab19, S.13]. Im deutschsprachigen Raum bezieht sich der Begriff *Service* auf Dienstleistungen in den Bereichen Montage, Wartung und Reparatur. Im Englischen wird nur der Begriff *Service* verwendet [BS06, S.54], [Rab19, S.13]. Es existiert dabei keine allgemein-gültige Definition [Gar98, S. 9], [EKR93, S. 395ff.], [AMS10, S. 136]. Nach ROELTGEN lassen sich in der Literatur beschriebene Ansätze in vier Gruppen aufteilen [Roe21, S.7], [NHL98, S.15], [SGK06, S.23]: (1) Enumerative Definitionsansätze erfassen Dienstleistungen durch das Beschreiben von Beispielen, (2) Ansätze zur Abgrenzung

über Negativ-Formulierung beschreiben unter den Begriff Dienstleistungen alles, was nicht als Sachleistung bezeichnet wird [BS06, S.55], (3) Institutionelle Definitionen beschreiben Dienstleistungen als Resultat des tertiären Sektors einer Volkswirtschaft [Pau15, S. 27f], (4) Dienstleistungen werden auch durch charakteristische Eigenschaften definiert (konstitutive Merkmale) [SGK06, S.24], [Roe21, S.13].

LOVELOCK/GUMMESSON beschreiben das konstitutive Merkmal „*non-ownership*“. Dabei werden Dienstleistungen als Transaktionen beschrieben, indem kein Eigentumswechsel stattfindet, sondern ein Wechsel von Zugangs- und Nutzungsrechten für Sachleistungen, Arbeitskräfte, Wissen, Netzwerke und Orte stattfindet [LG04, S. 34]. Weitere konstituierende Merkmale werden im IHIP-Modell beschrieben. Dazu zählen *Immaterialität* (Dienstleistungen können nicht gesichtet oder angefasst werden), *Heterogenität* (Schwankung zwischen Ergebnis und Qualität bestimmt durch Anbieter, Kunde und Zeit), das *Uno-actu-Prinzip* (Untrennbarkeit zwischen Produktion und Konsumierung) und *Vergänglichkeit* (Dienstleistungen können nicht gelagert werden).

Produkt-Service-Systeme

Marktleistungen, die als Produkt-Service-Systeme bezeichnet werden, beschreiben eine Kombination von Sach- und Dienstleistung (bzw. Produkt und Service), die auf den Kundennutzen ausgerichtet ist [BLE+07, S. 1545], [PAS1094, S. 6], [MU12, S. 6]. In der Literatur werden Begriffe wie Leistungsbündel [EKR93, S.407ff.], hybrides Leistungsbündel [MU12, S.6] und hybrides Produkt [SRS06, S.55] teilweise synonym behandelt [KPW08, S.236ff.]. TUKKER beschreibt drei übergeordnete Gruppen von Produkt-Service-Systemen: (1) Produktorientierte Produkt-Service-Systeme sind Marktleistungen, die den Fokus auf den Verkauf einer Sachleistung mit produktbegleitenden Dienstleistungen und Beratungen legen, (2) Bei Nutzungsorientierten Produkt-Service-Systemen werden Sachleistungen durch Leasing, Sharing oder Pooling bereitgestellt. Es findet keine Eigentumsübertragung statt, (3) Ergebnisorientierte Produkt-Service-Systeme beschreiben vereinbarte Resultate zwischen Anbieter und Kunde. Dabei ist der Anbieter zur Bereitstellung der Ergebnisse verantwortlich [Tuk04, S.249], [Roe21, S.9ff.].

Fazit: Für die vorliegende Arbeit gilt die Definition, dass Marktleistung ein Oberbegriff für Sach- oder Dienstleistungen oder Kombinationen davon sind. Den Ingenieurswissenschaften folgend wird ein Produkt als Sachleistung definiert. Ebenfalls wird dem vorwiegend im englischsprachigen Raum gebrauchten, synonymen Begriffsverständnis von Service und Dienstleistung gefolgt [BS06, S. 54]. Die Kombinationen von Sach- und Dienstleistung werden als Produkt-Service-Systeme bezeichnet.

3.1.4 Idee, Invention, Innovation und Prototyp

Die Begriffe *Idee*, *Invention*, *Innovation* und *Prototyp* werden in der wissenschaftlichen Literatur wenig differenziert betrachtet [VB15, S. 20], [Ech17, S.9]. Aus diesem Grund

findet im Folgenden eine homogene Definition dieser Begrifflichkeiten statt, die in Bild 3-2 übersichtlich dargestellt sind.

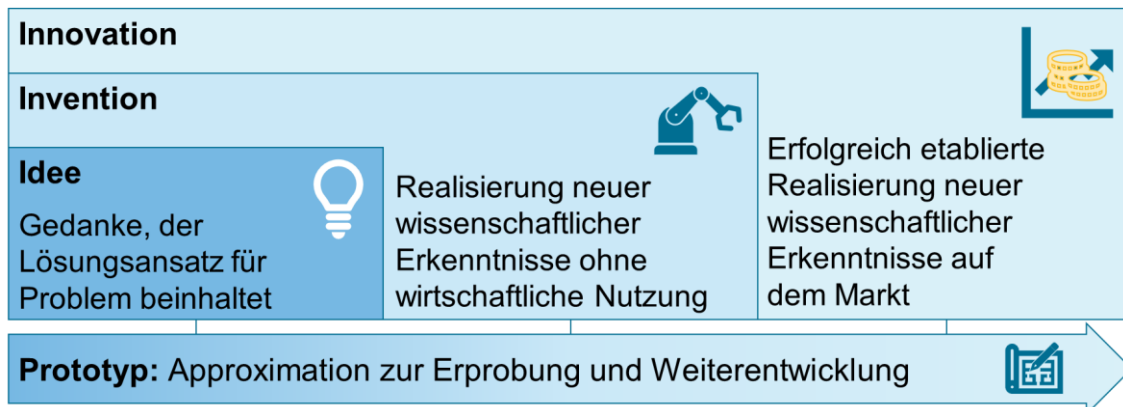


Bild 3-2: Einordnung von Idee, Invention, Innovation und Prototyp, angelehnt an [Ech18]

Der Begriff **Idee** wird im Allgemeinen als ein schöpferischer Gedanke, eine Vorstellung oder ein Begriff von etwas auf einer hohen Stufe der Abstraktion beschrieben [Dud23b-ol]. Eine Idee beschreibt einen spontanen oder durch die Unterstützung von Methoden zur Kreativitätsförderung entstandenen, strukturierten Gedanken [VB15, S.21]. Sie beinhaltet einen Ansatz zur Lösung eines Problems oder unbefriedigten Bedürfnisses [MIN01, S.71], [Ech18, S.10f]. Ein Problem beschreibt die Abweichung eines ungewollten Anfangszustandes von einem gewünschten Zielzustand, in dem der Transfer in den Zielzustand durch Barrieren gehindert wird [Dör79, S. 10], [PBF+07, S. 60], [Lin05, S. 22], [Ech19, S.14]. Eine Marktleistungsidee kennzeichnet eine Idee für eine zum Angebot stehende Marktleistung zur Lösung eines Problems oder Bedürfnisses. Marktleistungsideen liegen unterschiedlich ausgeprägt und dokumentiert vor (vgl. Abschnitt 3.3.4).

Eine **Invention** kann allgemein als Erfindung beschrieben werden [SLS11, S.21]. Sie ist nach HAb die technische Realisierung wissenschaftlicher Erkenntnisse oder neuer Kombinationen dieser [Haß83, S.6]. Eine Invention ist die anfängliche, technische Umsetzung einer vorhandenen Idee und impliziert noch keine ökonomische Nutzung [Bul94, S.35], [Dis05, S.19], [VB15, S.21], [CGM+16, S.6], [Ech14, S.10ff]. Inventionen werden als Vorstufe zu Innovationen verstanden [CGM+16, S.6].

Ist eine Invention auf dem Markt etabliert, so spricht SCHUMPETER von einer **Innovation** [Sch47, S. 149f.]. BULLINGER definiert Innovation als die erste wirtschaftliche Anwendung von Inventionen zur Erreichung von Unternehmenszielen [Haß83, S. 7], [Per87, S. 16], [Bul94, S. 35]. Die Optimierung der Wissensverwertung, mit dem Fokus auf den ökonomischen Erfolg, steht dabei im Mittelpunkt [VB15 S. 21]. Zur Unterscheidung von Innovationen existieren verschiedene Betrachtungsdimensionen: Dazu zählen der Veränderungsgrad (inkrementell bis radikal) [HW15, S.6ff.], Neuheitsgrad (subjektiv, objektiv) [GDE+19, S. 7], das Innovationsobjekt (technische, geschäftliche, organisationale, Sachleistungs-, Dienstleistungs-, Marktleistungs-, Prozess-, Sozial-, Struktur-, Geschäftsmodell-, Organisations-, Marktmäßige-, Kulturelle-, Personal-, Kundennutzen-Innovationen) [Sch12, S.2], [Dis12, S.21ff.], [VB15, S.53ff.], Unsicherheit (bzgl. Begehrlichkeit,

Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit) [BO20, S.32 ff.], der Auslöser (Market Pull, Technology Push), die Komplexität (integral, modular), Gegenstandsbereich (Kundenvorteil, Anbietervorteil), Reichweite (Größe des Markts) [HW15, S.6ff.]. Innovationen werden in Innovationsvorhaben umgesetzt. Nach THOM wird ein Innovationsvorhaben durch die drei Phasen Ideengenerierung, Ideenakzeptierung und Ideenrealisierung repräsentiert. Ein Innovationsvorhaben birgt Risiken (z.B. organisatorische, finanzielle, zeitliche etc.) und Unsicherheiten über den Markterfolg [HW15].

Zur Erprobung werden auf dem Weg von Idee zur Invention bzw. Innovation verschiedene **Prototypen** erstellt. Im allgemeinen Sprachgebrauch werden Prototypen als erste Ausführung zur Erprobung und Weiterentwicklung beschrieben [Dud23c-ol]. Prototypen sind nach BULLINGER Abbilder von Inventionen [Bul94]. ULRICH und EPPINGER beschreiben Prototypen als eine Approximation der Marktleistung [UE16, S.291]. CHUA ET AL definieren Prototypen als Approximation einer Marktleistung oder System oder seiner Komponenten in irgendeiner Form für einen bestimmten Zweck bei der Produktentstehung. Diese Definitionen integrieren Prototypen-Arten, die von simplen Konzeptskizzen, über mathematischen Modellen, Simulationen bis hin zu voll funktionsfähigen Versionen des Produkts reichen [CLL10, S.2], [UE16, S.291]. NIELSEN teilt Prototypen übergeordnet in drei Kategorien ein. 1) Horizontale Prototypen sind Prototypen mit geringer Funktionalität, aber einem großen erlebbaren Feature-Umfang, um eine Marktleistungsidee so gut wie möglich Interessierten nahe bringen zu können [EW15, S. 73]. 2) Für vertikale Prototypen werden ausgewählte Funktionen implementiert, so dass sie der endgültigen Version entsprechen. Ziel dabei ist die Validierung der technischen Machbarkeit oder die Verifizierung von Anforderungen [EW15, S. 73], [MB12, S. 126ff.]. 3) Szenarioprototypen bilden die Schnittmenge der beiden vorherigen Kategorien, wobei nur Teile der Features und Funktionen integriert sind [LL09, S. 508], [Nie90]. Nach JUERGENHAKE fallen unter Prototyp alle Vorbereitungsstufen (vereinfacht, funktionsfähig oder seriennah) zur Erprobung und (Weiter-)Entwicklung von technischen Systemen [Jue17]. Die VDI3404/3405 teilt Prototypen in Konzeptmodell, Geometrieprototyp, Funktionsprototyp, Technischer Prototyp und Produkt.

Fazit: Prototypen sind Approximationen auf dem Weg zu Inventionen oder Innovationen. In der Arbeit wird das Erzeugen von Prototypen im Sinne der Entwicklung einer Innovation adressiert. Fokus der Arbeit sind Marktleistungsinnovationen, die als Produkt, Service oder Produkt-Service-System und auf Basis technischer Systeme entstehen.

3.1.5 Technische Systeme

Fokus dieser Arbeit sind technische Systeme in etablierten Unternehmen. Der Begriff setzt sich aus den zwei Wörtern Technik und System zusammen, aus dessen Kombination sich die heutige Definition ergibt. Nach ROPOHL umfasst der Technik-Begriff die gegenständlichen Artefakte oder Sachsysteme sowie deren Entstehung und deren Verwendung in soziotechnischen Systemen [Rop09]. Die VDI-Richtlinie beschreibt Technik als die

Menge der nutzenorientierten, künstlichen Gebilde, sowie die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen Sachsysteme entstehen und verwendet werden [VDI3780]. Das Wort *System* wird in den Naturwissenschaften als „*Gesamtheit von Objekten verstanden, die sich in einem Zusammenhang befinden und durch die Wechselbeziehungen gegenüber ihrer Umgebung abzugrenzen sind*“ [Dud23d-ol]. Demnach definiert sich ein System aus der Verdichtung miteinander in Beziehungen stehender Teile [Pat82] und ist durch eine Systemgrenze von der Umgebung separiert [HWF+12], [Kai13, S.7].

Neben der Bedeutung von Technik und System, existieren auch Definitionen, die den kombinierten Begriff betrachten. Nach EHRENSPIEL sind technische Systeme künstlich erzeugte geometrisch-stoffliche Gebilde, die einen gezielten Zweck (Funktion) durch physikalische, chemische oder biologische Prozesse erfüllen [EM13]. Nach CZICHOS haben technische Systeme die Aufgabe, Energie, Stoffe (Material) und Information für Technik, Wirtschaft und Gesellschaft bereitzustellen und nutzbar zu machen [Czi07]. Das System ist ein Gebilde, das durch Funktion und Struktur verbunden ist und durch eine Systemgrenze von seiner Umgebung virtuell abgegrenzt wird. Dabei geht es um die Überführung operativer Eingangsgrößen in funktionelle Ausgangsgrößen durch die Gesamtheit der Systemelemente, ihren Eigenschaften und Wechselwirkungen [Czi07]. Technische Systeme können nach HUBKA und EDER in verschiedene Kategorien eingeteilt werden: Nach Funktion und Zweck eines technischen Objekts (z.B. für die Deformation), nach Typ des Operanten / Rechengröße (z.B. als Operant zur Energietransformation), nach dem Prozessstyp (z.B. für die Produktion), nach den Wirkprinzipien (z.B. technisches System mit mechanischen und hydraulischen Prinzipien), nach dem Zustand ihres Verhaltens, nach verschiedenen umwelttechnischen Konditionen (z.B. für die Wüste) oder nach der Verteilung der Disziplinen (z.B. mechanisches System, mechatronisches System, intelligentes technisches System, Software-intensive Systeme etc.) [HE88].

Fazit: Im Rahmen dieser Arbeit sind technische Systeme künstlich erzeugte Gebilde, die durch Funktion und Struktur verbunden sind und durch eine Systemgrenze von der Umgebung virtuell abgegrenzt werden. Dabei geht es um die Überführung operativer Eingangsgrößen in funktionelle Ausgangsgrößen (Energie, Stoffe oder Information) durch die Gesamtheit der Systemelemente, ihren Eigenschaften und Wechselwirkungen. Der Begriff deckt die Vielfalt der Möglichkeiten ab, der sich etablierte Unternehmen technologisch stellen müssen. Dieser integriert mechanische, mechatronische, intelligente technische und software-intensive Systeme.

3.1.6 Etablierte Unternehmen

Der Begriff *etablierte Unternehmen* wird in der Literatur häufig verwendet, wobei sich bestehende Definitionen durch die Deutung des Begriffs „etabliert“ unterscheiden. Etymologisch betrachtet bedeutet der Begriff *etabliert* allgemein „*einen sicheren Platz innerhalb einer bürgerlichen Ordnung, Gesellschaft innehabend, sich irgendwo festgesetzt,*

breitgemacht habend“ [Dud23e-ol]. ECHTERHOFF setzt den Fokus auf die unternehmerische Tätigkeit und beschreibt etablierte Unternehmen als Organisationen, die ein bereits **bestehendes Geschäftsmodell** besitzen und dazu neigen, die Bewahrung und Optimierung des Status-Quo beizubehalten [Ech18]. Nach GASSMANN ET AL. findet bei etablierten Unternehmen das **Denken und Handeln** hauptsächlich **in der dominanten Branchenlogik** statt [GFC13b, S.11]. Nach BECKER UND DIETZ sind Unternehmen dann etabliert, wenn sie sich bereits auf dem Markt positioniert haben. Dabei wird das Betriebsalter (mehr als drei Jahre) als Grundlage zur Abgrenzung von neugegründeten Unternehmen beschrieben [BD02]. WEBER definiert den Begriff *etablierte Unternehmen* durch die Einordnung in das Lebenszykluskonzept von Unternehmen. Dabei durchläuft jedes Unternehmen die vier Phasen *Einführung*, *Wachstum*, *Reife* und *Rückgang* [Web18], [BRW05], [Hei08]. Ein etabliertes Unternehmen ergibt sich zum Beginn der Reifephase und endet mit der Phase Rückgang. Bild 3-3 stellt dies beispielhaft dar.

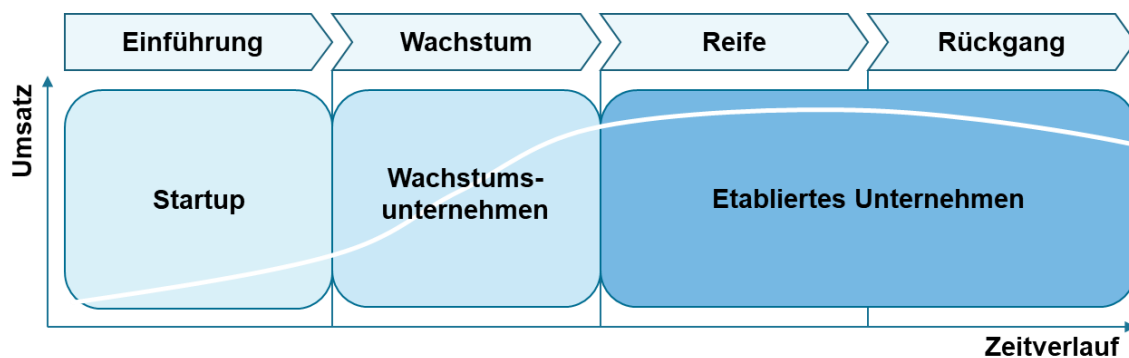


Bild 3-3: Unternehmens-Lebenszyklus nach WEBER [Web18] und HEINRICHS [Hei08]

Ein Unternehmen entwickelt sich aus organisatorischer Sicht von einem wenig reglementierten, zu einem sehr bürokratischen System (durch z.B. festgelegte Strukturen). Der Begriff *etabliert* bezieht sich dabei nicht unbedingt auf die Größe eines Unternehmens, sondern auf existierende Strukturen. Weitere Faktoren sind z.B. die Stabilisierung am Markt, etablierte Produktpaletten, Markenbekanntheit und eine stabile Entwicklung [FB11]. Beispiele sind Bertelsmann Arvato, Miele, heroal, BMW und DMG-Mori [Web18].

Fazit: Der Definition WEBERS folgend, werden im Rahmen dieser Arbeit etablierte Unternehmen durch die Einordnung in die Reife- und Rückgangsphase im Lebenszykluskonzepts charakterisiert. Diese sind durch festgelegte Strukturen, einem stabilen Markt und etablierte Produktpaletten und einer stabilen Entwicklung gekennzeichnet.

3.2 Veränderung technischer Marktleistungsinnovationen

Gegenstand dieser Arbeit sind Marktleistungsideen, die in etablierten Unternehmen zu Innovationen führen sollen und auf technische Systeme basieren. Die folgenden Abschnitte widmen sich dem geschichtlichen Wandel technischer Marktleistungsinnovationen aus einer technologischen (Abschnitt 3.2.1) und geschäftlichen Perspektive (Abschnitt 3.2.2). Ziel ist, die Vielfältigkeit und Bandbreite möglicher Ausprägungen von

Marktleistungsideen und die damit einhergehenden Aspekte in der VUCA-Welt (Abschnitt 3.2.3) zu verdeutlichen. Bild 3-4 stellt die Veränderungen im Überblick dar.

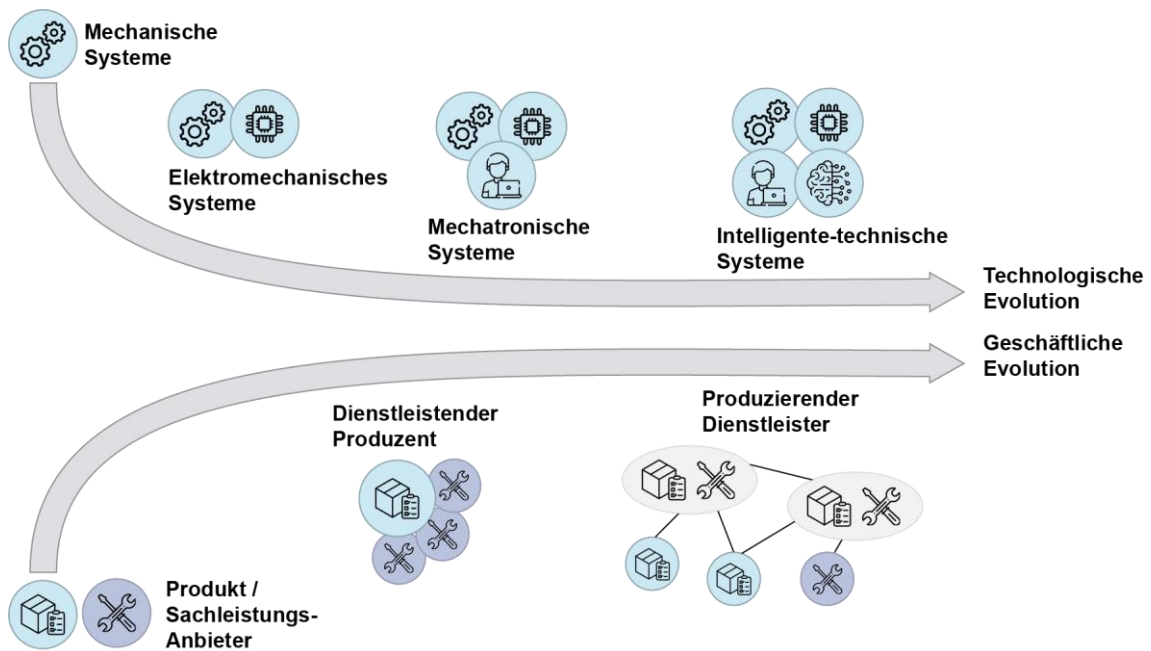


Bild 3-4 Technologische & geschäftliche Evolution von Marktleistungsinnovationen

3.2.1 Technologische Evolution

Der folgende Abschnitt zeigt die Entwicklung technischer Systeme anhand von Technologiekonzepten auf. Sie kombinieren verschiedene Technologien zu Referenzarchitekturen und geben einen Überblick über die entstandenen technologischen Möglichkeiten. Im Folgenden geschieht dies durch die Beschreibung mechanischer, mechatronischer, cyberphysischer bzw. intelligenter technischer Systeme, Datenanalyse und Smart Services.

Mechanische Marktleistungsinnovationen: Marktleistungsinnovationen etablierter Unternehmen waren technologisch sehr lange durch rein mechanische Systeme geprägt. Der Anteil mechanischer Funktionen in neuen Marktleistungsinnovationen betrug bis zu Beginn der 1970er ca. 90% [Tsc16, S.8], [SB09]. Die Wertschöpfung solcher Marktleistungen wurde hauptsächlich durch konstruktionslastige Tätigkeiten gesteuert, wobei Elektronik und Software kaum Einfluss hatten. [Tsc16, S.8f]. Ein Beispiel ist der Fischerdübel aus den 50er Jahren [BR18-ol].

Elektromechanische und Mechatronische Marktleistungsinnovationen: Die nächste Evolutionsstufe wird durch den Begriff der Mechatronik geprägt. Technische Marktleistungsinnovationen beruhen vermehrt auf dem Zusammenwirken von mechanischen und elektrotechnischen Komponenten. Durch Mikroprozessoren, die zu Beginn der 70er Jahre Einzug in mechatronische Systeme fanden, erweiterte sich das Verständnis für solche Systeme um eine informationstechnische Perspektive (Software-Technik). Das heutige

Verständnis bringt die Definition der VDI-Richtlinie zum Ausdruck. Dabei wird Mechatronik als das Zusammenwirken der Disziplinen *Maschinenbau*, *Elektrotechnik* und *Informationstechnik* bezeichnet [ERZ14], [Dum11], [Tsc16], [Kai16]. Ein mechatronisches System besteht aus einem mechanischen Grundsystem, Sensoren, Aktoren und einer Informationsverarbeitung. Des Weiteren bestehen eine Mensch-Maschine-Schnittstelle und ein Kommunikationssystem zum Austausch mit anderen Systemen [VDI2206, S. 14.ff].

Intelligente Technische / Cyber-Physische Marktleistungsinnovationen: Aufbauend auf den Fortschritten in der Informations- und Kommunikationstechnik haben sich technische Marktleistungsinnovationen zu intelligenten technischen Systemen (ITS) bzw. Cyber-Physischen Systemen (CPS) weiterentwickelt. ITS werden durch die Eigenschaften adaptiv, robust, vorausschauend und benutzerfreundlich charakterisiert [Dum11]. Der Unterschied zu mechatronischen Systemen ist die Art der Informationsverarbeitung. Mechatronische Systeme besitzen eine starre Kopplung zwischen Sensorik und Aktorik. Das Konzept ITS sieht eine flexible Informationsverarbeitung vor, welche im Betrieb und durch das System selbst modifiziert wird [Dum11, S. 27], [GTD13, S. 50]. Über die Integration kognitiver Funktionen hinaus sind ITS in der Lage, mit weiteren Systemen zu kommunizieren [GTD13, S. 50]. Die Vernetzung technischer Systeme sowie die Integration digitaler, virtueller und physikalischer Prozesse adressiert das Konzept Cyber-Physical Systems [Lee08, S. 1]. Bis auf geringe Unterschiede, die WESTERMANN in seiner Arbeit ausführt, können beide Begriffe auch synonym verwendet werden [Wes17].

Internet der Dinge und Data Analytics: Aufbauend auf durch Vernetzung entstandenen Datenmengen durch günstige Sensorik und Weiterentwicklung in der Datenanalyse sind technologisch neue Möglichkeiten entstanden, technische Systeme zu entwickeln. Das Konzept *Internet der Dinge* beschreibt eine Verlängerung des Internets in die reale Welt, wodurch jegliche Gegenstände Teil des Internets werden können [MF10, S. 107]. Die daraus entstehenden Daten können durch Data-Analytics veredelt und zu smarten, softwareintensiven, technischen Systemen aggregiert werden. Die Literatur nutzt häufig den Begriff *Smart Services*, die das Ziel haben, Handlungsunterstützung zu leisten. Diese kann durch deskriptive (Was ist passiert?), diagnostische (Warum ist es passiert?), prädiktive (Was wird passieren?) oder präskriptive (Was ist zu tun?) Informationsbereitstellung geschehen. Die höchste Stufe beschreibt die Entscheidungsautomatisierung, die es technischen Systemen ermöglicht, Entscheidungen und anschließende Handlungen automatisiert durchzuführen [Rab19, S.22f.], [SSJ+17, S.7], [KJR+18, S.163].

Fazit: Zum einen ergeben sich, durch die fortschreitende Entwicklung in der Mikroelektronik, Kommunikations- und Informationstechnik, speziell in der Datenanalyse, für etablierte Unternehmen ganz **neue Möglichkeiten für erfolgsversprechende technische Marktleistungsinnovationen** [HS09, S. 75], [Dum11]. Technische Komponenten (z.B. Sensorik) werden immer leistungsfähiger und preiswerter, wodurch Daten an günstigen Marktleistungen erhoben werden können, die wiederum in neue Mehrwerte resultieren [Rab19, S.50]. Zum anderen nimmt durch den beschriebenen Wandel **die Komplexität**

im Produkt, Unternehmen und dem Umfeld zu. Beispiele dafür sind Schnittstellenvielfalt, verkürzte Innovationszyklen, Interdisziplinarität, Spezialisierung und Zulieferintegrationen [Wil99], [LMB09, S. 3ff.], [Kue16, S.21]. Insgesamt resultiert die Evolution in neuen Wissenslücken und daraus resultierenden Unsicherheiten bei neuen Produktentstehungsprojekten, da neue technologische Pfade betreten werden [ABK+11].

3.2.2 Marktseitige Evolution

Die in Abschnitt 2.2.1 skizzierte technologische Evolution von Marktleistungsinnovationen und die damit verbundene erhöhte Bedeutung von Informations- und Kommunikationstechnologien deutet bereits an, dass viele Möglichkeiten bestehen, neuartige Marktleistungen anzubieten. In zunehmendem Maße werden ursprünglich auf die Herstellung und den Verkauf von Sachleistungen fokussierte Angebotsportfolios um (digitale) Dienstleistungen erweitert [SG16, S. 10], [Geb08, 278]. In der Folge wird das klassische Produkt- und Komponentengeschäft durch Produkt-Service-Systeme, die Sach- und Dienstleistungsanteile integrieren, abgelöst [BLB+09, S. 547]. Dieser Wechsel wird als *Servitization of Business* bezeichnet [VR88, S. 314] und spiegelt die Transformation zur Dienstleistungsgesellschaft auf Unternehmensebene wider [Cas94, S. 35], [Lay14, S. 2]. Digitalisierung und Servitization beeinflussen sich gegenseitig und wirken sich auf den in Bild 3-5 beschriebenen Transformationspfad aus [LG15a, S. 47], [MSD19, S. 1].

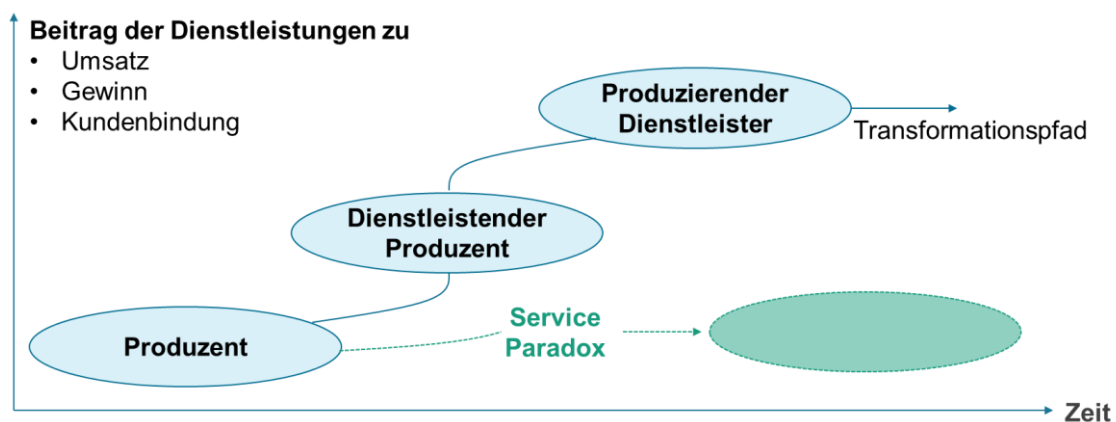


Bild 3-5: Transformationspfad zum produzierenden Dienstleister [GJS14, S.756]

Stufe 1 - Produzent: Produzenten fokussieren sich in ihrem Marktleistungsportfolio hauptsächlich auf das Sachleistungsgeschäft und ergänzen dieses punktuell durch Dienstleistungen (z.B. Wartung) [LG14, S. 262]. Ob der Kauf einer Marktleistung stattfindet, wird dabei entscheidend durch dessen Merkmale beeinflusst [GJS16, S. 755]. Digitale Systeme werden höchstens sporadisch eingesetzt, da dem Dienstleistungsgeschäft ein geringer Stellenwert zugewiesen wird [LG14, S. 262], [Roe21, S.21f].

Stufe 2 - Dienstleistender Produzent: In dieser Stufe sind Dienstleistungen ein fester Bestandteil des Kerngeschäfts. Sie leisten einen Beitrag zur Differenzierung im Wettbewerb. Die Abrechnung erfolgt separat zur Sachleistung [GJS16, S. 755]. Durch die Integration von Informations- und Kommunikationstechnologien werden Dienstleistungen

zum einen zu IT-basierten Dienstleistungen weiterentwickelt. Resultat ist eine erhöhte Effizienz und/oder Qualität des bestehenden Dienstleistungsportfolios (z.B. Erhöhung der Reichweite durch Teleservices) [LG14, S. 262]. Zum anderen wird das Marktleistungsportfolio um vollständig digitale Dienstleistungen ergänzt (z.B. Werkzeugplanerstellung durch Software). Resultat ist eine erhöhte Kundenzufriedenheit und damit eine zusätzliche Differenzierung gegenüber Wettbewerbern [LG14, S. 263].

Stufe 3 – Produzierender Dienstleister: Den Kern des Marktleistungsportfolios bilden kundenindividuelle Problemlösungen, die auch mit Wertschöpfungsprozessen des Kunden verbunden sein können und als Dienstleistungen angeboten werden [GJS16, S. 755]. Die tiefe Zusammenführung von Informations- und Kommunikationstechnologien in die eng aufeinander angepassten Sach- und Dienstleistungsanteile ermöglicht das Anbieten neuer Nutzenversprechen (z.B. Verfügbarkeits-/Kostengarantie). Digitale Systeme nehmen als eigenständige Leistungskomponenten eine Schlüsselposition im Produktportfolio und ermöglichen Flexibilität bei der Hebung von Kundenpotenzialen [LG14, S.263].

Insgesamt ergeben sich für etablierte Unternehmen, die Marktleistungen für technische Systeme anbieten wollen, eine große Vielfalt an möglichen Ausprägungen. Diese reichen von dem reinen Anbieten eines Produkts als Sachleistung, über Kategorien von Produkt-Service Systemen (produkt-/ funktionsorientiert, nutzungs-/ verfügbarkeitsorientiert, ergebnis-/bedürfnisorientiert) bis hin zu reinen Services. Die Kombination von Produkten, Services und Erlös Konzepten ermöglichen eine vielfältige Ausprägung der Marktleistung [Mon00, S. 63]. Das Spektrum wird in Bild 3-6 zusammengefasst.



Bild 3-6: Spektrum der Marktleistung nach RABE [Rab19, S.27], in Anlehnung an TUKKER [Tuk04, S.248] und GAUSEMEIER & PLASS [GP14, S.160]

Fazit: Mit der Servitisierung ist eine Transformation verbunden, die schrittweise durch die sukzessive Ergänzung des Produktportfolios mit Dienstleistungen geschieht [GFF05, S. 14], [SGG16, S. 65], [SGT+16, S. 44f.]. Auf dem Weg zum produzierenden Dienstleister stehen etablierte Unternehmen vor verschiedenen Herausforderungen [OK03, S. 161], [SD06, S. 464ff.]. Trotz hoher Investitionen in den Ausbau des Dienstleistungsgeschäfts können so erwartete Umsatzsteigerungen ausbleiben. Dieser Effekt wird in der Literatur als *Service Paradox* bezeichnet [GFF05, S. 15]. Ein Grund dafür ist die verfehlte Kundennutzenorientierung [RB06, S. 147], [Bus05, S. 3]. Die vorliegende Arbeit bettet

sich in den definierten Transformationspfad vom Produkt- zum Produkt-Service-Anbieter ein. Um das Service Paradox zu vermeiden, ist eine an den Nutzen des Kunden orientierte Marktleistungsdefinition notwendig. Diese muss sich konsequent an den Kundenbedürfnissen ausrichten, die erforderlichen Sach- und Dienstleistungskomponenten integrativ betrachten und Kunden proaktiv in den Definitionsprozess integrieren.

3.2.3 Unternehmensumfeld etablierter Unternehmen

Insgesamt resultieren vielfältige Möglichkeiten, um neue Marktleistungen für technische Systeme auszuprägen. Denkbar sind jegliche Kombinationen technologischer Wertschöpfung (mechanisch, CPS bzw. ITS, Software-Intensive Systeme, vgl. Abschnitt 3.2.1) mit den Möglichkeiten, die geschäftliche Perspektive von Marktleistungen auszuprägen (Produkt, Produkt-Service-System, Service, vgl. Abschnitt 3.2.2). So ist es beispielsweise möglich, ein Cyber-Physisches-System als Produkt, Service, oder als Produkt-Service-System mit ergebnisorientierter Abrechnung anzubieten. Durch die beschriebenen Veränderungen entstehen Wissenslücken, da z.B. neue Kunden adressiert werden, sich das Nutzerverhalten ändert oder neue Probleme durch neue Lösungen adressiert werden. Die Literatur fasst diesen Zustand durch das Konzept VUCA zusammen. Dabei müssen sich Unternehmen auf ein Umfeld einstellen, dass volatil (volatility), unsicher (uncertainty), komplex (complexity), und ambiguid (ambiguity) ist [Lud19, S. 108].

Ambiguität beschreibt ein Umfeld der Viel- bzw. Mehrdeutigkeit [Lud19, S. 108]. Kausale Zusammenhänge sind unklar [BL14]. Informationen sind nicht eindeutig interpretierbar, da eine Situation nicht nach einer Regel oder einem Verfahren aufgelöst werden kann. Strategische Entscheidungen in der Produktentstehung werden immer ambiger, da es z.B. oft mehr als eine Lösung für ein Problem gibt [Lud19, S. 108], [MAK+16, S.6f].

Volatilität definiert im Zusammenhang mit etablierten Unternehmen ein Marktumfeld, welches sich schnell, häufig und umfassend verändert. Volatilität kann als signifikante Sprünge von Werten über die Zeit und als Indikator für steigendes Tempo des Umfelds gesehen werden. Ein Beispiel sind sich schnell verändernde Preise auf einem Markt [MAK+16, S.6f]. Unternehmen sind durch volatile Märkte gezwungen, Marktleistungen durchgehend auf sich verändernde und teils unerwartete Kundenbedürfnisse anzupassen [FS05]. Dies gilt auch für Reaktionen auf gebesserte Wettbewerbsprodukte und die Veränderung von Normen, Richtlinien und Gesetzen.

Komplexität beschreibt die Charakterisierung eines Systems (z.B. Umweltkomplexität, Unternehmenskomplexität, Produktkomplexität) durch die Vielfalt, Vielzahl und Größe einerseits, andererseits durch die Dynamik bzw. Veränderbarkeit. Dies resultiert in einer Unterscheidung zwischen einfachen Systemen, dynamisch komplizierten Systemen, massiv vernetzten und komplizierten Systemen und komplexen Systemen. Beispiele für komplexe Systeme sind autonome Fahrzeuge, Unternehmensorganisationen und Regierungen. Unternehmen finden sich in komplexen Situationen, sowohl produkt-, unternehmens-, als auch marktseitig, wieder [MAK+16, S.6f], [HWF+12, S. 40f], [Kue16, S.7].

Unsicherheit beschreibt Wissenslücken im Zusammenhang mit der Existenz von bestehenden Variablen eines Unternehmens und die Beziehungen zwischen diesen. Dabei können Unsicherheiten in den verschiedensten Kontexten eines Unternehmens auftreten. Dazu gehören interne Unsicherheiten (z.B. über die Machbarkeit einer Technologie, Geschäftsmodell) und externe Unsicherheiten (z.B. Kundenwünsche und -probleme, Umwelteinflüsse). Im Kontext neuer Marktleistungsinnovationen nimmt dieser Begriff eine besondere Rolle ein, da in der Literatur Unsicherheiten der Begehrlichkeit als die häufigste Ursache für das Scheitern von neuen Marktleistungen beschrieben werden und dieses durch frühe Validierung adressiert wird (vgl. Abschnitt 3.3.2).

Fazit: Damit etablierte Unternehmen im beschriebenen VUCA-Umfeld erfolgreich neue Marktleistungsinnovationen auf den Markt bringen können, müssen technologische und geschäftliche Wissenslücken frühzeitig und kontinuierlich geschlossen werden. Nach ALBERS ist Validierung der zentrale Prozess in der Produktentstehung, um Wissenslücken zu schließen und damit existierende Unsicherheiten zu reduzieren [Alb10]. Im Folgenden müssen daher in der Praxis etablierte Ansätze für die Produktentstehung untersucht werden, um zu überprüfen, inwiefern Validierung adressiert wird und damit die Reduktion von Unsicherheiten sichergestellt werden kann.

3.3 Produktentstehung technischer Marktleistungsinnovationen

Die zu entwickelnde Systematik dient der Unterstützung bei der frühen Validierung von Marktleistungsideen. Aus diesem Grund ist eine Analyse bestehender Produktentstehungsmodelle notwendig (Abschnitt 3.3.1). Dabei wird zum einen die aktuelle Situation in etablierten Unternehmen im Hinblick auf die Reduktion von Unsicherheiten durch frühe Validierung aufgefasst und den methodischen Bedarf einer Unterstützung identifiziert. Zum anderen wird die vorliegende Arbeit im Sinne einer frühzeitigen Validierung in den Produktentstehungsprozess eingeordnet. Anschließend werden in Abschnitt 3.3.2 existierende Unsicherheiten und das resultierende Scheitern in Produktentstehungsprojekten für neue Marktleistungsinnovationen technischer Systeme analysiert. Im Hinblick auf das Potenzial Unsicherheiten frühest-möglich in der Produktentstehung zu adressieren, wird in Abschnitt 3.3.3 die Produktfindung näher betrachtet. Da sich Unsicherheiten in den Dokumentationen entwicklungsrelevanter Ergebnisse manifestieren und die vorliegende Arbeit an der Schnittstelle der Produktfindung zur Entwicklung verortet ist, wird in Abschnitt 3.3.4 die Dokumentation und Kommunikation von entwicklungsrelevanten Ergebnissen an der Schnittstelle zur Produktentwicklung näher betrachtet.

3.3.1 Modelle des Produktentstehungsprozesses

Ziel der vorliegenden Arbeit ist eine Systematik zur frühen Validierung von Marktleistungsideen für technische Systeme in etablierten Unternehmen. Die Systematik findet Anwendung im Rahmen der Entstehung neuartiger Marktleistungsinnovationen.

Vor diesem Hintergrund werden verschiedene, in der Praxis gängige und für die Wissenschaft relevante Modelle der Produktentstehung vorgestellt und im Kontext dieser Arbeit diskutiert. Für die Arbeit von besonderer Bedeutung sind dabei Ansätze, die Validierung methodisch unterstützen, die Bandbreite technologischer Möglichkeiten abdecken (vgl. Abschnitt 3.2.1), die Vielfalt in der Ausprägung der Marktleistung berücksichtigen (vgl. Abschnitt 3.2.2) und die für etablierte Unternehmen (vgl. Abschnitt 3.1.6) geeignet sind.

Insgesamt existiert eine **Vielzahl an Modellen für den Produktentstehungsprozess**, die nach WYNN und CLARKSON sowie PONN und LINDEMANN durch den Auflösungsgrad unterschieden werden können [WC18], [PL11], [Rei20, S.41]. **Modelle der Mikroebene** fokussieren sich auf einzelne Prozessschritte und dem existierenden Kontext (z.B. Problemlösung nach DAENZER & HUBER) [DH94], [WC18], [PL11], [Rei20, S. 41f.]. **Modelle der Mesoebene** beschreiben durchzugehende Aufgabenabläufe (z.B. Innovationsprozess-Modelle, Design-Thinking nach HPI) [PB21], [WC18], [PL11], [Rei20, S. 41f.]. **Modelle der Makroebene** konzentrieren sich auf die gesamte Projektstruktur (z.B. 4-Zyklen-Modell der Produktentstehung nach GAUSEMEIER) [GDE+19], [WC18], [PL11], [Rei20, S. 41f.]. REINEMANN ergänzt die drei Ebenen um **ganzheitliche Modelle** (z.B. iPeM Modell nach ALBERS). Ziel ist, alle Auflösungsgrade und Stakeholder der Produktentstehung in ein Modell zu integrieren [Alb11], [Rei20, S. 41]. Im Folgenden werden relevante Modelle vorgestellt und im Kontext dieser Arbeit diskutiert.

4 Zyklen-Modell nach GAUSEMEIER

Die Marktleistungsentstehung erstreckt sich nach GAUSEMEIER ET AL. von der Produkt- bzw. Geschäftsidee bis zum Serienanlauf [GP14, S. 25]. Es integriert die vier Aufgabebereiche Strategische Produktplanung, Produktentwicklung, Dienstleistungsentwicklung und Produktionssystementwicklung. Der Prozess ist dabei nicht als stringente Folge zu verstehen. Es handelt sich vielmehr um ein Wechselspiel von Aufgaben, die sich in vier Zyklen gliedern lassen (Bild 3-7) [GDE+19, S. 89ff.].

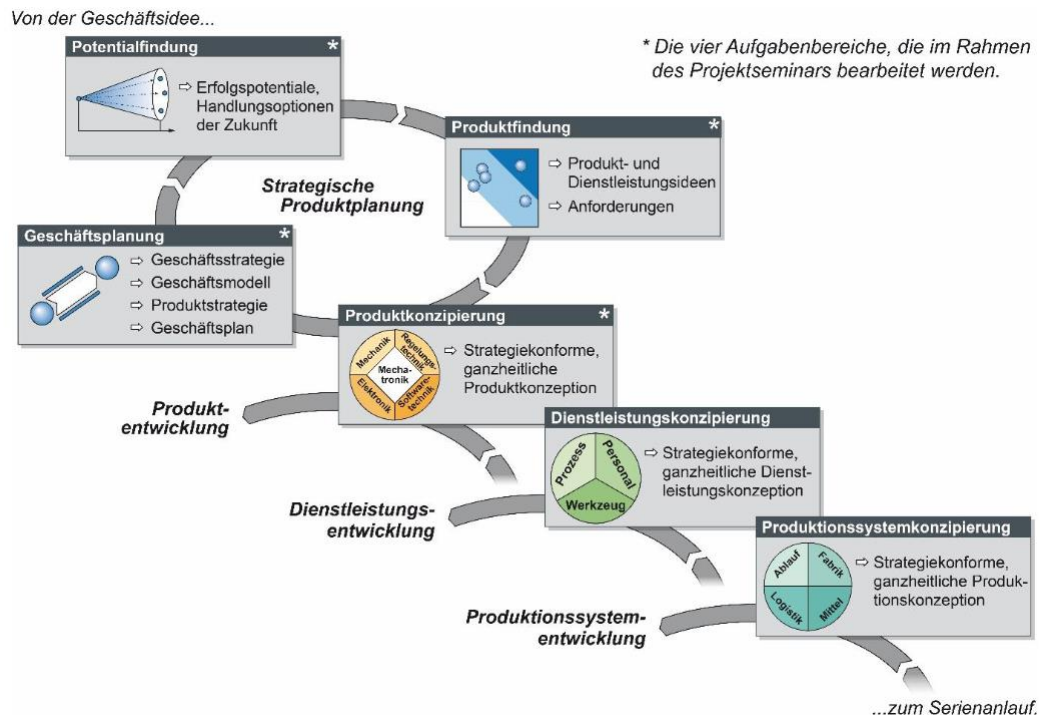


Bild 3-7: 4-Zyklen-Modell der Produktentstehung [GDE+19, S.89ff.]

Erster Zyklus - Strategische Produktplanung: Der erste Zyklus umfasst die Aufgaben Potentialfindung, Produktfindung, Geschäftsplanung und Produktkonzipierung. In der Potentialfindung werden Erfolgspotenziale der Zukunft identifiziert und Handlungsoptionen abgeleitet. Die Produktfindung beschreibt die Suche und Auswahl von Produkt- und Dienstleistungsideen. In dieser Phase werden erste Anforderungen an die zu entwickelnde Marktleistung definiert. Die Geschäftsplanung integriert die Erstellung der Geschäftsstrategie, die Entwicklung des Geschäftsmodells, sowie die Erarbeitung einer Produktstrategie und Geschäftsplan. Den Übergang zum zweiten Zyklus stellt die Produktkonzipierung dar. Sie befasst sich mit der fachübergreifenden Erstellung der Prinzipiellösung, oft in Form eines Systemmodells. Gesamtergebnis und damit auch das Bindeglied zur Entwicklung stellt der Entwicklungsauftrag dar [GAD+14, S. 11f.], [GDE+19, S. 90], [GP14, S. 25f.].

Zweiter Zyklus – Produktentwicklung: Der zweite Zyklus beschreibt die Aufgaben Produktkonzipierung, fachdisziplinspezifischer Entwurf und Ausarbeitung, und Integration. Im fachdisziplinspezifischen Entwurf und Ausarbeitung wird das vorher definierte Systemmodell in den einzelnen Domänen entwickelt. In der Entwicklung von Marktleistungen für technische Systeme sind die Domänen Mechanik, Elektronik, Regelungstechnik, Software-Technik und Data Science von Bedeutung. In der Integration werden die entwickelten Teillösungen zu einem Ergebnis zusammengeführt und Eigenschaften durch z.B. Tests verifiziert und validiert [GAD+14, S. 11f.], [GP14, S. 26], [GDE+19, S. 90].

Dritter Zyklus – Dienstleistungsentwicklung: Dieser Bereich fokussiert das Umsetzen einer Dienstleistungsidee in eine Marktleistung. Produkt- und Dienstleistungsentwicklung sind dabei eng aufeinander abgestimmt zu betrachten und bedingen sich gegenseitig.

Hauptaufgaben sind die Konzipierung der Dienstleistung, die Planung, sowie die Integration der Dienstleistung. Die Dienstleistungskonzipierung integriert die Aspekte Prozess, Personal und Werkzeug [GAD+14, S. 14], [GDE+19, S. 91f.].

Vierter Zyklus – Produktionssystementwicklung: Die Entwicklung des Produktionssystems enthält die Aufgaben Produktionssystemkonzipierung, Arbeitsplanung und Produktionssystemintegration. Das Erarbeiten der Ergebnisse läuft dabei parallel zur Produktentwicklung ab und muss eng aufeinander abgestimmt vorangetrieben werden. In der Konzipierung wird ein strategiekonformes Produktionssystemkonzept erarbeitet. Die Arbeitsplanung enthält eine Arbeitsablauf-, Arbeitsstätten-, Materialfluss- und Arbeitsmittelplanung. Die Integration und Validierung der Ergebnisse erfolgen in der Produktionssystemintegration [GAD+14, S. 12], [GDE+19, S. 92], [GP14, S. 26].

Analyse: Das 4-Zyklen-Modell sieht derzeit keine generische Beschreibung der frühen Validierung vor. Validierung wird innerhalb der einzelnen Domänen und in der Systemintegration erst später in der Produktentwicklung, bzw. Dienstleistungsentwicklung adressiert. Das Referenzmodell verdeutlicht, dass die Aufgabenbereiche der strategischen Planung und Entwicklung von Marktleistungen stark vernetzt sind und nicht unabhängig voneinander betrachtet werden können. Die Systematik adressiert primär den Zyklus der strategischen Produktplanung, im speziellen die Produktfindung. Aufbauend auf vorhandenen Ideen für Marktleistungen, sollen diese validiert und zur Entscheidung, als validierte Produktspezifikationen, vorbereitet werden. Die vorliegende Arbeit soll das Modell um diesen Aspekt ergänzen. Die Systematik adressiert auch die Produktkonzipierung, da Ergebnisse wie Funktionen entstehen. Diese gilt es in adäquater Form zu dokumentieren.

Integriertes Produktentstehungsmodell IPeM nach ALBERS ET AL.

Das integrierte IPeM beschreibt die Kombination aus einem starren und gleichzeitig offenen Modell der Produktentstehung. Es stellt verschiedene Sichten auf den Entstehungsprozess dar. Auf Grundlage der Systemtheorie beschreiben ALBERS ET AL. die Produktentstehung als eine Transformation eines anfangs vagen Zielsystems in ein konkretes Objektsystem durch ein Handlungssystem. Bild 3-8 zeigt den schematischen Aufbau entlang der drei Systeme und zugehöriger Ebenen [ARB+16. S.104ff], [Kli17, S.11ff].

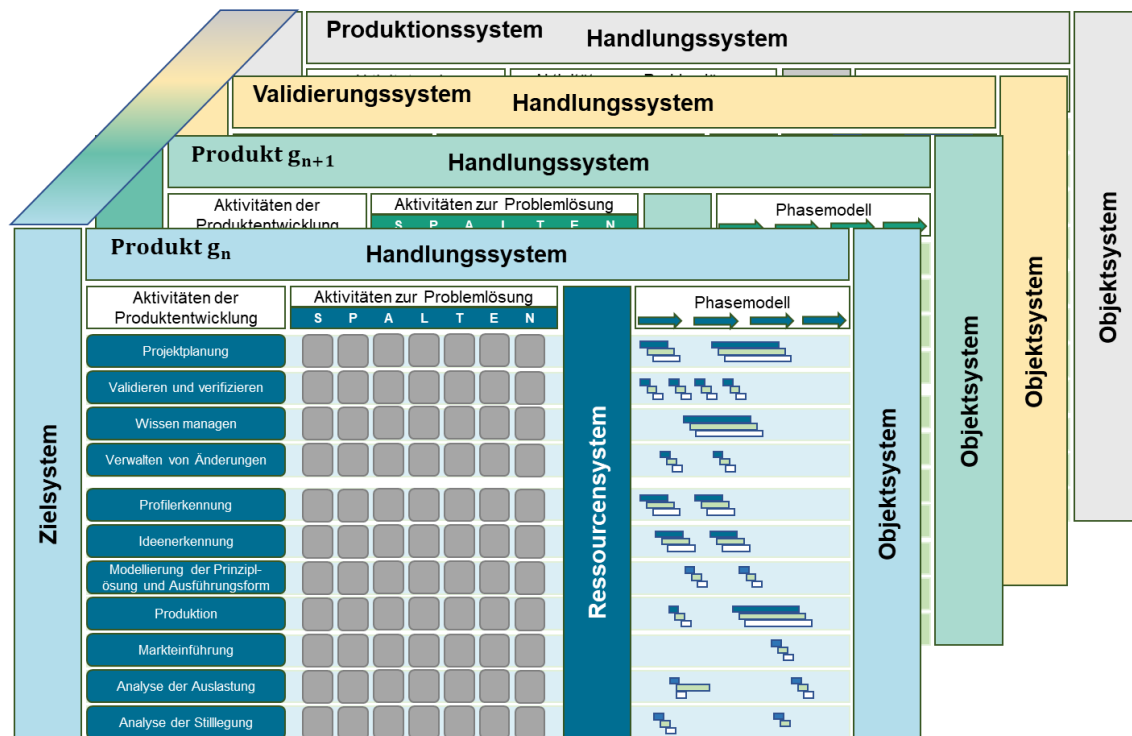


Bild 3-8 Ebenen des integrierten Produktentstehungsmodells (IPeM) [ARB+16. S.104]

Den Grundaufbau des Modells beschreiben die Elemente Zielsystem, Handlungssystem und Objektsystem. Das **Zielsystem** enthält definierte Eigenschaften und Randbedingungen einer Marktleistung und wird im Laufe der Entwicklung weiterentwickelt. Dabei wird nicht die technische Lösung beschrieben, sondern der erstrebte Zustand. Das **Objektsystem** umfasst alle Artefakte (z.B. Prototypen), die finale Marktleistung, alle anfallenden Dokumente (z.B. Entwicklungsaufträge) und weitere Ergebnisse (z.B. Produktionsanlagen). Das **Handlungssystem** enthält alle Ressourcen, Aktivitäten, Methoden und Prozesse, die zur Erstellung des Ziel- und Objektsystems notwendig sind (z.B. Entwickler, Ausstattung, Wissensbasis) [ARB+16. S.104ff] [Kli17, S.11ff]. Das Handlungssystem wird innerhalb der Layer in einen statischen und einen dynamischen Teil aufgeteilt. Der **statische Teil** beinhaltet, neben dem **Ressourcensystem**, eine **Aktivitätenmatrix**, die durch Makro-Aktivitäten der Produktentstehung und jeweilige **Mikro-Aktivitäten der Problemlösung SPALTEN** (vgl. Abschnitt 2.3.4) beschrieben wird. **Makro-Aktivitäten** beinhalten Handlungsfelder für den Entwickler (z.B. Prototypen aufbauen, Nutzung analysieren etc.) und sind nicht zwangsläufig zeitlich sequentiell. Es wird zwischen **Makro-Basis-Aktivitäten** (z.B. validieren und verifizieren) und **Makro-Kern-Aktivitäten** (z. B. Prinzip und Gestalt modellieren) unterschieden. Dabei werden Basis-Aktivitäten unterstützend zu den Kern-Aktivitäten durchgeführt. Im **dynamischen Teil** des IPeM-Modells wird ein Phasenmodell beschrieben, der die Reihenfolge der Aktivitäten in einem Zeitstrahl abbildet. Dadurch ist es Stakeholdern in der Produktentstehung möglich, den eigentlichen zeitlichen Ablauf zu planen. Es kann dabei zwischen SOLL- und IST-Werten unterschieden werden.

Neben der eigentlichen Entwicklung des Projekts beschreibt das IPeM-Modell durch weitere Ebenen, bzw. Layer, dazugehörige **Produktgenerations-, Validierungs- und Produktionssysteme**. Diese verfügen jeweils über eigene Basis- und Kernaktivitäten, die jedoch starke Wechselwirkungen zueinander vorweisen. Alle Ebenen verfügen über ein gemeinsames Ziel- und Handlungssystem [ARB+16. S.104ff], [Kli17, S.11ff].

Analyse: Das IPeM Modell lässt eine ganzheitliche und gleichzeitig flexible Beschreibung der Produktentstehung zu. Wenngleich die Validierung in den frühen Phasen nicht explizit angesprochen werden, ermöglicht das Modell eine Einbettung konkreter Aktivitäten zur frühen Validierung. Die vorliegende Arbeit lässt sich im IPeM Modell auf verschiedene Basis- und Kernaktivitäten der beiden Ebenen Produkt und Validierungssystem zuordnen. Dazu zählen die Basis-Aktivitäten **Projekte managen, validieren und verifizieren, Wissen managen und Änderungen managen**, sowie die Kern-Aktivitäten **Ideen finden, Prinzip und Gestalt modellieren und Prototyp aufbauen**. Das Lösungswissen adressiert einen spezifischen Teil des Validierungssystems und steht innerhalb des Produktlayers dem Entwickler für die Anwendung zur Verfügung.

Prozessmodelle der Produktentstehung im Innovationsmanagement

In der Literatur für Innovationsmanagement existieren eine Vielzahl an Prozessmodellen, die die erforderlichen Schritte zur gezielten Erarbeitung von Marktleistungsinnovationen beschreiben. Dabei wird der Prozess in idealtypische Phasen und Aufgaben gegliedert. Ein Großteil lässt sich, wie in Bild 3-9 ersichtlich, auf die drei Phasen Ideengenerierung und -auswahl, Konzipierung und Entwicklung und Markteinführung und -auswahl, zurückführen.

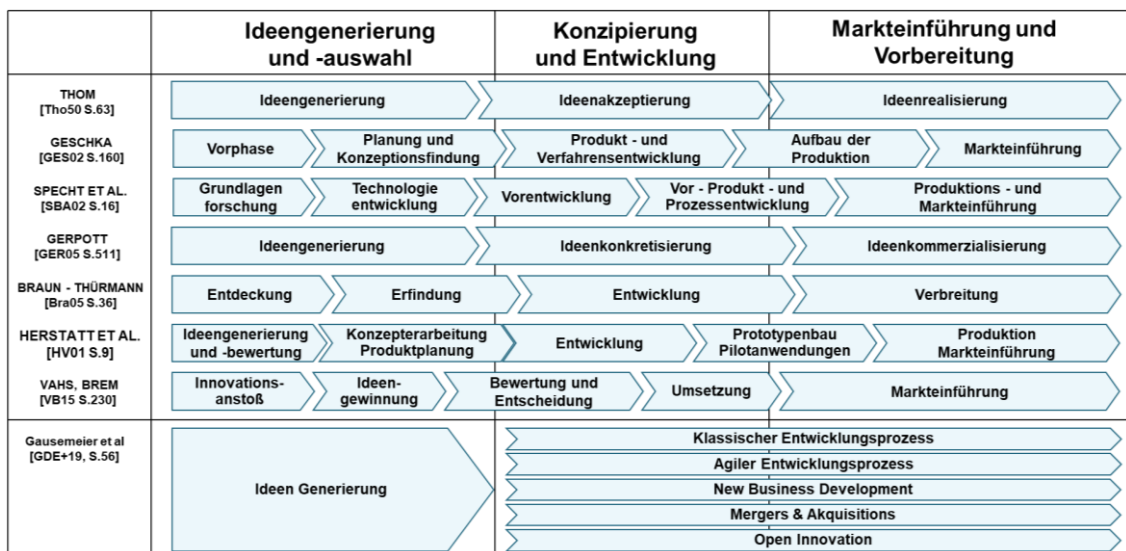


Bild 3-9 Auswahl gängiger Prozessmodelle in Anlehnung an [GDE+19, S.55]

Die meisten Ansätze beziehen sich auf Sachleistungsinnovationen. Aufgrund der Potenziale für Interdisziplinarität schlagen GAUEMEIER ET AL. die Aufteilung in ein flexibleres Modell vor, welcher den Grundgedanken des Trichtermodells nach WHEELWRIGHT und CLARK folgt. Dabei wird der Innovationsprozess in „Front End“ und „Back End“ aufgeteilt. Je nachdem, welcher Ideentyp im Front End generiert und ausgewählt wird, erfolgt

die Konzipierung, Entwicklung und Markteinführung in einem der fünf Exekutionskanäle. Dazu gehören der klassische und der agile Entwicklungsprozess, New Business Development, Mergers & Akquisitions und Open Innovation [GDE+19, S.56].

Analyse: Validierung wird innerhalb der Modelle erst zur Markteinführung adressiert. Die frühe Validierung ist nicht vorgesehen. Bis auf GAUSEMEIER ET AL., fokussieren die meisten Ansätze die Entstehung von Sachleistungsinnovationen. Daher sind sie zur methodischen Unterstützung zur Entstehung von innovativen Marktleistungen, die aus Dienst- und Sachleistungsanteilen bestehen (vgl. Abschnitt 3.2.2), nicht ohne weiteres anwendbar. Die Aufteilung, die GAUSEMEIER ET AL. vornehmen, integriert die verschiedenen Ausprägungen für Marktleistungen und charakterisieren die frühen Phasen dediziert als Front End, indem verschiedene Ideentypen wie Sachleistung, Dienstleistung oder Produkt-Service-Systeme entstehen. Die Systematik soll das Front End um Aktivitäten und Lösungswissen erweitern, die für eine frühe Validierung notwendig sind.

Agile Produktentstehungsmodelle

Stellvertretend für die agile Marktleistungsentstehung steht bei Design-Thinking der Mensch und seine Bedürfnisse im Zentrum jeder Entwicklung. Der Prozess erstreckt sich dabei von der Analyse der Zielgruppe bis zur Markteinführung. Das Modell wird in einen Mikro- und Makroprozess aufgeteilt [BUA16] (Bild 3-10).

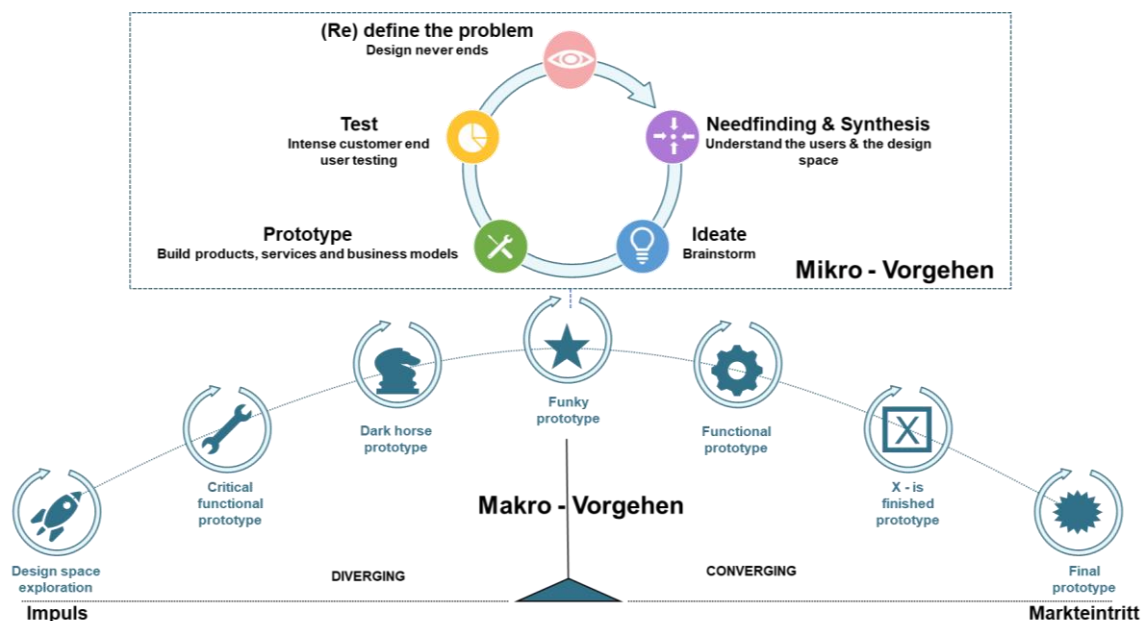


Bild 3-10 Mikro- und Makro-Prozess im Design Thinking [BUA16]

Der Makroprozess gliedert sich in sieben Schritte, die das iterative Testen von Prototypen fokussieren. Zunächst gilt es in **Design Space Exploration** den Auftrag des Projekts zu definieren. Im zweiten Schritt **Critical Function Prototype** werden effiziente Prototypen gebaut und getestet, welche zentrale Funktionen der Lösung beinhalten. In der dritten Phase **Dark Horse Prototype** gilt es, aufbauend auf den erhaltenen Erkenntnissen, radikal neue Lösungen zu denken. In der nächsten Phase werden die Erkenntnisse in einem

Funky Prototype konsolidiert und getestet. Der nächste Schritt fokussiert das Erarbeiten und Testen eines **Functional Prototype**, um die finale Entscheidung zu notwendigen Funktionen treffen zu können. Der **X-is-finished-Prototype** wird im nächsten Schritt zur Finalisierung der Schlüsselfunktion entwickelt. Zuletzt wird der **Final Prototype** erarbeitet, der alle Features enthält, die für einen Feldtest notwendig sind [BUA16].

Die sieben beschriebenen Schritte durchlaufen jeweils auf Mikro-Ebene sechs iterativ zueinander-stehende Phasen. In der ersten Phase **Verstehen** wird die eigentliche Aufgabenstellung für die jeweilige Phase im Makro-Prozess definiert und analysiert. Anschließend werden in der Phase **Recherchieren** Informationen zum Problemraum aufgenommen und Situationen zur Problemstellung erlebt. In der **Synthese** werden darauf hin entscheidende Schwerpunkte extrahiert und festgelegt. In der nachfolgenden **Ideenfindung** werden Ideen zur Lösung des Problems gesammelt und darauf in der Phase **Prototyping** erlebbar gemacht. Die Art des Prototyps ist dabei über die Position im Makroprozess festgelegt. Die letzte Phase ist das „**Testen**“, in der Ergebnisse validiert werden [BUA16].

Neben Design-Thinking existieren Ansätze, wie Lean-Startup nach RIES, TAF-Agile Model HOFSTETTLER ET AL. und Fast-Feedback-Cycle nach BONTE UND FLETCHER, die eine agile Produktentstehung adressieren (vgl. Abschnitt 4.2) [Rie11], [Böh19], [BF14].

Analyse: Agile Ansätze der wie das Design Thinking adressieren den Umgang mit Komplexität und Unsicherheit, indem sie eine kontinuierliche Validierung integrieren. Auf Mikro-Ebene wird die Validierung durch das Testing adressiert. Insgesamt werden bestehende Strukturen in etablierten Unternehmen ignoriert (z.B. Schnittstellen zwischen Front-End und Back-End zur Entwicklung von Prototypen). Auch wird von reinen „grüne“ Wiese Projekten ausgegangen und nicht auf bestehendes Wissen aufgebaut. Der Fokus liegt oft auf Software. Auch existieren Randbedingungen der Mechatronik, die den Einsatz von agilen Methoden erschweren. ALBERS ET AL. und REINEMANN betonen Schwierigkeiten bei der Anwendung agiler Ansätze in der Mechatronik [AHW+18], [Rei21]. Es besteht das Potenzial, das existierende Lösungswissen zur Validierung für die Anwendung in etablierten Unternehmen und technische Systeme zu adaptieren.

Gesamtfazit

Aus der Analyse geht hervor, dass die frühe Validierung in etablierten Modellen wie dem 4-Zyklen-Modell nicht adressiert wird. Die generelle Trennung zwischen Front End und Back End werden für diese Arbeit zu Grunde gelegt, da sie die beschriebene Evolution in Abschnitt 3.2.1 adressieren und die aktuelle Praxis widerspiegeln. Agile Entwicklungsmethoden, die ein durchgängiges Validierungsvorgehen implizieren, ignorieren diese Aufteilung und sind daher in der Praxis nicht ohne Weiteres für etablierte Unternehmen umzusetzen. Insgesamt besteht nach ALBERS und FREUDENMANN bei der heutigen Entstehung von neuen Marktleistungsinnovationen, gerade bei der zentralen Aktivität der Validierung, ein großes Verbesserungspotential. So fehlen gemeinsame Sprachen für die domänenübergreifenden Entwicklungsteams, Methoden und Vorgehensweisen, welche

projektübergreifend angewandt werden können. Ebenfalls fehlt es an Werkzeugen, die Entwickler und Management bei der Validierung unterstützen [Kli16, S.102], [Alb10].

3.3.2 Unsicherheit und Scheitern in der Produktentstehung

Für einen Aluminium-Systemhersteller entstand durch die Digitalisierung induzierte Smartifizierung von Gebäuden die Notwendigkeit, neuartige Marktleistungen auf den Markt zu bringen. Um den Geschäftserfolg zu sichern, wollte das Unternehmen exakt auf die Kundenbedürfnisse zugeschnittene, intelligente technische Marktleistungsinnovationen entwickeln. Aufgrund der Neuartigkeit und der bisher nicht aufgearbeiteten Begehrlichkeiten zukünftiger Kunden, war das Vorhaben mit Unsicherheiten behaftet.

Das Beispiel zeigt: Die zunehmende Komplexität in der Entwicklung technischer Systeme, führt zu einer Zunahme der Unsicherheit in Form von Definitions- und Wissenslücken in den zugehörigen Produktentstehungsprojekten [ZH+21, S.3] (vgl. VUCA Abschnitt 3.2.3). Besonders mit dem in Abschnitt 3.2.1 beschriebenen Wandel zu intelligenten technischen Systemen, nehmen Unsicherheiten in Form von Wissenslücken zu [Kue16, S.9]. Wissen beschreibt dabei die Gesamtheit der Kenntnisse und Fähigkeiten, die zur Lösung von Problemen eingesetzt werden [Nor11, S.37]. Wissen als subjektives Konstrukt ist dabei immer an einen Wissensträger gebunden und hat wesentlichen Einfluss auf den Unternehmenserfolg [AB11], [Meb08]. Es kann implizit und explizit vorhanden sein. Implizites Wissen lässt sich dabei nicht weitergeben, ohne es vorher externalisiert zu haben [AB11], [SR08]. Unsicherheit wird als die Differenz zwischen dem benötigten und vorhandenen Wissen zur Lösung eines Problems definiert (knowledge gap) oder als noch ausstehende Entscheidungen oder Spezifikationen (definition gap) [Gal73], [MH04]. Es existieren verschiedene Klassifikationen zu Unsicherheiten. EARL ET AL. unterscheiden zwischen bekannten und unbekannten Unsicherheiten, wobei die unbekannten nahezu unvorhersehbar sind, da der Fakt, dass eine Unsicherheit existiert, nicht bekannt ist [EJE05]. Im Kontext der Produktentstehung wird zwischen internen und externen Unsicherheiten unterschieden (Bild 3-11) [CWC09, S.3], [WEC07, S. 4].

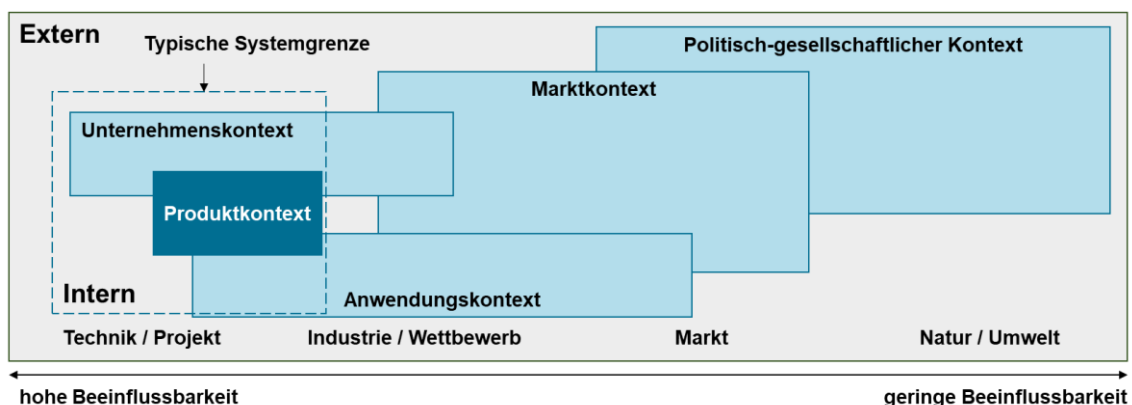


Bild 3-11 Unsicherheiten in der Produktentstehung [CWC09, S. 3], [WEC07, S. 4]

Interne Unsicherheiten sind gut beeinflussbar und entstehen aus unterschiedlichen Kontexten. Im Produktkontext resultieren Unsicherheiten aus dem Neuheitsgrad eines Projekts. Beispiele sind Unsicherheiten in der Produktbeschreibung oder technologische Unsicherheiten zur Lösung [EJE05], [WEC07, S.4f]. Im Unternehmenskontext ergeben sich Unsicherheiten durch Fehlplanungen in der Produktstrategie, späte Anforderungsänderungen und unklar definierte Projektziele [WEC07, S.4f]. Weiterer Einflussfaktor auf die Produktentstehung sind **externe Unsicherheiten**. Im Anwendungskontext ist dies z.B. das Interesse oder die Art und Weise der Nutzung eines Produkts. Im Marktkontext ergeben sich Unsicherheiten aus z.B. Veränderungen des Kundenverhalten oder neuen Marktentwicklungen (marktliche Unsicherheit) [RM07], [WEC07, S.4f]. Mit einer sehr geringen Beeinflussbarkeit existieren Unsicherheiten im politischen und gesellschaftlichen Raum (z.B. neue Gesetze oder Normen).

Eine weitere Unterscheidung wird in der Startup-Literatur durch die drei Linsen der Innovationen gemacht. Dabei wird zwischen Unsicherheiten in Bezug auf die Begehrlichkeit einer Idee (Anwendungs-, Kundenperspektive), geschäftliche Lebensfähigkeit (Unternehmens- und Marktperspektive) und Machbarkeit (Produkt-, technische Ebene) unterschieden [Rie11], [BO19], [KK13, S. 25ff.] (vgl. Abschnitt 3.4.2).

Die Literatur ist sich einig, dass ein hoher Grad an Unsicherheit in der Entstehung neuer, komplexer technischer Systeme existiert, im Besonderen in den frühen Phasen [Rei20, S.70], [AR+19], [Bur16], [Ebe15], [Sch16], [VH07], [AME10]. VERWORN und HERSTATT betonen die Bedeutung einer frühen Reduktion von Unsicherheit im Produktentwicklungsprozess für den Projekterfolg [VH07], [Rei20]. Aufgrund mangelnder objektiver Informationen muss oft auf subjektive Bewertungen und Annahmen gebaut werden. Diese können sich in der späteren Entwicklung als falsch erweisen, sodass es zu häufigen und späten Änderungen kommen kann [Rei20, S.69], [JJD13], bis hin zum Scheitern [Böh19], [GRS+15]. Laut einer Bain Studie aus 2016 scheitern 70-90% aller neuen Marktleistungen in Deutschland [Bai16-ol]. Erfolgreiche, vermeidbare Innovationen haben die dt. Wirtschaft 2018 mind. 20-60 Mrd. € gekostet [Wym19-ol]. Eine weitere Studie der Harvard Business School von 2019, die über 30.000 Produkt-Launches analysierte, ergab, dass 95% aller neuen Produkt- und Service-Launches scheiterten [Har19-ol].

Die Literatur ist sich einig, dass der **häufigste Grund für das Scheitern von Marktleistungen die fehlende Begehrlichkeit einer Marktleistungsidee** beim Kunden ist [OW18], [Sch17], [Ink16], [Sta17], [Fre14]. Eine Untersuchung von 101 Startups ergab, dass der fehlende Bedarf am Markt mit 42% Anteil der häufigste Grund für das Scheitern einer Marktleistung war [CBI19-ol]. Einer weiteren Studie von 2001 zufolge, in der über 2.000 Entstehungsprozesse analysiert wurden, sind Marktleistungsinnovationen nur dann erfolgreich, wenn sie die Bedürfnisse von Kunden besser als Konkurrenzprodukte befriedigen oder sie in einem besseren Kosten-Nutzen-Verhältnis stehen [Fre14], [Coo01].

NEUFVILLE ET AL. beschreiben **zwei Strategien** im Umgang mit Unsicherheiten und damit dem Vorbeugen des Scheiterns: Die Unsicherheiten verringern oder das System vor

Unsicherheit schützen [NW+04]. Ziel beim **Verringern** ist es, problemrelevantes Wissen zu erzeugen, um existierende Lücken zu schließen [Ebe15], [VH07]. Dabei ist die frühe Reduktion von Unsicherheit im Produktentstehungsprozess besonders relevant für den Erfolg. Ein anderer Ansatz ist das **Schützen** gegen die Auswirkungen von Unsicherheiten auf eine Marktleistung durch die Erhöhung der Robustheit oder Flexibilität des Systems [VH07]. Die frühe Reduktion von Unsicherheit in der Produktentwicklung wird durch flexible Prozesse unterstützt, die **iterative Validierungsaktivitäten** integriert und damit Unsicherheiten kontinuierlich reduziert und gleichzeitig die Weiterentwicklung der Idee und Prototypen fördert [LL08], [ARB+14], [ARS18], [Rei20, S.71]. ALBERS sieht dabei die Validierung als zentrale Aktivität für das Schließen von Wissenslücken im gesamten Entstehungsprozess und damit die Reduktion von vorhandenen Unsicherheiten.

Fazit: Etablierte Unternehmen, die zunehmend neue technische Marktleistungen entwickeln, haben die größten Herausforderungen in Bezug auf Unsicherheiten der Begehrlichkeit bei Kunden. Ebenfalls wird deutlich, dass das frühzeitige Minimieren der Unsicherheit im Produktentstehungsprozess wichtig für den Erfolg von neuen Marktleistungsinnovationen ist. Dementsprechend liegt der Fokus der Arbeit in dem frühen Aufarbeiten von Wissenslücken hinsichtlich der Begehrlichkeit von neuen technischen Marktleistungsideen in etablierten Unternehmen und damit der zweiten Strategie folgend: Risiken zu minimieren. Frühe Validierung ist nach REINEMANN ein erfolgsversprechender und zentraler Ansatz, um Wissenslücken zu schließen und so marktliche Risiken zu reduzieren [Rei20]. Die Erarbeitung von Marktleistungsideen wird in der Produktfindung adressiert. Aus diesem Grund gilt es in den folgenden Abschnitten, diese näher zu betrachten und zu analysieren, wo frühe Validierung genau verortet werden kann.

3.3.3 Frühe Phasen in der Produktentstehung (Produktfindung)

Der Definition in Abschnitt 3.1.2 für die frühen Phasen folgend, wird in diesem Abschnitt die Produktfindung beschrieben und im Kontext dieser Arbeit diskutiert. Zur Strukturierung dieser wird, angelehnt an die VDI-Richtlinie, im Folgenden der Produktfindungsprozess vorgestellt (Bild 3-12).

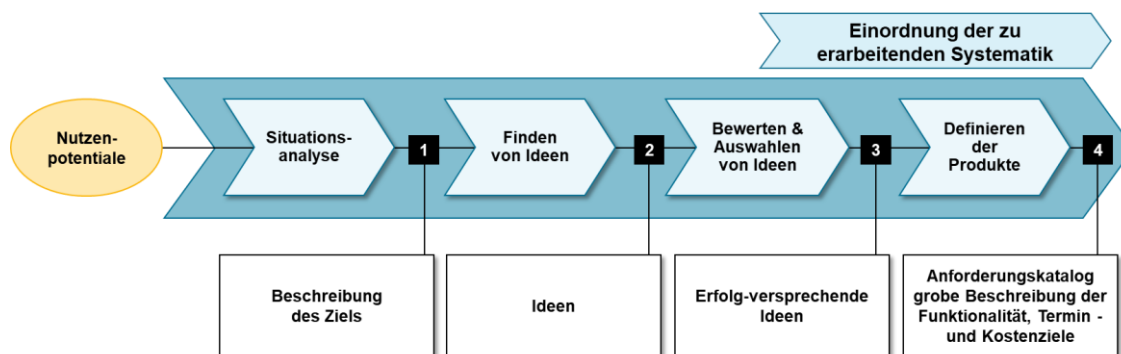


Bild 3-12 Vorgehen der Produktfindung nach [Alb19], angelehnt an [VDI2220, S.3]

Situationsanalyse: Ziel der ersten Phase ist die Identifikation von Problemen und die Herstellung eines Problemverständnisses. Ausgangspunkt dafür sind identifizierte Nutzenpotenziale aus Markt, Umwelt und Unternehmen. Es werden Suchfelder abgeleitet und anschließend eingehend analysiert. Dazu gehört die Analyse spezifischer Märkte, Kunden, Produkte und Technologien [GEK01, S. 117], [Lin17, S. 747f.], [VDI2220, S.3].

Finden von Ideen: In dieser Phase werden viele Ideen zur Adressierung der vorher definierten Probleme gefunden [VDI2220], [GEK01, S. 117]. Dabei kann auf unternehmensinterne Quellen, wie bestehende Lösungen für naheliegende Probleme, oder unternehmensexterne Quellen, wie Wettbewerbsprodukte, zurückgegriffen werden. Zur Unterstützung existieren eine Vielzahl an Kreativitätstechniken, die die intuitive-kreative und systematisch-analytische Ideenfindung unterstützen [GDE+19], [Alb19, S.36f].

Bewerten und Auswählen von Ideen: In der dritten Phase werden erfolgsversprechende Ideen zur anschließenden Produktdefinition ausgewählt [GEK01, S. 119]. Zur Herbeiführung einer Entscheidung können Ideen durch unterschiedliche Kriterien bewertet werden. Dazu gehören beispielsweise der Kundennutzen, Anbieternutzen, die Kosten und Strategie-Konformität. Nach erfolgter Bewertung wird die Entscheidung zur weiteren Konkretisierung getroffen [VDI2220], [GEK01, S. 119], [Alb19, S.36f].

Definieren der Produkte: Ziel der letzten Phase ist eine grobe Beschreibung der Produktidee, Anforderungen, Funktionalität, Termin- und Kostenziele. In der Literatur werden auch Begriffe wie Produktspezifikation [Rei20], Zielsystem [Alb11], Entwicklungsauftrag [Ech16] oder Anforderungskatalog [Alb19, S.36f] verwendet. Nach erfolgter Definition der Spezifikationen erfolgt die Übergabe an die Produktkonzipierung [GEK01, S. 119], [FG13], [VDI2220], [Alb19, S.36f].

Fazit: Der beschriebene Prozess kann stellvertretend für die etablierte Praxis stehen und zeigt, dass frühe Validierung in formalen Beschreibungsmodellen nicht adressiert wird. Die Systematik soll die Produktfindung um den Aspekt der kundenintegrierten Validierung, wie sie in Startups bereits Praxis sind, erweitern, um frühzeitig Markt-Risiken zu minimieren. Aufbauend auf vorhandenen Ideen sollen diese validierungsgerecht bewertet, ausgewählt, konkretisiert und mit entsprechenden Kunden validiert werden, sodass eine Entscheidungsgrundlage zur konkreten Weiterentwicklung, entsprechend der in Abschnitt 3.3.1 vorgestellten Entwicklungsmöglichkeiten vorliegt. Wesentliches Ergebnis der Produktfindung ist eine spezifizierte Dokumentation des zu entwickelnden Systems. Die Dokumentation sollte den Anspruch erheben, verständlich und transparent für die nachfolgenden, teils sehr unterschiedlichen Organisationseinheiten beschrieben zu sein. Da Unsicherheiten im Wesentlichen in den Dokumentationen manifestiert sind und die Produktfindung an der Schnittstelle zu den unterschiedlichen Organisationseinheiten (vgl. Abschnitt 3.3.1) agiert, gilt es insbesondere detaillierter auf vorhandene Dokumentationskonzepte entwicklungsrelevanter Ergebnisse einzugehen.

3.3.4 Dokumentation von frühen Ergebnissen

Wie in Abschnitt 3.3.3 beschrieben, sind wesentliche Ergebnisse der Produktfindung die grobe Beschreibung der Idee, Anforderungen, Funktionalitäten und Termin- und Kostenziele zu einer Marktleistungsidee. Die identifizierten Unsicherheiten werden in der Dokumentation manifestiert und entsprechend weiter kommuniziert. Um Wissenslücken systematisch zu schließen, müssen entsprechende Dokumentationen, die diese implizieren näher betrachtet werden. Zur Reduktion von Unsicherheiten der Begehrlichkeit werden im Rahmen dieser Arbeit Dokumentationskonzepte berücksichtigt, die die grobe Idee, Anforderungen und Funktionalitäten adressieren (vgl. Abschnitt 3.3.2). Es existiert eine Vielzahl an Ansätzen, die für die Dokumentation in Frage kommen. Beispielhafte Konzepte werden in Bild 3-13 abgebildet und anschließend diskutiert.

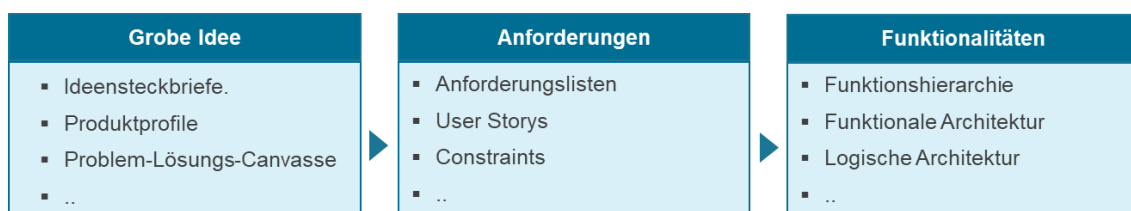


Bild 3-13 Beispielhafte Dokumentationskonzepte in der Produktfindung

Dokumentationskonzepte zur Erfassung der **groben Idee** haben als Ziel, ein gleiches Verständnis für die Marktleistung sicherzustellen und diese strukturiert zu erfassen. GAUSEMEIER ET AL. beschreiben dafür Ideensteckbriefe [GDE+18, S.210ff.]. Im Rahmen der Produkt-Generationsentwicklung nennt ALBERS die Bezeichnung Produktprofil [AHW+18]. Andere Autoren wie OSTERWALDER und KOLDEWEY entwickeln Canvasse, die den Problem-Lösungs-Fit adressieren [Kol21, S.151 ff.], [OPB+14, S.8 ff.].

Des Weiteren können Ergebnisse in den frühen Phasen in Form von Anforderungen dokumentiert sein. Der Begriff **Anforderung** wird z.T. unterschiedlich interpretiert [FGN+13, S. 322], [Nag11]. Diese Arbeit orientiert sich am Verständnis von PAHL/BEITZ: Anforderungen sind Eigenschaften, die eine gewünschte Marktleistung bestimmen und/oder Vorgaben, deren Erreichung den Entwicklungsprozess steuern [FGN+13, S. 322], [Kic95]. Es existieren verschiedene Anforderungstypen: Markt-, Produkt- und Komponentenanforderungen. Marktanforderungen beschreiben den Nutzen und die Erfahrungen mit einer Marktleistung und sind häufig in Kundensprache formuliert [Ebe12, S. 23ff.]. Produkthanforderungen beschreiben, wie Marktanforderungen und Kundenbedürfnisse in eine Marktleistung überführt werden [Ebe12, S. 28f.]. Komponentenanforderungen verfeinern Produkthanforderungen [Ebe12, S. 28f.]. **Marktanforderungen stehen im Fokus dieser Arbeit**, da sie die Kundenperspektive beinhalten, in den frühen Phasen entstehen und validiert werden sollen [Ebe12, S. 27]. Um Anforderungen zu dokumentieren, existieren in der Literatur Dokumentationskonzepte aus der klassischen und agilen Produktentstehung. In klassischen Modellen werden vor allem Anforderungslisten als Dokumentationsgrundlage genutzt. Diese haben eine technische Sicht auf die Markt-

leistung. Um Anforderungen um die Dimension der eigentlichen Intentionen hinter Wünschen zu einem Produkt zu erweitern, sind agile Dokumentationskonzepte wie das User Story Mapping entstanden: Eine Methode zur Dokumentation von Wertversprechen und zugehörigen kundenseitigen Anforderungen. Ziel ist ein gemeinsames Verständnis zwischen Beteiligten und eine Übersicht über das Zielprodukt. Es wird der Weg des Kunden entlang der Berührungspunkte mit Unternehmen und Marktleistung beschrieben. Die Anforderungen werden aus Kundensicht in Form von „User Stories“ spezifiziert [Pat14].

Dokumentationskonzepte für Funktionalitäten halten allgemein die funktionalen Beschaffenheiten einer Marktleistung fest [Dud23f-ol]. In der Literatur werden im Rahmen von Systems Engineering Ansätzen diese z.B. durch Baumstrukturen oder Architektur-Ansichten dokumentiert. GAUSEMEIER ET AL. stellen die Funktionshierarchie vor, um Funktionen hierarchisch zu dokumentieren. Funktionalitäten werden dabei lösungsneutral in Form einer Gesamtfunktion, mehrere Haupt- und Teilfunktionen abgebildet [GDE+19, S. 416ff.]. Angelehnt an die ISO/IEC/EEE 24748-4 beschreibt WEILKINS einen Architektur-orientierten Ansatz zur Dokumentation von Funktionen. Die funktionale Architektur besteht aus technologieneutralen, funktionalen Elementen, funktionalen Schnittstellen und Abläufen sowie Architekturentscheidungen. Die Funktionselemente wandeln Eingangsflüsse in Ausgangsflüsse um und sind durch Konnektoren miteinander verbunden [Wei20, S.78]. Etwas konkreter gefasst, können Funktionalitäten auch durch bspw. einer Wirkstruktur oder logischen Architektur dokumentiert werden. Im Gegensatz zu den rein technologie-unabhängigen Dokumentationsformen einer funktionalen Architektur sind die Elemente generell durch technologische Konzepte oder Prinzipien spezifiziert (z.B. Motor oder Kontrolleinheit) [Wei20, S.81], [GDE+19, S. 416ff.].

Die Evolution zu ITS stellt besondere Anforderungen an die Dokumentation: Sie muss zeit- und kosteneffizient verändert, weiterentwickelt und erweitert werden können [FS05], [RRH08]. Insbesondere in den frühen Phasen, in denen viele Änderungen durch große Unsicherheiten vorgenommen werden müssen, ist dies besonders relevant. Während die Weichen für den zukünftigen Geschäftserfolg in den frühen Phasen gestellt werden, erfolgt die eigentliche Umsetzung im Zuge der Entwicklung [GW16, S. 21], [LCW+14, S. 123ff.]. Herausforderungen entstehen, wenn eine in der Planung getroffene Annahme nicht eintrifft. Infolgedessen erreicht die neue Marktleistung nicht die Bedürfnisse des Kunden. Nachhaltig erfolgreiches Handeln erfordert Hintergrundinformationen sowie ein Verständnis der Zusammenhänge. Dies ermöglicht eine Einschätzung, welche Wirkzusammenhänge im Kontext einer Anpassung zu berücksichtigen sind [GW16, S. 22]. Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Produktfindung an der Schnittstelle zur Produktkonzipierung. Die entstehenden Ergebnisse müssen für die weitere Entwicklung hinreichend dokumentiert und kommuniziert werden. Die Wichtigkeit einer adäquaten Dokumentation unter Berücksichtigung der Schnittstelle wird durch Herausforderungen adressiert, die im Folgenden erläutert werden.

1) Unzureichende Dokumentation entwicklungsrelevanter Informationen: Durch die Steigerung der Komplexität von neuen Marktleistungen steigt die Anzahl existierender

Abhängigkeiten [GW16, S. 20f.]. Für die Schnittstelle zwischen Planung und Entwicklung resultiert dies in einer steigenden Komplexität von Entscheidungen, die auf Grund der Unübersichtlichkeit gravierende Folgen haben können [SBA+14, S. 133], [Sch14a, S. 30ff.]. Der Umgang mit der steigenden Komplexität erfordert eine abstrakte Darstellung der Wirkzusammenhänge [GW16, S. 21]. In der Regel wird der Entwicklung eine Anforderungsliste oder das Lasten-/Pflichtenheft bereitgestellt [FGN+13, S. 319]. Diese Informationsbereitstellung wird als unzureichend empfunden; Entwickler wollen Hintergründe für das Zustandekommen der Anforderung erfahren. Die Bereitstellung derartiger Information ist wichtig für die Akzeptanz in der Entwicklung und entscheidend für die Hinwendungsintensität [WG16, S. 58ff.]. Des Weiteren werden signifikante Schwächen bei der Ausgestaltung von Entwicklungsaufträgen dargelegt [Ech17]. Es besteht der Bedarf einer angemessenen Abbildung entwicklungsrelevanter Informationen.

2) Informationsdefizit an Schnittstellen: ECHTERHOFF führt Studien auf, bei denen Anforderungen in Innovationsprojekten unvollständig dokumentiert wurden, sodass erneutes Nachfragen bei Kunden erforderlich war. Ebenfalls ergaben diese, dass die aus der Planung enthaltenen Informationen nicht abgestimmt sind. Aus Sicht der Planung werden relevante Informationen bereitgestellt, ohne das Wissen über die Relevanz für die Entwicklung existiert. Die Folgen sind in der Regel Iterationsschleifen und Blindleistung. Es kommt vor allem auf Kontextwissen an. Trotzdem ergaben Befragungen, dass bei Eingangsinformationen Hintergründe unbekannt sind [GW16, S. 22f.]. Es mangelt unter anderem an der Bereitstellung von Selektionsbegründungen und Beschreibungen des Nutzenversprechen der Marktleistung. Zusammengefasst ist festzustellen, dass Entwickler nach der reinen Analyse des Entwicklungsauftrags die zentrale Frage „*Warum entwickle ich was mit welchen Mitteln?*“ nicht beantworten können [WG16, S. 60], [Ech17].

3) Kommunizierbarkeit entwicklungsrelevanter Informationen: HAUSCHILD und SALOMO folgend ist die Kommunizierbarkeit einer Innovation von großer Bedeutung für ihre Umsetzung: „*Je leichter die Innovation erläutert und mitgeteilt werden kann, desto leichter ist sie realisierbar*“ [HS07, S. 52f.]. Dies bedingt das Lösen der „*Informations- und Kommunikationsproblematik*“ [HS07, S. 53]. ECHTERHOFF bestätigt, dass Entwicklungsaufträge für viele nicht eindeutig verständlich sind und schlägt deshalb einen modellbasierten Ansatz auf Grundlage von Systems Engineering vor [Ech17]. Die Verwendung von Modellen zur Kommunikation ist in einzelnen Disziplinen wie z.B. der Mechanik und Softwaretechnik bereits etablierter Standard [Est08, S. 2ff.], [IDK+13, S. 339].

Fazit: Die dargelegten Herausforderungen zeigen, dass der Bedarf für ein Dokumentationskonzept existiert, das die grobe Marktleistungsidee, wesentliche Anforderungen und notwendige, grobe Funktionalitäten und darin enthaltene Mehrwerte für Kunden strukturiert, verständlich, nachvollziehbar, ganzheitlich und hinreichend für die Entwicklung dokumentiert. Dabei ist die transparente Dokumentation der Hintergründe für das Zustandekommen von Anforderungen und Funktionalitäten, vor allem im Hinblick auf die frühe Validierung, von besonderer Bedeutung. Auch die Nutzung einer kommunizierbaren Sprache ist notwendig, um die Informations- und Kommunikationsproblematik zu lösen.

In der Literatur existieren bereits vielfältige Konzepte zur Dokumentation, die mehr oder weniger geeignet sind, Marktleistungsideen validierungsgerecht und für die Entwicklung entsprechend zu dokumentieren. Es besteht der Bedarf, geeignete Dokumentationskonzepte für die Systematik auszuwählen und entsprechend an den Gegebenheiten einer integrierten Validierung in der Produktfindung anzupassen.

3.4 Validierung technischer Marktleistungen

Der zentrale Ansatz, um Wissenslücken zur Begehrlichkeit einer neuen Marktleistungsidee früh zu schließen und damit die in Abschnitt 3.3.3 diskutierten, kundenseitigen Unsicherheiten zu reduzieren, ist die frühe Validierung. Aus diesem Grund wird im Folgenden eine eingehende Analyse zur frühen Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen für technische Systeme in etablierten Unternehmen durchgeführt. Dazu wird zunächst in Abschnitt 3.4.1 die Bedeutung von Validierung insbesondere in den frühen Phasen der Produktentstehung verdeutlicht. Anschließend wird in Abschnitt 3.4.2 der Grundaufbau der Validierung beschrieben. Validierung kann grundsätzlich nach den beiden Prinzipien Push und Pull erfolgen, wobei in Abschnitt 3.4.3 darauf näher eingegangen wird und die Vorteile einer Pull-Validierung, die zunehmend aus dem Startup Bereich adressiert wird, verdeutlicht werden. Anschließend wird in Abschnitt 3.4.4 existierendes Lösungswissen, getrieben aus der agilen- und Startup-Forschung, zur methodischen Unterstützung der frühen Validierung nach dem Pull-Prinzip analysiert. Zusätzlich wird der Bedarf einer grundsätzlichen Strukturierung bzw. Adaption, passend auf die Bedürfnisse etablierter Unternehmen mit Marktleistungsideen für technische Systeme, ermittelt.

3.4.1 Bedeutung der Validierung in der Produktentstehung

Wie im letzten Abschnitt verdeutlicht, existieren vor allem bei neuen Marktleistungsideen für technische Systeme hohe Unsicherheiten in Bezug auf den Markterfolg. ALBERS beschreibt die zentrale Rolle der Produktvalidierung bei der Reduktion technologischer und marktlicher Unsicherheit, da diese die zentrale wissensgenerierende Aktivität in der Produktentstehung darstellt [Alb10]. Speziell ältere Modelle der Produktentstehung (vgl. Abschnitt 3.2) beschreiben Validierung als eine geschlossene Phase zum Ende der Entwicklung [Eig14]. Durch den erhöhten Einfluss agiler Ansätze in der Produktentstehung, besonders getrieben aus dem Startup-Bereich für Software [Rie11], [BO19], wird der Anspruch nach früher und durchgängiger Validierung auch im Entstehungsprozess von komplexen technischen Systemen gestellt [Rei20], [ABK+17], [SCK+17]. Der Bedarf und damit die Bedeutung einer frühzeitigen Validierung kann durch verschiedene Literaturquellen und durchgeführten Studien belegt werden. Im Folgenden wird, angelehnt an das Modell nach HERSTATT und VERWORN, in Bild 3-14 die Bedeutung der frühen Validierung technischer Marktleistungsideen verdeutlicht [HV07, S.114ff.].

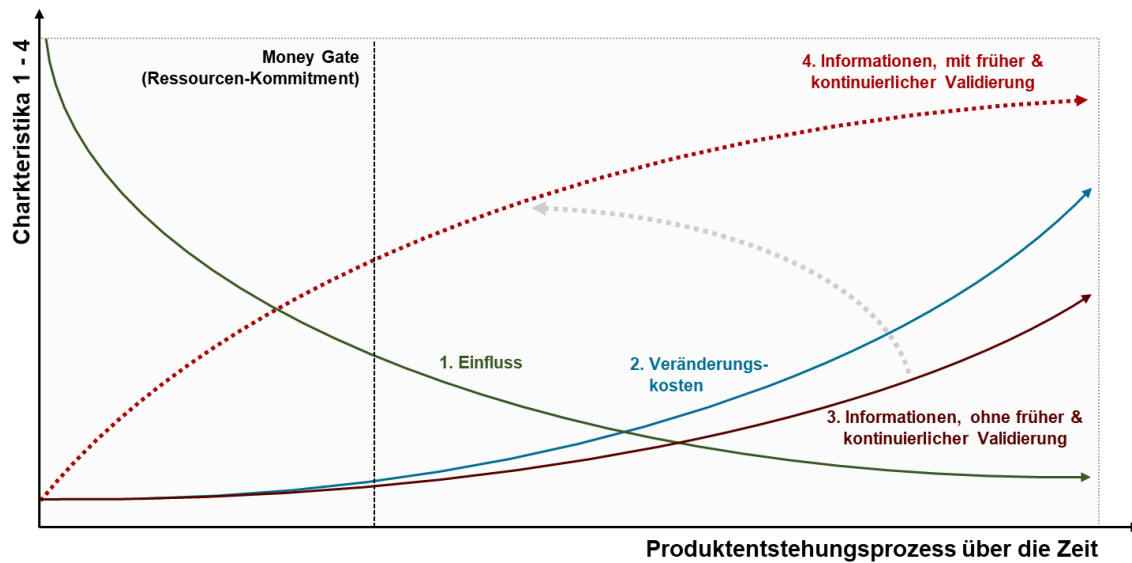


Bild 3-14: Einfluss, Informationen und Veränderungskosten über die Zeit im Produktentstehungsprozess, angelehnt an HERSTATT & VERWORN [HV07, S. 114] und GERST [Ger02]

Auf der horizontalen Achse ist ein klassischer Produktentstehungsprozess über die Zeit dargestellt (vgl. Abschnitt 3.3.1). Die Autoren charakterisieren die frühen Phasen des Innovationsprozesses durch das in Abschnitt 3.2 beschriebene **Front End**, welches mit einem **Ressourcen-Komitment** zur eigentlichen Entwicklung einer Marktleistung endet. Die Vertikale Achse wird durch die Charakteristiken „Einfluss“, „Veränderungskosten“ und „Informationen“ beschrieben.

Der **Einfluss (1.)** auf den Projekterfolg ist zu Beginn der Produktentstehung sehr hoch, verringert sich jedoch im Laufe der Entwicklung, da feste Entwicklungsentscheidungen im Laufe des Prozesses angestrebt werden. 80% der Kosten für die Marktleistung werden in den frühen Phasen festgelegt [Böh18], [EM13]. Die Literatur bekräftigt die Bedeutung der dort getroffenen Entscheidungen für den Markterfolg eines Produkts [CK93].

Veränderungskosten (2.) im Laufe der Produktentstehung können durch die „Rule of Ten“ beschrieben werden. Dabei steigern sich die Kosten für Veränderungen um den Faktor 10 von einer Entwicklungsphase in die nächste. Der Bedarf einer frühzeitigen Validierung im Entwicklungsprozess ergibt sich durch die Hebelwirkung [ABK16, S. 543], [Kli16, S. 16], [Ehr09], [VH07], [Rei20, S.87]. Bei negativer Validierung oder neuen Erkenntnissen kann aufwandsarm eingegriffen und nachjustiert werden [ABK16, S. 543]. Später wäre die Änderung mit großem Aufwand verbunden [ABK16, S. 543], [Kli16, S. 16]. Die Annahme besteht, dass durch Erhöhung der Validierungsaktivitäten in frühen Phasen bei geringeren Kosten die Anzahl der kostenintensiveren Aktivitäten in späten Phasen verringert werden kann und dies in reduzierten Gesamtkosten mündet [Kli16, S. 16], [Rei20, S.87]. Um Kosten zu minimieren, wird eine Fehler-Früherkennung angestrebt [Kli16, S. 16], [Rei20, S.87]. Die marktseitige Unsicherheit wird durch frühe Validierung rechtzeitig reduziert und kann dadurch genauer die realen Bedürfnisse von Kunden und Anwender wiedergeben.

Den Produktentstehungsmodellen aus Abschnitt 3.3.1 folgend, würden traditionellerweise **Informationen (3.)** zu z.B. realen Kundenbedürfnissen erst bei Markteintritt umfänglich aufgebaut werden, da Kunden an dieser Stelle ernsthaft mit einer Marktleistung in Kontakt treten. Die Integration einer frühen Validierung würde einen **frühen Wissensaufbau (4.)** ermöglichen. Damit würde sich der in Bild 3-14 skizzierte Verlauf vorhandener Informationen im Entwicklungsprojekt nach links verschieben [HV07, S. 114], [ABK+16], [ABK+17]. Durch das frühzeitig erlangte Wissen kann, entsprechend dem Graphen, mehr Einfluss auf die Marktleistungsidee genommen werden und so große Unsicherheiten früh reduziert werden. Viele Autoren unterstreichen daher die Wichtigkeit der Implementierung von Validierung in den frühen Phasen [AMY+19, S.2802], [PL14]. So beschreiben VERWORN & HERSTATT und HELM einen Zusammenhang zwischen früher und kontinuierlicher Validierungsaktivitäten mit dem späteren Markterfolg eines Produktes [CK93], [GH99], [Hel01], [VH07], [Rei20]. Je stärker Unsicherheiten durch frühe Validierung reduziert wird, desto genauer spiegeln die initial definierten Anforderungen die realen Bedürfnisse von Kunden und Anwendern wieder [AB+16], [AB+17], [Rei20].

Die Bedeutung von Validierung, im Speziellen die frühe Validierung, ist auch in der **Praxis** zu beobachten. Vor allem Silicon Valley Tech-Unternehmen haben die Bedeutung der Validierung erkannt und in der Praxis etabliert: Intuit (1.300 frühe Validierungen (fV) / Jahr), P&G (7.000 fV / Jahr), Google (7.000 fV / Jahr), Amazon (2.000 fV / Jahr), Netflix (1.000 fV / Jahr), Facebook (>100k fV / Jahr) führen bereits erfolgreich frühe Validierung durch [Fas16-ol]. Amazon-Gründer, Jeff Bezos, fasst die Bedeutung von Validierungsexperimenten wie folgt zusammen:

“If you can increase the number of experiments you try from a hundred to a thousand, you dramatically increase the number of innovations you produce.” [DGC11]

REINEMANN bestätigt die Bedeutung der frühen Validierung in einer durchgeführten Untersuchung mit 66 Experten aus der Produktentstehung in etablierten Unternehmen. Dabei wird die Wichtigkeit und der große Beitrag von frühen Validierungsaktivitäten im Entwicklungsprozess sehr deutlich. 98% der Befragten stimmen zu, dass frühe **Validierungsaktivitäten wichtig für den Entwicklungsprozess** sind. Umso schwerwiegender ist der Befund, dass 82% der Befragten bestätigten, dass **frühe Validierungsaktivitäten oft in der Entwicklungspraxis vernachlässigt** werden. Bild 3-15 zeigt eine Zusammenfassung der für diese Arbeit relevanten Ergebnisse [Rei20, S. 136f.].

Die Grundlage bilden die drei Systeme **Zielsystem**, **Handlungssystem** und **Objektsystem** (vgl. Abschnitt 3.3.1), die um Stakeholder aus der Systemumwelt ergänzt werden. Stakeholder umfassen dabei alle Personen mit berechtigtem Interesse an Prozessen oder Ergebnissen der Produktentstehung. Besonders relevant sind, neben den Personen aus dem Handlungssystem selbst, vor allem die Kunden (Nutzer und Käufer) einer Marktleistung [AMB+15, S.76], [AD11], [Rei20, S. 75]. Die Produktentstehung lässt sich durch die zwei Kernaktivitäten **Design** (vgl. Abschnitt 3.4.2) und **Validierung** beschreiben. Die Validierung umfasst die drei Aktivitäten Bewertung, Objektivierung und Verifikation.

Die **Bewertung** zielt auf die Überprüfung einer durch Design konkretisierte Marktleistungsidee (Zielsystem) zu einem Objektsystem aus Stakeholder-Sicht ab. Die Stakeholder können dabei direkt, durch z.B. Konzept- oder Prototypentests mit Kunden, oder indirekt, durch z.B. Kundenersatzmodelle, in denen Wissen über diesen aus z.B. Marktanalysen zusammengefasst sind, eingebunden werden [Rod13], [GFS13], [Rei20, S.77]. Als Grundlage für die Bewertung durch direkte Stakeholder Einbindung dient nach HASSENZAHN das Wahrnehmen und Erleben einer Marktleistungsidee durch z.B. Prototypen (Objektsysteme) [Has06]. Durch die Integration des Stakeholders und der Prototypen in einem situativen Kontext, wird die Wahrnehmung beeinflusst und damit auch die Bewertung selbst [Has08]. Die Bewertung kann objektiv durch eine Analyse von konkreten Zahlenwerten oder durch subjektive Einschätzungen auf Basis persönlicher Wahrnehmungen erfolgen [Kli17]. Die Wichtigkeit der direkten Integration des Kunden für evidente Validierungsergebnisse und damit für den Erfolg eines Innovationsprojekts wird in der Literatur von vielen Autoren betont [Coo94], [GEF+13], [PL11]. In den frühen Phasen bietet die Kundenintegration einen effektiven Ansatz zur Reduktion des initial häufig hohen Ausmaßes der Unsicherheit aus der Marktperspektive [GWR09].

In der zweiten Aktivität **Objektivierung** werden die Ergebnisse der Bewertung in Form von neuen oder angepassten Entwicklungszielen in das Zielsystem zurückgeführt. Dies geschieht durch die Überprüfung der objektiven Wiedergabe von Zielsystemen mit den eigentlichen Erwartungen der Stakeholder und der anschließenden Änderung dieser. Auch werden Potenziale zur Steigerung von Objektivität des Zielsystems ermittelt [AMB+15]. Insgesamt kann so sichergestellt werden, dass die spätere Marktleistung am Markt erfolgreich sein kann [ABK+16, S.545].

Die dritte Aktivität, die **Verifikation**, ist nach ALBERS ET AL. Teil der Validierung und beschreibt im Allgemeinen die Überprüfung, ob eine Realisierung (Objektsystem) mit der Spezifikation (Zielsystem) übereinstimmt [Kli17], [ABK+16]. Wie in Abschnitt 3.1.2 beschrieben, wird die Verifikation im Rahmen dieser Arbeit nicht näher betrachtet.

Validierungsaktivitäten können in der Praxis nicht mit beliebig viel Aufwand betrieben werden. Der durch Zeit- und Kostenrestriktionen effizienzgetriebene Entwickler muss daher abwägen, welche Aspekte einer Marktleistung zu einem Zeitpunkt präferiert validiert werden soll [ABK+16]. Viele Autoren nutzen für die zu validierenden Aspekte den Begriff **Validierungsziel**, welches den spezifischen Zweck einer Validierung beschreibt.

Die Literatur beschreibt dazu die drei Aspekte Begehrlichkeit (Desirability), Lebensfähigkeit (Viability) und Machbarkeit (Feasibility), die innerhalb der Validierung überprüft werden können (Bild 3-17) [KK13, S.25ff], [Böh19, S.91ff.], [BO20, S.32], [ABK+16].

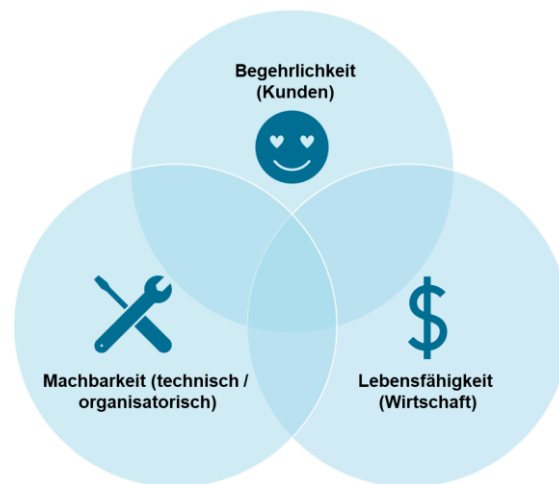


Bild 3-17 Lenses of innovation nach KELLEY und KELLEY [KK13, S. 25ff.]

Machbarkeit (Feasibility): Im Rahmen dieses Ziels wird die Frage „Können wir die Marktleistung entwickeln?“ beantwortet. Dazu gehört die Validierung der Verfügbarkeit notwendiger Ressourcen für die Umsetzung der Marktleistung (Ressourcen und Partner), ob die Marktleistung technisch entwickelt werden kann (Schlüsselaktivitäten) und die Verifikation der ursprünglich definierten Anforderungen [ABK+16], [AGL+19]. Eine Validierung der Machbarkeit hilft, das Gesamtsystem, seine Komponenten und die wichtigsten Teilsysteme zu verstehen und zu verbessern. Dabei hängt die technische Machbarkeit sowohl von den vorhandenen Kompetenzen des Unternehmens als auch von den technologischen Möglichkeiten im Allgemeinen ab [Böh19].

Wirtschaftlichkeit (Viability): Das Validierungsziel Wirtschaftlichkeit beantwortet im Kern die Frage „Entsteht ein profitables und nachhaltiges Geschäft?“. Dabei wird zum einen überprüft, ob eine Marktleistungsidee in die Zeit- und Budgetvorgaben passt, zum anderen die wirtschaftliche Umsetzbarkeit und die Zukunftsfähigkeit einer Marktleistung kontrolliert [HBL+17], [MSJ17], [BQ03], [SE97]. Im Fokus steht dabei die Überprüfung der Wertschöpfungskette, das Finanz- und Erlösmodell, Markteintrittsstrategien und die Skalierbarkeit [MS11, S. 248], [Mit17, S. 148ff.], [Ort18-ol].

Begehrlichkeit (Desirability): Die Überprüfung der Begehrlichkeit beantwortet nach BLAND und OSTERWALDER die Frage „Möchten Kunden eine Marktleistung anschaffen und nutzen?“ [BO20, S.32]. Dabei wird die Attraktivität einer Marktleistung für den Kunden überprüft und damit auch implizit die Kaufwahrscheinlichkeit [Boe18, S.40], [MSJ16, S.75]. Der Fokus liegt auf der Perspektive des Kunden bzw. Nutzers und dessen Nutzen aus einer zukünftigen Marktleistung [Boe18, S.40], [HBL+17, S.2]. RIES umschreibt Desirability als Problem-Solution-Fit, wobei innerhalb der Validierung die Übereinstimmung zwischen Lösungskonzept und Kundenbedürfnissen überprüft wird [Rie11]. MENOLD ET AL. beschreiben Kundenzufriedenheit und Kundennutzen als zwei

Metriken zur Messung der Begehrlichkeit einer Idee [MSJ16, S.6]. Die verschiedenen Aspekte zur Validierung der Begehrlichkeit werden in Bild 3-18 zusammengefasst.

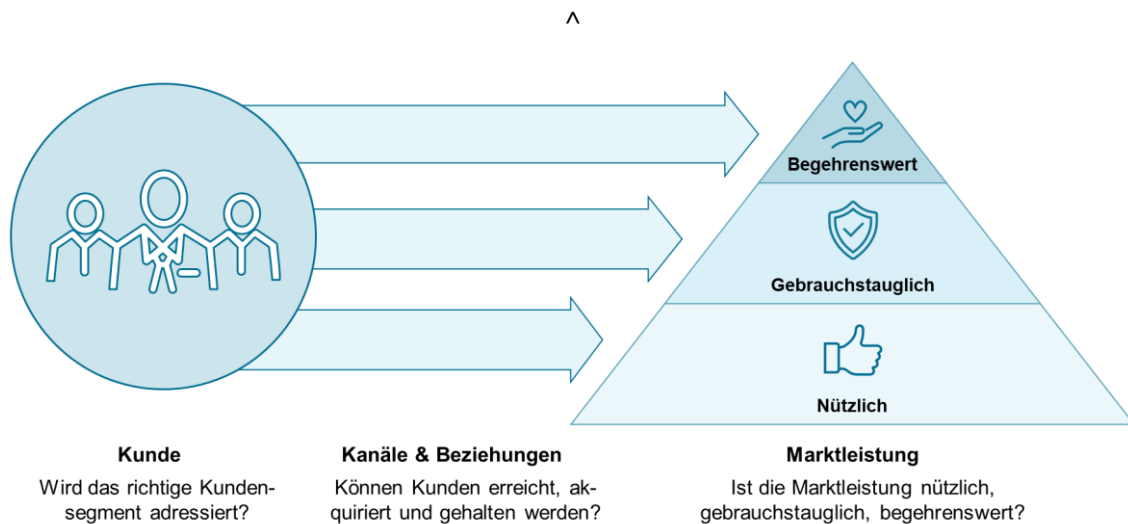


Bild 3-18: Desirability-Aspekte zur Validierung, angelehnt an [BF14, S.13], [San92, S.50f], [BO20, S. 33ff]

Angelehnt an SANDERS [San92, S.50f] beschreiben FLETCHER und BONTE das useful-usable-desirable Modell, welches die Begehrlichkeit in drei Reifegrade zur Messung des Erfolgs aus Kundenperspektive einstuft [BF14, S. 14] (vgl. Abbildung 3-18).

Der Begriff „Useful“ (**nützlich**) steht für das Lösen eines realen Kundenproblems [BF14, S.13] oder das Zufriedenstellen eines Bedürfnisses [SE14], welche groß genug sind, um einen klaren Kundennutzen zu erzeugen [OP14, S.45]. Den Autoren zu Folge ist dies der erste Aspekt, den es im Bereich Desirability zu validieren gilt (Löst die Marktleistung einen Kundenbedarf?). Ein Beispiel für eine rein nützliche Marktleistung sind mechanische Rollläden, die mit der Hand manuell gesteuert werden.

Darauf aufbauend ist die nächste Stufe „Usable“ (**gebrauchstauglich**). Im Kern wird innerhalb einer Validierung die Frage „Ist mein Produkt einfach zu nutzen?“ beantwortet [BF14, S.14]. Zur Gebrauchstauglichkeit existieren viele Vorarbeiten und Normen. Die DIN EN ISO 9241-11 beschreibt Gebrauchstauglichkeit als das Ausmaß, bei der eine Marktleistung durch definierte Nutzer in einem spezifischen Nutzungskontext genutzt werden kann, um spezifische Ziele effektiv, effizient und angemessen zu erfüllen. Des Weiteren existieren weitere Normen, die im Hinblick auf die Gebrauchstauglichkeit relevant sind: ISO 9126, ISO 9421, ISO/IEC 25051, DIN EN 60601-1-6, DIN66050, ISO/IEC 25000. Ein Beispiel für eine gebrauchstaugliche Marktleistung sind Rollläden, die mit einer Fernbedienung gesteuert werden, und damit einfach für den Kunden zu handhaben sind.

Den letzten Reifegrad bildet „Desirable“ (**begehrtswert**). Die Frage, ob Kunden das Produkt begehren, wird damit in einer Validierung beantwortet. Neben dem nützlichen

und gebrauchstauglichen Aspekt stehen hier besonders nicht-triviale, positive, emotionale Faktoren im Vordergrund (z.B. Begeisterungsfähigkeit einer Marktleistung) [BF14, S.15f.]. In der Literatur wird sowohl hohe emotionale Zufriedenheit als auch die Langfristigkeit und Nachhaltigkeit des Nutzens einer Idee als Beschreibungsgrundlage für begehrten Marktleistungen genannt [Law09]. Ein Beispiel für ein begehrtes Produkt ist ein automatisierter Rollladen, der durch z.B. Sensorik und Cloud-Anbindung dazu in der Lage ist, dem Kunden die beste Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Qualität zu gewährleisten und damit Begeisterung auslösen.

Nach BLAND UND OSTERWALDER existieren weitere, produktnahe Aspekte, die durch das Validierungsziel Desireability abgedeckt sind. Dazu gehören Annahmen zum **Kunden** selbst (Wird das richtige Kundensegment adressiert? Ist es groß genug?), zu **Kanälen** (Können Kunden erreicht, akquiriert und gehalten werden?) und zur **Kundenbeziehung** (Kann eine Beziehung zum Kunden aufgebaut und gehalten werden?) [BO19].

Zur Erreichung der beschriebenen Validierungsziele und damit der Durchführung notwendiger Validierungsaktivitäten sind verschiedene Systeme, Prozesse und Methoden notwendig, die auf unterschiedlichen Modellebenen betrachtet werden können. Eine Möglichkeit zur Strukturierung von Beschreibungsmodellen beschreiben ALBERS ET AL., indem diese in die drei Ebenen Validierungssystem, Validierungsumgebung und Validierungskonfiguration einordnen (Bild 3-19).

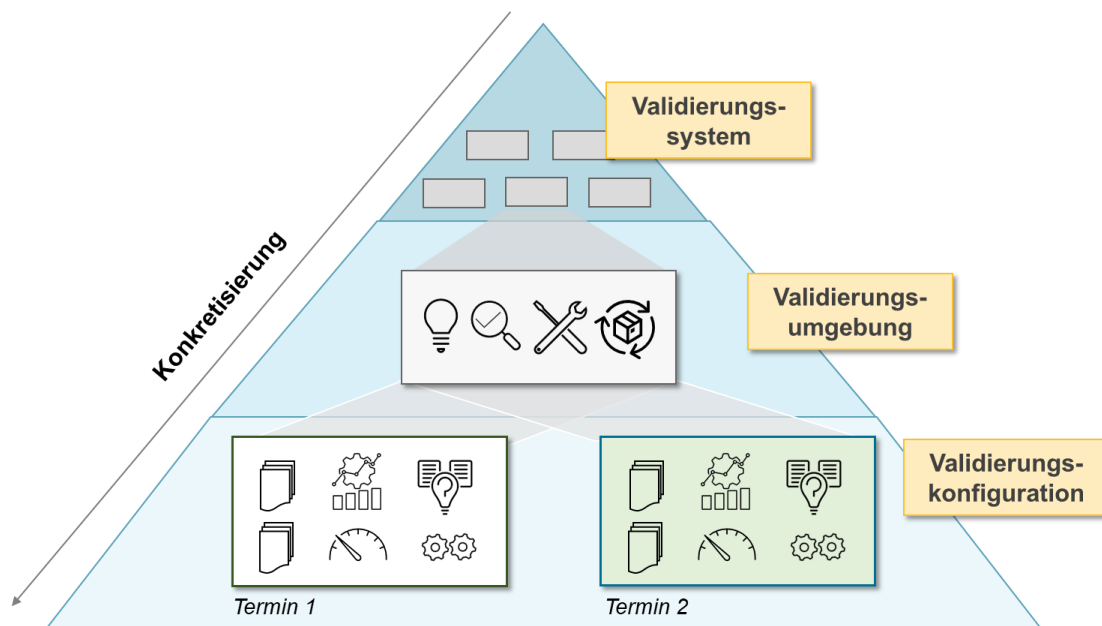


Bild 3-19 Ebenen zur Einordnung von Beschreibungsmodellen zur Validierung nach ALBERS ET AL. [ARF+19, S.437]

Auf der obersten Ebene beschreibt das **Validierungssystem** alle verfügbaren Ressourcen, Systeme, Methoden und Prozesse eines Unternehmens zur Validierung einer Marktleistung. Dazu zählt auch vorhandenes Wissen zur Durchführung notwendiger Validierungsaktivitäten und die in Abschnitt 3.3.1 beschriebenen Aspekte des integrierten Produktent-

stehungsmodells (iPeM) [ABK+16], [AMY+18], [Rei20, S.315]. Eine Modellebene tiefer beschreibt die **Validierungsumgebung** eine bestimmte Zusammenstellung der verfügbaren Elemente eines Validierungssystems für das Erreichen eines definierten Validierungsziels [ABK+16, S.547], [AMY+18], [Rei20, S.315]. Auf der untersten Modellebene beschreiben **Validierungskonfigurationen** individuelle Kombinationen, Ausprägungen von Testfällen, Methoden, Ressourcen und Parameter, die von der Validierungsumgebung abgeleitet werden. Dazu gehören z.B. konkrete Testpersonen oder für die Validierung umgesetzte Prototypen. Es existiert zu jeder Validierungsumgebung mindestens eine Validierungskonfiguration [ABK+16, S.547], [AMY+18], [Rei20, S.314].

Zur Dokumentation der Validierungsumgebung und -konfigurationen existieren verschiedene Ansätze. Validierungsumgebungen werden oft in groben „Canvassen“ dokumentiert, die den prinzipiellen Aufbau einer Validierung beschreiben. Beispiele sind der Validierungssteckbrief nach KLINGLER, die Test-Card nach BLAND und OSTERWALDER, das Experiment-Board nach BOARD OF INNOVATION oder das Beschreibungsmodell für AR-Validierungsumgebungen nach REINEMANN [Kli16], [BO20], [BoI19], [Rei20]. Für die Dokumentation von Validierungskonfigurationen existieren ebenfalls Ansätze, die sich im Wesentlichen durch die fokussierten Domänen (z.B. mechatronische Produkte) unterscheiden und oft die Validierung der Machbarkeit inkl. die Verifikation adressieren. Beispiele sind die Testarchitektur in Sysmod nach WEILKIENS und das Produkt-Umwelt-Modell nach ALBERS [AMY+19, S.2802], [Wei20, S.87f]. Ebenfalls existieren weitere, intuitivere Ansätze. Diese adressieren nicht explizit die Validierung, eignen sich jedoch prinzipiell dazu, Umfeld der von technischen Systemen zu dokumentieren. Ein Beispiel hierfür ist das Umfeld-Modell der Spezifikationstechnik CONSENS nach GAUSEMEIER ET AL. [GDE+19, S. 418]. UTTING ET AL. beschreiben insgesamt, dass die Dokumentation von Validierungsumgebung und -konfiguration in der Praxis vernachlässigt wird [UPL06].

Fazit: Die vorliegende Arbeit fokussiert in Bezug auf die Validierung die Unterstützung der Aktivitäten Bewertung und Objektivierung. Durch das Adressieren der Reduktion von kundenseitigen Unsicherheiten (vgl. Abschnitt 3.3.2), wird die Validierung der Begehrlichkeit einer Marktleistungsidee fokussiert. Die Verifikation und die Validierung von Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit wird im Rahmen dieser Arbeit explizit ausgeschlossen. Eine erfolgreiche Übergabe von Entwicklungsergebnissen (vgl. Abschnitt 3.3.4) erfordert eine geeignete Dokumentation von Validierungsumgebung und -konfiguration, um z.B. Hintergründe von Entscheidungen nachvollziehbar zu kommunizieren. Aus diesem Grund muss die Systematik ein geeignetes Konzept enthalten, um Innovationsverantwortliche bei der Dokumentation entwicklungsrelevanter Ergebnisse zu unterstützen.

3.4.3 Push- und Pull-Prinzip der Validierung

Zur Durchführung von Validierung existieren zwei Prinzipien, die von verschiedenen Ansätzen zur Produktentstehung angewendet werden. Bild 3-20 visualisiert beispielhaft das

Push- und Pull-Prinzip der Validierung, die im Folgenden generisch und anhand ausgewählter Vorgehensmodelle beschrieben werden.

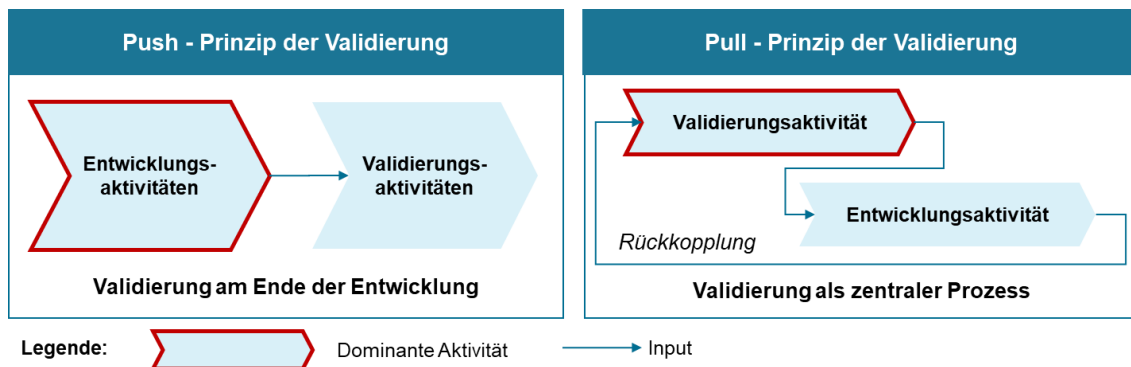


Bild 3-20 Unterschiede des Push- und Pull-Prinzips der Validierung anhand der Dominanz von Aktivitäten für Entwicklung und Validierung, angelehnt an [Alb10], [ABK+16]

Push-Prinzip der Validierung: Die in Abschnitt 3.3.1 vorgestellten, phasenorientierten, klassischen Ansätze der Produktentstehung behandeln die Validierung nach dem Push-Prinzip [Kli17, S. 20]. Dabei werden zunächst alle Entwicklungsaktivitäten, die im direkten Zusammenhang mit der technischen Marktleistung stehen (z.B. Idee detaillieren, Prototyp entwickeln etc.), ganzheitlich beendet. Anschließend finden nachgelagert Aktivitäten zur Vorbereitung und Durchführung von Validierung statt (z.B. Definition der Validierungsbedarfe, Aufbau der Validierungsumgebung etc.). Dieses Prinzip impliziert eine kontextfreie Entwicklung von Prototypen oder anderen Artefakten und eine erst anschließende Definition des eigentlichen Einsatzzwecks. Insgesamt ist dieses Prinzip selten zielführend und wenig effizient, da die entwickelten Artefakte nicht Validierungsspezifisch definiert wurden. Das Resultat ist, dass entweder oft Einflüsse ungenau oder nur vereinzelt abgebildet werden oder die resultierenden Artefakte wie Prototypen zu umfangreich sind (Over-Engineering) [ABK+16, S.557], [Alb10], [AMB+15], [Mat16], [Kli17, S.20], [Rei20, S.89]. Ein beispielhaftes Vorgehen zur Validierung nach dem Push-Prinzip, also aufbauend auf bereits existierenden technischen Prototypen, kann anhand des SPALTEN-Prozesses beschrieben werden (Bild 3-21).

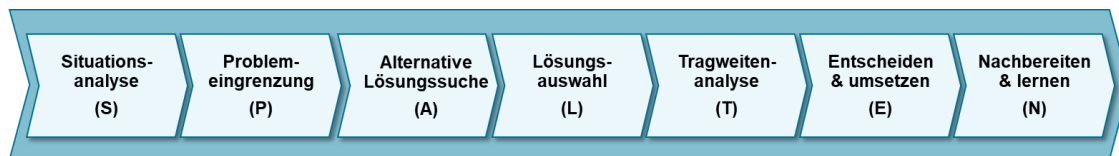


Bild 3-21 Prozess der Validierung nach dem Push-Prinzip, nach [ABK+16, S.550]

Das Vorgehen hat als Ausgangssituation existierende Entwicklungsartefakte, wie z.B. Prototypen, die es in nachgelagerten Schritten zu validieren gilt. Dafür wird im ersten Schritt **Situationsanalyse (S)** vorhandene Wissenslücken analysiert, die nach abgeschlossener Entwicklung bestehen. Danach erfolgt die **Problemeingrenzung (P)**, indem Validierungsbedarfe abgeleitet werden, relevante Stakeholder und Teilaktivitäten identifiziert und Entscheidungskriterien zur Methodenauswahl spezifiziert werden. Anschließend

werden aufbauend auf den Entscheidungskriterien in der **Alternativen Lösungssuche (A)** die Wissensbasis in Bezug auf vorhandene Validierungsmethoden analysiert. Darauf aufbauend erfolgt die **Lösungsauswahl (L)**, indem die ausgewählten Validierungsmethoden der Eignung zur Erreichung von Validierungsziel und Entscheidungskriterium entsprechend bewertet und ausgewählt werden. In einer anschließenden **Tragweitenanalyse (T)** werden Chancen und Risiken des Methodeneinsatzes abgeschätzt und dokumentiert. In der Phase **Entscheiden und Umsetzen (E)** werden notwendige Aufbauten der Validierungsumgebung angestoßen und anschließend die eigentliche Validierung (Bewertung, Verifikation und Objektivierung, vgl. Abschnitt 3.1.2). Im letzten Schritt **Nachbereiten und Lernen (N)** werden Learnings zu Methoden und weiterer Aktivitäten extrahiert und für weitere Produktgenerationen aufgearbeitet [ABK+16, S.550].

Pull Prinzip der Validierung: Im Gegensatz zum Push-Prinzip steht Validierung im Pull-Prinzip als zentrale Aktivität im Mittelpunkt der Produktentstehung von Marktleistungen technischer Systeme. Validierungsaktivitäten stoßen dabei Entwicklungsaktivitäten an (z.B. Entwicklung von Prototypen oder Artefakten zur Validierung) und fordern entsprechende Ergebnisse wieder ein bzw. koordinieren diese. Die entstehenden Artefakte haben dadurch einen konkreten Kontext für die Entwicklung, da konkrete Anforderungen erfüllt werden sollen. Der resultierende Entwicklungsaufwand wird reduziert und auf wesentliche Punkte beschränkt. Gemäß des Pull-Prinzipes steht zu Beginn die Definition des Validierungsziels, z.B. das Ziel, spezifizierte Annahmen zur Begehrlichkeit einer Marktleistungsidee zu validieren. Anschließend erfolgt die Definition und Konfiguration der notwendigen Validierungsumgebung zur effizienten und effektiven Erreichung des Ziels. Im Anschluss darauf erfolgt die eigentliche Entwicklung von Prototypen und der Aufbau zugehöriger Umgebung, mit allen notwendigen Eigenschaften zur Überprüfung des vorher definierten Validierungsziels. Diese münden anschließend als Input für die Validierungsaktivitäten, um eine Bewertung, Objektivierung und Verifikation, gemäß der in Abschnitt 3.1 beschriebenen Kernaktivitäten, durchzuführen. Durch das Pull-Prinzip wird sichergestellt, dass nur das entwickelt wird, was für die Validierung benötigt wird. Dadurch ergibt sich ein zeitlicher und finanzieller Aufwandsvorteil. Der Einsatz effizienter Prototypen in den frühen Phasen ermöglicht ebenfalls eine verbesserte Wahrnehmung der eigentlichen Marktleistungsidee und erhöht damit die Qualität der Messergebnisse. In der Praxis gehen vor allem Startups nach dem Pull-Prinzip vor [ABK+16, S.557], [Alb10], [AMB+15], [Kli17, S.20], [Rei20, S.89], [Böh19].

Ein beispielhaftes Vorgehen nach dem Pull-Prinzip ist das TAF-Agile-Framework nach HOFSTETTLER ET AL. Der Ansatz adressiert mechatronische Systeme und beschreibt die Produktentstehung durch kontinuierliche Iterationen, indem Annahmen durch Minimum Viable Products validiert werden. Der Prozess wird aus Makro-Perspektive durch drei übergeordneten Validierungsziele strukturiert (vgl. Abschnitt 3.4.2). Aufgrund des Fokus der Arbeit wird im Folgenden auf den Desirability-Zyklus eingegangen (Bild 3-22).

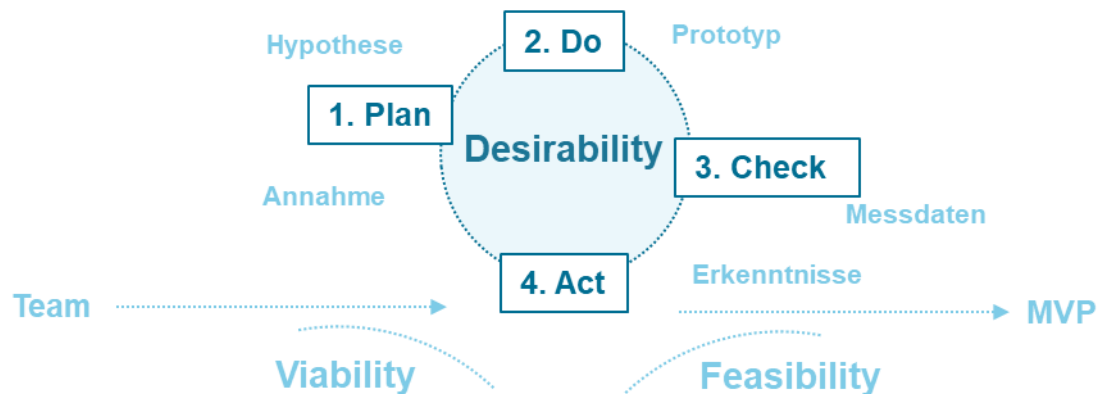


Bild 3-22: Ausschnitt des TAF-agile-Frameworks nach [HBL+17, S.792]

Während der ersten Phase „**Plan**“ des Desirability-Zyklus erfolgt die Definition von Annahmen zu einer Problemlösung, die in Form von User Storys unterschiedlicher Zielgruppen dokumentiert sind. Die Annahme als solches klassifiziert nach dem DUDEN eine Vermutung über einen bestimmten Zustand und stellt die Oberkategorie zu Thesen und Hypothesen dar [Dud22a-ol]. In Forschungsarbeiten sind Annahmen i.d.R. solche Aussagen, die häufig für die Arbeit als gegeben angesehen werden [Brü16]. Nach SEIFFERT bilden die Annahmen den Argumentationsrahmen, um Thesen und Hypothesen zu formulieren [Sei03, S.276]. Darauf aufbauend werden Hypothesen abgeleitet, die zugehörige Akzeptanzkriterien zur Bestätigung bzw. Falsifizierung einer Hypothese beinhalten. Eine Hypothese versucht im Allgemeinen Zusammenhänge zwischen mehreren Sachverhalten begründet darzustellen. In der Praxis werden hierfür i.d.R. „Wenn-dann-Aussagen“ formuliert [Brü16]. Nach RIES ist eine Hypothese klar strukturiert und soll konkrete Aussagen über künftige Geschehnisse (z.B. Kundenreaktionen auf Prototypen) treffen. In der „**Do**“ Phase werden effiziente Prototypen erstellt, die ausschließlich zur Überprüfung der aufgestellten Hypothesen dienen. Dabei ist Art und Eigenschaft von den jeweiligen Hypothesen und dem Gesamtkontext abhängig. Die Bandbreite der Möglichkeiten in der Literatur und Praxis erstreckt sich von simplen Konzeptskizzen, über mathematische Modelle, Geometrie-Prototypen, über Vertriebssimulationen bis hin zu funktionsfähigen Versionen des Produkts. In den frühen Phasen wird in der Startup-Literatur oftmals von Pretotyp¹ gesprochen [Sav11]. In der Phase „**Check**“ werden die erstellten Prototypen den Zielgruppen bereitgestellt und die definierten Hypothesen überprüft. Dies geschieht in dem die in den Hypothesen beschriebenen Kennwerte gemessen, anhand der Grenzwerte abgeglichen und darauf aufbauend akzeptiert oder abgelehnt werden. In der Phase „**Act**“ werden Informationen synchronisiert und Unsicherheiten neu bewertet. Anschließend erfolgt das erneute Durchgehen der ersten Phase.

Fazit: Das hier beschriebene Pull-Prinzip unterstreicht die zentrale Bedeutung der Validierung nicht nur als Aktivität, die neues Wissen erzeugt, sondern auch als zentrale Aktivität, die Entwicklungstätigkeiten anstößt und definiert. Das Prinzip der Pull-Validierung ermöglicht erst eine effiziente, frühe Validierung, da im Normalfall in den frühen Phasen keine Entwicklungsstände vorhanden sind und diese erst durch einen frühen Pull-

Prozess angestoßen würden. Frühe Validierung nach dem Pull-Prinzip bedingen eine Integration des Aufbaus von Prototypen. In der Literatur ist die Anwendung des Pull-Prinzips und damit die Integration von Prototypen in den frühen Phasen meist nur in der Startup-Forschung vorhanden [Ech18, S.30ff]. Grundsätzlich ist die Bedeutung der Integration von Prototypen in den frühen Phasen in der Literatur aufgearbeitet, jedoch nicht die systematische Auswahl und effiziente Entwicklung im Sinne einer Pull-Validierung [Böh18, S.76ff]. Vorgehen im Push-Prinzip sind in der Praxis etabliert und Methoden integrieren bereits die Nutzung von vorhandenem Lösungswissen zu z.B. technischen Validierungsmethoden (vgl. Spaltenmodell). Nach REINEMANN fehlen in der Praxis frühe Prototypen, bzw. das Wissen darüber, diese zu erarbeiten [Rei20]. Insgesamt fehlt nutzbares, methodisches Lösungswissen, um gesamtheitlich die Durchführung einer frühen Pull-Validierung in etablierten Unternehmen mit Marktleistungsideen für technische Systeme effektiv zu unterstützen. Die Arbeit soll das Pull-Prinzip adressieren und muss damit das frühe Erzeugen von Prototypen berücksichtigen, um frühe Validierung zu ermöglichen. Es besteht das Potenzial, das Lösungswissen aus der Startup-Forschung und weiteren Domänen für die frühe Pull-Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen für technische Systeme in etablierten Unternehmen zugänglich zu machen.

3.4.4 Potenziale der Digitalisierung für die frühe Pull-Validierung

Die in Abschnitt 3.2.1 beschriebenen Technologiekonzepte technischer Systeme können ebenfalls zur Unterstützung bei der Erstellung früher Prototypen und bei der Durchführung von Validierungsaktivitäten eingesetzt werden. Dabei hat sich vor allem die Verwendung von digitalen Technologien, wie künstliche Intelligenz, als erfolgsversprechend herausgestellt. Im Rahmen der Forschungsarbeiten zu frühen Design- und Validierungsaktivitäten (z.B. Makeathons) in den Innovationslaboren des Fraunhofer IEMs wurden zahlreiche Technologie-Konzepte technischer Systeme (z.B. 3D-Druck, Soziale Netzwerke, VR und AR) angewendet (vgl. Anhang A1). Aus den gesammelten Erfahrungen, explorativen Gesprächen mit Teilnehmern und Experten werden im Folgenden vier Thesen zu Potenzialen digitaler Technologien für die Anwendung im frühen Prototyping und der frühen Validierung aufgestellt. Die Thesen können teilweise durch existierende Literatur belegt werden und haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Bild 3-23 zeigt einen Ausschnitt aus der Gegenüberstellung der aufgestellten Thesen und den angewendeten bzw. diskutierten Technologien.

Fragestellung: Adressiert die Technologie die aufgestellte Potenzial-These zur Unterstützung des frühen Designs und der frühen Validierung? Legende Frühes Design <input type="checkbox"/> Frühe Validierung <input type="checkbox"/>		Technologien						
		X-Reality	3D-Druck	Analytics	Konnektivität	Sensorik	Aktorik	Plattformen
Thesen	1. Effizienzsteigerung	•	•	•	•	•	•	
		•		•	•	•		•
	2. Verbessertes Nutzererlebnis			•				
		•	•				•	•
	3. Erhöhte Flexibilität	•	•	•		•	•	•
		•		•				
	4. Verbesserte Ergebnisqualität	•		•			•	•
		•	•	•	•	•	•	•

Bild 3-23 Matrix zur Herleitung der Thesen zu Potenzialen von Technologie-Konzepten für technische Systeme als Enabler für das frühe Design und die frühe Validierung

1. Die Anwendung digitaler Technologien im frühen Design und in der frühen Validierung steigern die Effizienz im Projekt

Für das **frühe Design** existiert eine Vielzahl an Low-Cost-Technologien für Aktorik, Sensorik und Konnektivität (z.B. Arduino-Kits), die kostengünstig erhältlich und mit wenig Aufwand zu ersten effizienten Prototypen führen können. Auch werden 3D-Drucker immer preiswerter und ermöglichen die kostengünstige und schnelle Produktion detaillierter, komplizierter Gestalt-Prototypen. Die Entwicklung von notwendigen Werkzeugen oder lang andauernde Handarbeit bei herkömmlichen Verfahren fällt damit aus. Auch KI-basierte, generative Design-Technologien ermöglichen ein immer schnelleres Erzeugen von komplexen 3D-Modellen. Ebenfalls sind Anwendungstechnologien der künstlichen Intelligenz (z.B. Dall-E und Imagen) dazu in der Lage in kürzester Zeit hochauflösende, individuelle Bilder zu erzeugen, die in Prototypen wie Landing-Pages oder Pitch-Decks kostengünstig genutzt werden können. Auch KI-basierte Anwendungen wie Chat-GPT oder Low-Code-Programmierungsumgebungen ermöglichen ein schnelles Erzeugen komplizierter Software. Existierende, meist kostenlose Assistenzsysteme zur schnellen Erstellung von Nutzeroberflächen (Mock-Ups) für Software bieten oftmals vorgefertigte Designs und ermöglichen durch einfache Verlinkungen unterschiedlicher Fenster und Buttons eine realitätsnahe Darstellung des zukünftigen Nutzererlebnisses. Für die Durchführung **früher Validierung** existieren ebenfalls hinreichend Technologien, die eine Effizienzsteigerung bewirken. Mit unterschiedlichen Analytics-Anwendungen (z.B. Google-Analytics, matomo oder Facebook-Business-Manager) ist es möglich, schnell und kostengünstig Kundenverhalten zu analysieren. Dabei kann es sich beispielsweise um Online-Aktivitäten auf einer Landing-Pages handeln oder die KI-basierte Analyse bestehender Kundenrezensionen. Des Weiteren ermöglichen Plattformen wie soziale Medien einen kostengünstigen und schnellen Zugang zu potenziellen Nutzern oder Kunden. Auch besteht eine große Anzahl an KI-basierten Sensortechnologien, die kostengünstig Verhaltensweisen von Nutzer im Umgang mit Prototypen analysieren können (z.B. Augenfokus bei der Nutzung eines Prototypens während einer Labor-Validierung).

2. Digitale Technologien ermöglichen ein verbessertes Nutzererlebnis bei der Durchführung früher Validierung.

Existierende digitale Technologien wie Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) können zu einem verbesserten Nutzererlebnis bei der Vorführung von virtuellen Prototypen in der Validierung führen. Die Technologien lassen es zu, dass mithilfe illusorischer Stimulation unterschiedliche Alternativen einer Idee frühzeitig für den Anwender erlebbar gemacht werden. Im Vergleich zu VR besteht bei AR das Potenzial physische Elemente mit virtuellen zu kombinieren und somit, bestehende Lösungen effizient im Design um neue zusätzliche Elemente zu ergänzen [Rei21]. Des Weiteren existieren Technologien für die Aktorik, die ein verbessertes Nutzererlebnis ermöglichen. Dazu gehören beispielsweise haptische Handschuhe, die virtuelle Gegenstände erfühlbar machen, indem Druckimpulse bei bestimmten Handlungen ausgelöst werden und somit der Eindruck erweckt wird, dass man beispielsweise einen Gegenstand berührt hat [KR22].

3. Die Anwendung digitaler Technologien im frühen Design erhöht die Flexibilität.

Veränderungen, die auf Grundlage von z.B. Kundenfeedback vorgenommen werden, bedingen eine notwendige Flexibilität im Design-Prozess. Die Möglichkeiten durch vielfältige Technologien in der additiven Fertigung, wie 3D-Druck, Laser Sintern und Stereolithographie, decken eine Bandbreite möglich vorzunehmender Gestaltungsaspekte ab. Auch sind in 3D-Modellen Änderungen schnell und einfach umsetzbar. Des Weiteren ermöglicht die einfache und vielfältige Verfügbarkeit von Sensoren, Aktoren und Halbleitern das flexible Reagieren auf technologischen Änderungswünschen.

4. Die Unterstützung durch digitale Technologien steigert die Qualität der Ergebnisse im frühen Design und in der frühen Validierung.

Durch die Nutzung von z.B. kollaborativen Entwicklungsumgebungen oder Online-Communities kann Wissen zwischen Entwicklern im frühen Design besser in Entwicklungsentscheidungen fließen und damit zu einer Gesamtsteigerung der Qualität des Prototypens führen. Für die frühe Validierung existieren eine Vielzahl digitaler Technologien, die die Qualität von Mess- und Interpretationsergebnissen signifikant steigern können. Sensortechnologien für beispielsweise Wearables oder Kameras ermöglichen eine detaillierte Erfassung des Kundenverhaltens bei der Nutzung von Prototypen. Der Einsatz von AR und VR kann die Realitätswahrnehmung bei der Nutzung von virtuellen Prototypen steigern und damit die Qualität des Nutzerfeedbacks erhöhen. Auch ist es durch Technologien der KI-basierten linguistischen Datenverarbeitung (NLP) möglich, dokumentiertes, qualitatives Feedback von Nutzern und Kunden automatisiert zu analysieren. So können beispielsweise Gemeinsamkeiten oder Erkenntnisse extrahiert werden, die die Gesamtqualität der Interpretation von qualitativen Ergebnissen steigern können.

3.4.5 Lösungswissen zur frühen Pull-Validierung

Im letzten Abschnitt wurde das Potenzial des Pull-Prinzips für die frühe Validierung deutlich. In der Literatur sequentieller Produktentstehungsmodelle werden oft Ansätze beschrieben, um spezifische Anforderungen in späten Phasen zu testen. Ein vages Ziel und grobe Funktionalitäten, die in den frühen Phasen vorliegen, stehen oft nicht im Fokus der Unterstützung. Insgesamt ist frühe **Validierung wenig angeleitet und systematisch, sondern oft erfahrungsbasiert** von einzelnen Ingenieuren durchgeführt [Kli16, S.43]. UTTING ET AL. beschreiben den Prozess der Testableitung als unstrukturiert, selten im Detail motiviert, nicht reproduzierbar und nicht dokumentiert [UPL06]. Auch fehlen Kriterien, nach denen Prototyping- und Validierungsmethoden ausgewählt werden [Ech18, S.106]. Unternehmen stellt dies vor Herausforderungen [Lin15, S.207]. Es entsteht der Bedarf für die Erarbeitung methodischer Werkzeuge zur frühen Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen technischer Systeme in etablierten Unternehmen [Rei20], [DRG+21].

Eine Möglichkeit der methodischen Unterstützung ist die **Strukturierung und Systematisierung** von **Lösungswissen** zum frühen Design (Prototyping) und zur frühen Validierung [Ana15]. (Lösung)-Wissen beschreibt die Gesamtheit aller Kenntnisse und Fähigkeiten, die Individuen zur Problemlösung einsetzen [Gro05, S. 53f.], [GBV+09, S. 6]. Wesentliche Vorteile der Verwendung von Lösungswissen in der Produktentstehung sind nach ANACKER die Übertragbarkeit, Verbesserung der Kommunikation, langfristige Dokumentation, Komplexitätsreduktion, Effizienzsteigerung und Kreativitätsförderung [Ana15, S.36]. Wissen kann in implizites und explizites Wissen aufgeteilt werden. Implizites Wissen stellt persönliches Wissen eines Individuums dar [GBV+09, S. 6]. Explizites Wissen ist methodisch, systematisch und liegt in artikulierter Form vor [NBS16 S.7], [BGW11, S. 145]. Nach ANACKER kann Lösungswissen ebenfalls in Objekt- und Prozesswissen aufgeteilt werden [Ana15, S. 40].

Getrieben aus der **Startup-Praxis und -Forschung** ist **vereinzelt explizites Lösungswissen** (z.B. TAF-Framework), entstanden, welche die Unterstützung der Durchführung des frühen Designs und der frühen Validierung von Marktleistungsideen adressieren [Ech18], [Böh19]. Es existiert sowohl explizites Wissen zu notwendigen Objekt- und Handlungssystemen zur Durchführung früher Design- und Validierungsaktivitäten (z.B. Prototypen-Charakterisierungen), als auch explizites Wissen zu Prozessen für die Erarbeitung von Prototypen und zur Durchführung der Validierung (z.B. Wissen zur Durchführung der Conjoint-Analyse). Das explizite Wissen zu Objekt und Prozessen des frühen Designs und Validierung wird im Rahmen dieser Arbeit **Methoden-Wissen** genannt. Im Folgenden wird auf das analysierte Lösungswissen eingegangen (vgl. Bild 3-24). Es werden Herausforderungen bei der Unterstützung etablierter Unternehmen zur frühen Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen technischer Systeme nach dem Pull-Prinzip herausgearbeitet.

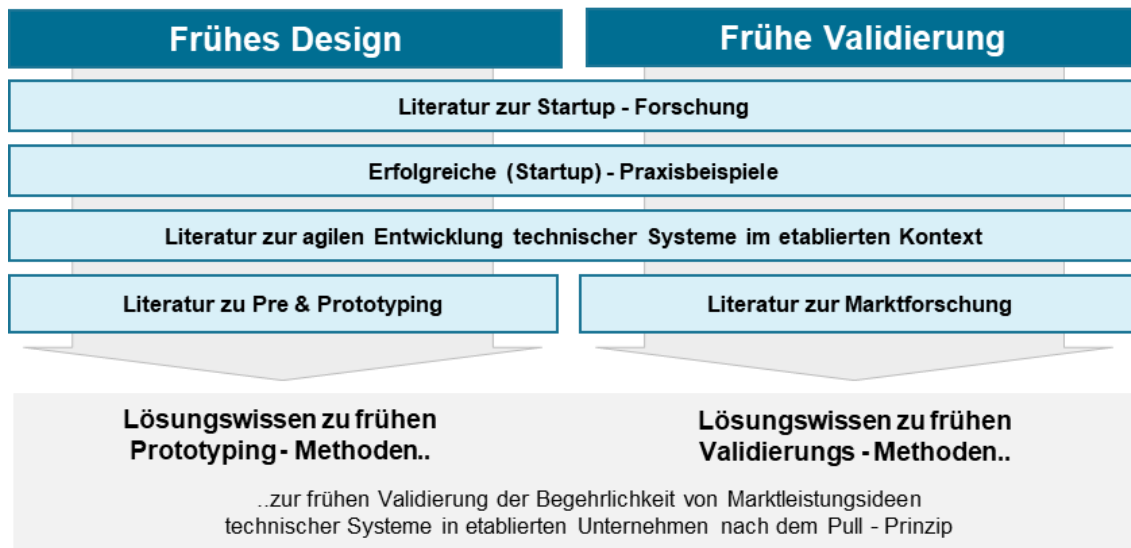


Bild 3-24 Lösungswissen zur frühen Durchführung des Pull-Prinzips der Validierung

Literatur zur Startup-Forschung: Die Forschung zu Startups erfolgt seit über 250 Jahren im Rahmen der Entrepreneurship-Forschung [Bre91, S. 277ff.]. Im Fokus liegt die Gründung von Startups als Umsetzungsform neuer Geschäftsmodelle. In der jüngeren Vergangenheit haben eine Reihe von Unternehmensgründer, wie STEVE BLANK und ERIC RIES, Lösungswissen zu Prozess und Objekten in Form praxisorientierter Literatur zusammengefasst [Rie17], [Rie11], [Bla10], [BO20], [KK13], [LMD19], [Gar20], [Gar14], [OPB+14], [Tho20], [Eis21], [DRP+20], [Ols15], [Coo16], [Zan16], [Ols15], [LB20], [BD14], [BO20]. Ziel ist die Unterstützung von Startups bei der Durchführung der frühen Validierung von Geschäftsmodellen. Die entstandenen Werke sind allerdings durch Erfahrungen von IT-Startups geprägt [Ros15, S. 47f.]. Auch gelingt es wenigen Arbeiten konkrete, theoretische Bezüge herzustellen [Ros15, S. 55]. Startups nutzen das Pull-Prinzip der Validierung [Rie11] (vgl. Abschnitt 2.4.3) und sind bei der Innovations-Einführung erfolgreicher als etablierte Unternehmen [Zol11, S. 202], [BD12, S. 1ff.], [Sch13c, S. 53ff.], [BGR16, S. 716f.]. ECHTERHOFF und NOBEL schlagen deshalb vor, Ansätze von Startups auf etablierte Unternehmen zu übertragen [Nob13-ol, S. 1], [Ech18].

Erfolgreiche (Startup-) Praxisbeispiele: Wie in Abschnitt 2.4.1 beschrieben, existieren in der Praxis verschiedene Erfolgsgeschichten aus dem Startup-Bereich zur frühen Validierung, die als Lösungswissen für das frühe Design und die Validierung in Frage kommen können. Beispiele dafür sind frühe Validierungsexperimente des Tesla Model 3, Tesla Cybertruck, Tesla Robot, Dropbox, Buffer, Zappos, MAN, Amazon, die die Durchführung des Pull-Prinzips meist durch die Unterstützung neuer Technologien erfolgreich in der Praxis umgesetzt haben. Leider liegt dieses Lösungswissen derzeit in Form von Blog-Beiträgen oder ähnlichen, nicht systematisierten Formen vor [Tes19-a-ol], [Tes19-b-ol], [Tes21-ol], [Rie11], [Buf201-ol], [Man19-ol], [LMD19], [Pou18-ol], [Bil16-ol], [Fri18-ol].

Literatur zur agilen Entwicklung technischer Systeme: Als Ansatz zum Umgang mit Komplexität und Unsicherheit finden agile Ansätze, die in ihrer Mehrzahl ursprünglich

aus der Softwareentwicklung stammen, inzwischen auch in der Mechatronik-Entwicklung Anwendung [Kim13], [Rei20], [Dou21], [Böh18], [Rei20], [BUA16], [KR16], [Wei20], [HNZ+19], [DRG+21], [GRW19]. Diese beschreiben schnelle, iterative Vorgehen, die durch kontinuierliche Entwicklung und Validierung von Produktinkrementen sukzessiv Unsicherheiten reduzieren. Für die frühe Validierung der Begehrlichkeit enthalten diese Methoden brauchbares Lösungswissen. Jedoch sind sie durch die holistische Betrachtung der gesamten Produktentstehung und auch durch den breiten Ansatz, neben Begehrlichkeit, die technische Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit von Marktleistungsideen zu validieren, zu umfassend. Damit sind sie im Detail für die frühe Validierung der Begehrlichkeit zu unspezifisch. Auch ist die gesamtheitliche Integration der Methoden in Entstehungsprozesse etablierter Unternehmen nicht zielführend, da nicht zu jedem Zeitpunkt der Entwicklung agil gearbeitet werden kann.

Literatur zu Pre- und Prototyping: Es existiert unterschiedliches Lösungswissen dediziert zu Methoden für die Erstellung von Prototypen und Pretotypen für technische Systeme [ZHS+21], [Moe14], [HH97], [ÄBB+16], [Böh18, S. 41], [Hal12], [Geu96], [GNS16], [RKM+13], [Sav11, S. 2], [Lat17], [Gru18, S. 128], [Rei20], [Jue17], [McE17], [DLO+05], [Alc15], [WDD+08], [NNY+18], [KHD+13], [LPP+06]. Beispiele sind die Methoden „Mechanical Turk“ oder „The-Relabel“. Die Literatur beschreibt dabei Pre- oder Prototypen, die für Software, Hardware oder Kombinationen in Frage kommen. Das vorhandene Lösungswissen (z.B. Charakteristika) wird unabhängig vom Gesamtkontext der frühen Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen technischer Systeme betrachtet, beschreibt oftmals entweder Pre- oder Prototypen und ist für etablierte Unternehmen in den frühen Phasen nicht ohne weiteres anwendbar.

Literatur zur Marktforschung: Sowohl in der klassischen als auch modernen Marktforschung existieren verschiedene Methoden zur Erhebung von Kundenreaktionen, die als Lösungswissen für die frühe Validierung in Frage kommen können [Hom15], [MBK15], [GDE+19, S. 102], [QFA17], [AH15], [Bar15], [BPL12], [Cav84], [Gra19], [Gue14], [HHM04], [LK09], [Low07], [McG09], [MD01], [MSMR17], [OB14], [PTS12], [PWS15], [SMS+15], [WJ10], [BHK+15], [Sch14], [Bec73], [WBB13], [HNA+12], [CAE06], [RGF09], [Tho79], [RG88], [MM10], [PWY14], [Pep95], [GK09], [MBK15], [ABM09], [DEH+16], [Pep95], [Has 10], [Chr14], [Win82], [Spo12], [ZZ11], [PWY14], [Koz02], [Eck98], [FT16], [BB16]. Im Laufe der Zeit ist eine große Anzahl spezifischer Ansätze entwickelt worden. Grundsätzlich kann zwischen qualitativen Methoden (z. B. Feldbeobachtung) und quantitativen Methoden der Kundenbefragung (z. B. Conjoint-Analyse) unterschieden werden [Hom15], [MBK15], [GDE+19, S. 102]. Insgesamt wird das Prototyping vernachlässigt, das für das Pull-Prinzip relevant ist.

Fazit: Es besteht der Bedarf einer systematischen Aufbereitung von vorhandenem Methodenwissen, insbesondere aus dem Startup-Bereich, zur Unterstützung der frühen Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen für technische Systeme in etablierten Unternehmen. Die aufgezeigte Analyse zeigt, dass die frühe Validierung der Begehr-

lichkeit in etablierten Unternehmen, die technische Systeme entwickeln, nicht hinreichend methodisch und in Form von systematisiertem Lösungswissen unterstützt wird. Die Abwesenheit der praktischen Anwendung der Methoden wird in einer Studie nach REINEMANN zum einen bestätigt. Zum anderen spiegelt sich dies in seinen Ergebnissen durch immer noch fehlendes Wissen über relevante Kundenanforderungen, fehlendes Wissen über konkrete Entwicklungsziele, fehlendes Wissen über latente, nicht explizierte Kundenanforderungen, fehlende Unterstützung durch Kunden und Anwender, fehlende Akzeptanz innerhalb der Entwicklungsorganisation, fehlende Unterstützung durch das Management, fehlende technische Ausstattung, fehlende virtuelle Produktmodelle, kein realistisches Produkterlebnis möglich, fehlende physische Prototypen, wider [Rei20].

3.5 Problemabgrenzung

Die Problemanalyse hat verschiedene Nutzenpotenziale für die frühe Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen aufgezeigt. Zur Adressierung der Nutzenpotenziale ergeben sich für etablierte Unternehmen Herausforderungen, die in Handlungsfelder für die Systematik resultieren.

Nutzenpotenziale

A) Frühe Reduktion der größten Unsicherheiten im PEP: Validierung ist der zentrale wissensgenerierende Prozess in der Produktentstehung. Die Durchführung von Validierung erwirkt also, unabhängig davon was und wann validiert wird, das Schließen von Wissenslücken und damit die Möglichkeit, Unsicherheiten bzw. das Risiko des Scheiterns bei neuen Marktleistungsideen zu reduzieren (vgl. Abschnitt 3.4). Fehlendes Wissen zur Begehrlichkeit ist der häufigste Grund für das Scheitern neuer Marktleistungen (vgl. Abschnitt 3.3.2). Der frühe Fokus auf die Validierung der Begehrlichkeit beschreibt das größte Nutzenpotenzial, um die größten und wichtigsten Unsicherheiten sehr früh und bei großer Einflussmöglichkeit, zu reduzieren. Dies bedingt eine früh im Prozess angesetzte, proaktive Integration von Kunden und Prototypen, um Evidenz bzgl. der Messdaten aufbauen zu können (vgl. Abschnitt 3.4.1).

B) Verbesserte Effizienz: Das Potenzial der verbesserten Effizienz durch die Validierung zu einem frühestmöglichen Zeitpunkt in der Produktentstehung, also in der Produktfindung (vgl. Abschnitt 3.3.3), kann durch die Hebelwirkung von Validierung motiviert werden. Die Durchführung von kostengünstigen Entwicklungen von Prototypen und effizienter Validierung erwirkt eine geringere Anzahl an Änderungen im späteren Prozess und damit implizit verringerte Kosten durch das Auftreten von Änderungen (rule of ten, vgl. Abschnitt 3.4.1). Auch resultiert die Nutzung neuer Technologien zur Unterstützung von frühen Entwicklungs- und Validierungsaktivitäten (z.B. durch 3-D-Druck und soziale Plattformen) in einer verbesserten Effizienz, da beispielsweise ein vereinfachter Kundenzugang ermöglicht wird oder komplexe Systeme schneller und günstiger erlebbar gemacht werden können.

C) Verbesserte Transparenz und Ergebnisse: Mehrfache Validierungsiterationen versprechen eine transparentere Planung, Strukturierung und Dokumentation einzelner Arbeitsaufträge im Projekt und eine bessere Kommunikation zwischen Abteilungen [DRG+21, S.94ff]. Durch die Integration von Prototyping in die frühen Phasen entstehen sehr frühe, entwicklungsrelevante Artefakte wie validierte Kundenanforderungen und validierte Funktionalitäten, validierte Prototypen und analysiertes Kundenfeedback. Die Informationen können bei transparenter und verständnisvoller Kommunikation effektiv im Entstehungsprozess an die Entwicklung kommuniziert und von diesen genutzt werden, wenn es darum geht, die eigentliche Marktleistung zu entwickeln (vgl. Abschnitt 3.3.4).

D) Adaption von Lösungswissen aus Praxis und Forschung zur Unterstützung in den frühen Phasen: Literatur aus der Startup-Forschung, erfolgreiche Praxisbeispiele aus dem Startup-Umfeld, agile Ansätze, ebenso Ansätze aus Prototyping und Marktforschung besitzen das Potenzial, effektiv und systematisch im etablierten Kontext zur erfolgreichen frühen Validierung genutzt werden zu können. Der Erfolg von Startups im Gegensatz zu etablierten Unternehmen im Bereich der Markteinführung neuer Marktleistungen wurde bereits von Studien bestätigt.

Um die beschriebenen Nutzenpotentiale zu erschließen, ergeben sich drei Handlungsfelder für die frühe Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen für technische Systeme in etablierten Unternehmen, die in Bild 3-25 verortet sind.

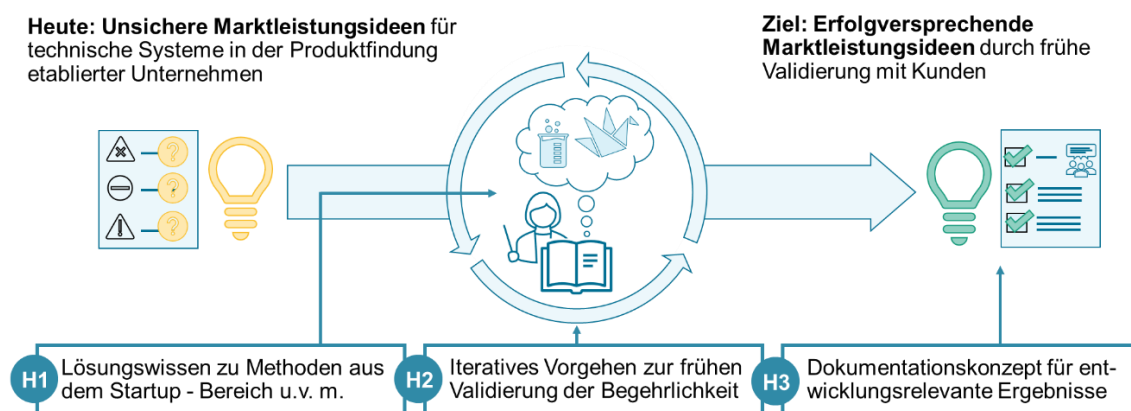


Bild 3-25: Handlungsfelder der vorliegenden Arbeit

Handlungsfeld 1 – Strukturierung von Lösungswissen zur frühen Validierung: Es fehlt an einer strukturierten Wissensbasis, in Form von Methodenwissen, für die Durchführung früher Pull-Validierung inkl. Prototyping. Der Fokus von Methoden in der Literatur für die frühe Validierung liegt oft auf IT-Marktleistungen aus dem Startup-Umfeld. Das Produktportfolio von etablierten Unternehmen mit technischem Fokus ist jedoch durch die in Abschnitt 3.2 beschriebene Vielfalt geprägt. Aufgrund des Zusammenspiels von Mechanik, Elektronik, Regelungs- und Softwaretechnik und der damit verbundenen Komplexität technischer Systeme ist eine einfache Adaption vorhandener Ansätze nicht möglich. Des Weiteren ist das existierende Lösungswissen zur frühen Validierung in der Literatur verschiedener Disziplinen unstrukturiert und selten in allen notwendigen Dimensionen der Pull-Validierung kohärent beschrieben, um eine systematische Auswahl

zu ermöglichen [Rie11], [BU16], [IPE18], [OPB+14], [Lin16], [ABK+16] (vgl. Abschnitt 3.4.5). Die Praktikabilität für etablierte Unternehmen wird insgesamt in der aktuellen Literatur vernachlässigt und erschwert damit den Zugang zu beschriebenen Nutzenpotenzialen der frühen Validierung. Folglich arbeiten Entwickler in der Praxis oft erfahrungsbasiert [Kli16], [Fre17]. Auch fehlen Kriterien, nach denen eine Validierung ausgewählt wird oder der Auswahlprozess verschiedener Prototypen adressiert wird [Ech18]. Daher bedarf es einer Studie zur Strukturierung und Aufbereitung von bestehendem Lösungswissen aus Literatur und Praxis. Diese soll durch angereicherte, charakterisierte Merkmale und Ausprägungen vorbewertet und somit zur systematischen Auswahl, Kombination und unternehmensspezifische Übertragung vorbereitet sein.

Handlungsfeld 2 – Iteratives Vorgehensmodell: Es fehlt an einem systematischen, iterativen Vorgehen für etablierte Unternehmen zur frühen Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen technischer Systeme. Es bestehen einige Ansätze, welche jedoch häufig für eine spezifische Problemstellung oder einen kennzeichnenden Bereich zugeschnitten sind. Ansätze, die allgemein Validierung aufklären (z.B. iPeM Modell), geben nur bedingt konkrete Anweisungen zur Durchführung der frühen Validierung der Begehrlichkeit von technischen Marktleistungsideen in etablierten Unternehmen [Kli16]. Bestehende agile Methoden, die frühe Validierung integrieren, erfüllen nicht die Rahmenbedingungen, um effektiv und effizient in die frühen Phasen eines etablierten Unternehmens integriert werden zu können. Das liegt unter anderem an dem Fokus auf Software oder Startups oder das nicht-beachten von organisationalen Unterschieden zwischen frühen Phasen und eigentlicher Entwicklung, die Qualitätsstandards, Normen etc. beachten müssen. Eine einfache Adaption bestehender, agiler Modelle dediziert für die frühen Phasen ist nicht möglich [DRG+21, S. 95ff]. Die frühe Validierung ist wenig angeleitet und systematisch. Sie zeigt sich erfahrungsbasiert, eher unstrukturiert, nicht in allen Details motiviert, nicht reproduzierbar, nicht dokumentiert, selten nach dem Pull-Prinzip, oft von wenigen Entwicklern definiert und durchgeführt. Hierbei fehlen z.B. Entscheidungshilfen bei der Definition zu validierender Aspekte, eine methodische Berücksichtigung von Unsicherheiten und Systematiken zur Ableitung notwendiger Validierungsumgebungen [Kli16, S. 43], [UPL06], [Jue17]. Aus diesem Grund muss der Kern der Entwicklungssystematik ein Vorgehensmodell sein, das die frühzeitige Validierung nach dem Pull-Prinzip durch ein systematisches Vorgehen unterstützt und damit das frühe Prototyping in die frühen Phasen integriert. Das Vorgehen soll die notwendigen Tätigkeiten, Lösungswissen und Hilfsmittel integrieren und dem Ingenieur einen systematischen Leitfaden zur Hand geben. Eine idealtypische Darstellung ist ausreichend.

Handlungsfeld 3: Dokumentationskonzept entwicklungsrelevanter Ergebnisse: Die Unsicherheit bezüglich der Anforderungen von Kunden und Anwendern ist bei neuen Marktleistungsideen in den frühen Phasen hoch. Wissen ist nur implizit vorhanden und wird gemeinsam mit den vorhandenen Unsicherheiten in notwendigen Dokumentationen für die Entwicklung manifestiert [Rei20, S.90ff]. Die derzeitige Dokumentation von entwicklungsrelevanten Ergebnissen im Spannungsfeld zwischen Produktfindung an der

Schnittstelle zur Entwicklung in etablierten Unternehmen ist für die Durchführung früher Validierung nicht ausreichend (vgl. Abschnitt 3.3.4). Wesentliche Herausforderungen sind die unzureichende Dokumentation entwicklungsrelevanter Informationen, das Informationsdefizit an Schnittstellen, die Kommunizierbarkeit entwicklungsrelevanter Informationen und die Notwendigkeit einer Integration von Dokumentationskonzepten für Validierungsumgebung und Konfiguration für die frühen Phasen (vgl. Abschnitt 3.4.2). Auch müssen vorhandene Konzepte um den Aspekt der ständigen Veränderung der Spezifikation durch das Integrieren von Kundenfeedback erweitert werden. Es fallen relevante Hintergrundinformationen aus einzelnen Validierungsiterationen an, die transparent und nachvollziehbar dokumentiert werden müssen. Das Dokumentationskonzept für die Systematik soll die beschriebenen Aspekte berücksichtigen und eine kommunizierbare Dokumentation von Umgebung und notwendigen Dimensionen der Marktleistungsidee ermöglichen.

Erweiterte Problemabgrenzung

In den vorherigen Abschnitten der Problemanalyse wurden die Handlungsfelder auch durch die Ausgrenzung verschiedener Aspekte definiert. Zum einen soll die Systematik die frühe Validierung unterstützen, indem ein konkretes Vorgehen zur Planung und Durchführung von früher Validierung beschrieben wird. Die Integration des Vorgehens in die Gesamtorganisation, inkl. Transformationsaspekte wird nicht adressiert, da für dieses Forschungsfeld zunächst die grundlegende Systematik gelegt werden muss. Grund dafür ist, dass die Validierung im Rahmen der Produktfindung in bestehenden Modellen der Produktentstehung technischer Systeme in etablierten Unternehmen bisher nicht durch konkrete Handlungsanweisungen unterstützt wird (vgl. Abschnitt 3.3.1). Ebenfalls wird im Rahmen dieser Arbeit die Verifikation, die nach ALBERS Teil der Validierung ist, nicht adressiert (vgl. Abschnitt 3.1.2). Des Weiteren stehen die Validierung der Machbarkeit, genauso wie die Wirtschaftlichkeit nicht im Fokus dieser Arbeit, da kundenseitige Aspekte (Begehrlichkeit) einer Marktleistungsidee fokussiert werden (vgl. Abschnitt 3.4.2). Die Arbeit soll ebenfalls nicht die Push-Validierung adressieren.

3.6 Anforderungen

Aus der Problemanalyse resultieren Anforderungen an eine Systematik zur frühen Validierung von Marktleistungsideen, die sich entlang der Handlungsfelder gliedern lassen.

Übergeordnete Anforderungen an die Systematik

A1) Anwendbarkeit für etablierte Unternehmen, die technische Systeme entwickeln: Die Systematik muss aus Sicht etablierter Unternehmen erfolgen, die technische Marktleistungsideen fokussieren. Dabei muss, wie in Abschnitt 3.2 beschrieben, die Bandbreite an technologischer (Mechanik, Software, CPS) und geschäftlicher (Produkt, PSS, Service) Vielfalt der Marktleistungsideen abgedeckt werden. Auch gilt es, die Ansätze erfolgreicher Startups auf die Strukturen etablierter Unternehmen zu übertragen.

A2) Frühe Validierung der Begehrlichkeit: Wie in Abschnitt 3.4.1 gezeigt, ist die Validierung besonders in den frühen Phasen des Innovationsprozesses erfolgsversprechend, da hier am meisten Einfluss und die geringsten Kosten bei Änderung einer Idee auftreten. Auch wurde im selben Abschnitt aufgezeigt, dass fehlende Begehrlichkeit einer Marktleistung beim Kunden die häufigste Ursache für das Scheitern ist. Die Systematik soll daher die frühe Validierung der Begehrlichkeit von technischen Marktleistungsideen durch potenzielle Kunden fokussieren.

Anforderungen an das Lösungswissen für die frühe Validierung

A3) Induktiv-deduktive Herleitung und Erweiterbarkeit: Vorhandenes Lösungswissen aus Literatur und Praxis soll für die Systematik in einem induktiv-deduktiven Verfahren identifiziert, strukturiert und aufbereitet werden (vgl. Abschnitt 3.4.5). Da sich durch den technischen Fortschritt neue Möglichkeiten für die Ausführung von früher Validierung ergeben werden, kann das Lösungswissen nur als Momentaufnahme aufgefasst werden. Aus diesem Grund bedarf es einer kontinuierlichen Erweiterbarkeit, die durch die Systematik adressiert werden muss.

A4) Auswahl und Kombination von Lösungswissen: Während der Planung der Validierung werden notwendige Methoden für Prototypen und Validierung ausgewählt, kombiniert und spezifiziert (vgl. Abschnitt 3.4.3). Das erarbeitete Lösungswissen muss daher geeignete Merkmale und Attribute für eine sinnvolle Auswahl und Kombination besitzen, die sich an den individuellen Gegebenheiten etablierter Unternehmen mit technischen Systemen orientieren.

Anforderungen an das Vorgehensmodell zur frühen Validierung

A5) Systematische, iterative Vorgehensweise: Die Systematik soll auf bestehende Ideen von etablierten Unternehmen aufbauen und die frühe Validierung in der Produktfindung unterstützen, damit eine evidenzbasierte Entscheidung zur Fortführung einer Marktleistungsidee getroffen werden kann. Dafür ist eine zielgerichtete und systematische Vorgehensweise zur frühen Validierung notwendig, die sich in etablierte Produktentstehungsmodelle, wie dem 4-Zyklen-Modell, einordnen lässt. Auch soll neben der systematischen Herangehensweise, ein iteratives Vorgehen ermöglicht werden. Es soll, abhängig vom Validierungsergebnis, entschieden werden, ob weitere Validierung notwendig ist oder eine Weitergabe der Ergebnisse stattfinden kann.

A6) Anwendung des Pull-Prinzips der Validierung: Das Vorgehensmodell der Systematik soll dem Pull-Prinzip (vgl. Abschnitt 3.4.3) nachgehen und Entwickler in etablierten Unternehmen methodisch unterstützen, frühe Validierung der Begehrlichkeit nach dem Pull-Prinzip konkret durchzuführen. Die Entstehung von Prototypen soll demnach einzig und allein dem Zweck der vorher identifizierten Validierungsbedarfe dienen. Ebenso soll die Auswahl zu validierender Ideen und Annahmen unter dem Aspekt der Validierungseignung erfolgen. Insgesamt soll das Vorgehensmodell die Identifikation

von Wissenslücken, die Planung, den Aufbau, die Durchführung und die Nachbereitung von früher Validierung ermöglichen.

Anforderung an die Dokumentation und Übergabe relevanter Ergebnisse

A7) Dokumentation der Validierungsumgebung und -konfiguration: Im Rahmen der frühen Validierung werden unterschiedliche Validierungsumgebungen und -konfigurationen definiert und aufgebaut, die relevante Informationen für die Weiterentwicklung beinhalten (vgl. Abschnitt 3.4.2). Die Systematik soll ein Dokumentationskonzept beinhalten, welches eine nachvollziehbare und transparente Spezifikation und Dokumentation von früh definierter Validierungsumgebung und -konfiguration zulässt und wesentliche Elemente wie Methoden, Stakeholder und Umfeld adressieren.

A8) Dokumentation der Marktleistungsidee: Die beschriebenen Herausforderungen an den Schnittstellen zwischen Produktfindung und Entwicklung können durch eine richtige, nachvollziehbare und transparente Dokumentation der Marktleistungsidee adressiert werden. Wesentliche, zu dokumentierende Ergebnisse sind dabei Kundenanforderungen und grobe Funktionalitäten (vgl. Abschnitt 3.3.4). Das Dokumentationskonzept muss beide Ansichten integrieren und zum einen eine einfache Annahmen-Generierung zur Begehrlichkeit ermöglichen, zum anderen das Einfließen neuer Erkenntnisse und eine finale Synthese der Ergebnisse berücksichtigen. Ebenfalls muss eine einfache, aufwandsarme Spezifikation von Prototypen ermöglicht werden, die mit resultierenden groben Funktionalitäten nachvollziehbar verbunden und kommuniziert werden. Die finale Übergabedokumentation muss nachvollziehbar ermittelte Evidenzen, Constraints und sinnvolle weiterer Erkenntnisse aus den Validierungen beinhalten.

4 Stand der Forschung

Vor dem Hintergrund der Problemanalyse werden existierende Ansätze analysiert, die im Kontext der zu entwickelnden Systematik von Bedeutung sind. Abschnitt 4.1 beinhaltet Lösungswissen für die frühe Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen technischer Systeme. In Abschnitt 4.2 werden existierende Vorgehen der Validierung nach dem Pull-Prinzip vorgestellt und bewertet. Anschließend folgt die Analyse bestehender Dokumentationskonzepte für Validierungsumgebungen, Konfigurationen und Marktleistungsideen in Abschnitt 4.3. Das Kapitel endet mit einer Bewertung der betrachteten Ansätze und der Ableitung des Handlungsbedarfs in Abschnitt 4.4.

4.1 Lösungswissen für die frühe Validierung

Im Folgenden werden Ansätze beschrieben und analysiert, die Lösungswissen zu Methoden für das frühe Prototyping und die frühe Validierung beinhalten. Es wurden repräsentative Ansätze gewählt, die die Anforderungen aus Abschnitt 3.6 adressieren.

4.1.1 Experimente-Tools nach BLAND & OSTERWALDER

BLAND und OSTERWALDER beschreiben 44 Experimente zur frühen Validierung von Geschäftsmodellen im Startup Umfeld. Die Autoren stellen neben Beschreibungen der Experimente auch Lösungswissen zu Aufwänden, Kompetenzen zur Durchführung und Best Practices vor [BO20]. Tabelle 4-1 zeigt die einen Ausschnitt der Experimente.

Experiment	Kurzbeschreibung
Storyboard	Nacheinander gezeigte Illustrationen zur Darstellung einer Erfahrung
Product Box	Schachtel, die den Karton eines Produkts marketing-gerecht darstellt
Speed Boat	Visuelle Spieltechnik zur Erklärung der Kundenreise mit dem Produkt
Card Sorting	Methode zur Feature-Validierung, indem Kunden eine Rangliste der Merkmale mithilfe von vorgefertigten Blanko-Karten befüllen
Buy a Feature	Eine Technik, bei der Menschen eine Scheinwährung verwenden, um Funktionen zu kaufen, die sie für ein Produkt haben möchten
Boomerang	Durchführung eines Kundentests mit einem Konkurrenzprodukt
Paper Prototype	Skizziertes Software-Oberfläche auf Papier, das von einer Person beeinflusst wird, um Software-Reaktionen darzustellen
Data Sheet	Ein Datenblatt mit technischen Spezifikationen des Wertangebots
...	

Tabelle 4-1 Ausschnitt aus den 44 Experimenten nach BLAND und OSTERWALDER [BO20]

Bewertung: BLAND und OSTERWALDER stellen in ihrer Toolbox explizites Lösungswissen zu 44 Experimenten für Geschäftsmodelle in strukturierter, bewerteter Form vor. Relevant sind Beschreibungen und Bewertungen der einzelnen, vorgefertigten Experimente, die als Lösungswissen für Prototyping- und Validierungsmethoden deduktiv herausgearbeitet werden können, jedoch nicht vollständig sind. Die Anwendbarkeit zur frühen Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen für technische Systeme in etablierten Unternehmen ist nur bedingt gegeben, da von einer autarken, agilen und kleinen Organisation ausgegangen wird. Durch den Fokus auf das gesamte Geschäftsmodell werden neben der Begehrlichkeit der Marktleistungsidee, auch die Validierung der Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit adressiert. Die Einbettung des Ansatzes in die Produktfindung etablierter Unternehmen, die dediziert die Marktleistungsidee und die frühen Phasen betrachtet, kann damit nicht stattfinden. Das Lösungswissen enthält wenig Praxisbeispiele, lässt durch die Missachtung der Unterscheidung zwischen Methoden für das Prototyping und Validierung, keine systematische Kombination des Lösungswissen zu. Es werden lediglich vorgefertigte Kombinationen dieser beschrieben.

4.1.2 Validierungsexperimente nach WEINREICH

WEINREICH beschreibt verschiedene Methoden und Kennzahlen des Managements, Controllings und der agilen Innovationsentwicklung, die als Lösungswissen für die frühe Validierung der Begehrlichkeit technischer Marktleistungsideen in Frage kommen. Grundsätzlich wird zwischen agilen und klassischen Methoden zur frühen Validierung unterschieden [Wei16]. Tabelle 4-2 zeigt einen Überblick. Für eine genaue Beschreibung wird auf die entsprechende Literatur hingewiesen.

Agile Methoden	Klassische Methoden
<ul style="list-style-type: none"> • Split Test • Anwendungstests • Blickbewegungsaufzeichnung • Open Innovation Verfahren • Kommunikation in Social Media • Communities • Smart Data Analyse 	<ul style="list-style-type: none"> • Kundeninterviews • Kundenbefragungen und -analysen • Trendscouts • Kundenveranstaltungen • Fokusgruppen • Beschwerdemanagement

Tabelle 4-2 Agile und klassische Methoden zur frühen Validierung nach [Wei16]

Neben Methoden zur Ausführung von Validierung beschreibt WEINREICH des Weiteren verschiedene Kennzahlentypen und Beispiele zur Validierung des Problem-Solution-Fit und Problem-Markt-Fit. Tabelle 4-3 und 4-4 zeigen einen Überblick der Kennzahlentypen und Beispiele.

Kennzahltyp	Beschreibung
Häufigkeiten	Messen, wie häufig eine bestimmte Aktivität ausgeführt wird (z.B. Registrierungsanzahl, Anzahl kritischer Kundenäußerungen)
Kundenbewertungen (Ratings)	Bewertung einer Lösung durch den Kunden (z.B. auf einer Skala von 1 – 10 zum Vergleich unterschiedlicher Lösungen)
Messung während der Nutzung	Messen verschiedener Nutzeraktivitäten (z.B. Anzahl der Blickbewegungen oder Mauszeigerbewegungen)

Tabelle 4-3: Kennzahl-Typen für die Messung von Kundenreaktionen nach [Wei16]

Kennzahl	Beschreibung
Klickzahlen	Zeigen das erste Interesse von Kunden; Unterschiedliche Variationen in Text und Bild sind wichtig, da schwer abzuschätzen ist, ob ggf. niedrige Zahlen auf die Marktleistung oder eine schlechte Präsentation zurückzuführen sind.
Click-Through-Raten	Zeigen generelles Interesse durch potenzielle Kunden durch das relative Verhältnis zwischen Klickzahlen und Impressionen
Newsletter-Registrierung / Downloads	Für Registrierungen oder Downloads muss der Kunde persönliche Daten preisgeben, welches höheres Interesse impliziert.
Nutzung eines kostenlosen Angebots	Durch die Nutzung des kostenlosen Angebots erfolgt der Übergang vom potenziellen Kunden zum Kunden (z.B. Freemium).
Nutzung eines kostenpflichtigen Angebots	Erfolgreicher Übergang vom Kunden zum zahlenden Kunden. Dieser Kunde trägt zum Erfolg des Unternehmens bei.
Upgrade auf Premium-Version / wiederholter Kauf	Führt zu einer langfristigen Kundenbindung

Tabelle 4-4: Beispiel-Kennzahlen für die Messung von Kundenreaktionen nach [Wei16]

Bewertung

WEINREICH stellt explizites Lösungswissen zu Methoden für die Durchführung von frühen Validierungsaktivitäten vor, welches für die Nutzung in der Systematik adaptiert werden kann. Insgesamt wird der Fokus auf technische Systeme und etablierte Unternehmen vernachlässigt. Das Lösungswissen stellt eine unbewertete Auflistung dar, die keine systematisierte Auswahl und Kombination ermöglicht. Dieses ist ebenfalls nicht umfänglich genug, um alle zur Verfügung stehenden Möglichkeiten praktikabel abzudecken. Ebenfalls wird keine systematische Vorgehensweise beschrieben, die die Umsetzung früher Validierung in etablierten Unternehmen ermöglicht. Die Spezifikation der Validierungsumgebung und Marktleistungsidee wird nicht adressiert. Auch existiert keine Betrachtung von frühen Prototyping-Methoden, die für die Pull-Validierung notwendig sind.

4.1.3 Pretotyping und Prototyping nach SAVOIA ET AL

In der Literatur existieren verschiedene Beiträge die Lösungswissen zur Erstellung von frühen Prototypen bzw. Pretotypen bereitstellen. SAVOIA stellt in seinen Veröffentlichungen verschiedene Techniken des Pretotypings vor, die Entwickler nutzen können, um eine frühe Validierung von neuen Marktleistungsideen durch Prototypen zu ermöglichen. Ebenfalls stellt er verschiedene Analysemöglichkeiten zur Interpretation von Messdaten zu Kundenreaktionen vor [Sav11, S. 2ff.], [Sav19]. Tabelle 4-5 und 4-6 zeigen eine Übersicht der vorgestellten Prototypen und Analysemöglichkeiten.

Pretotyp	Beschreibung
Mechanical Turk	Pretotyp, indem noch nicht entwickelte Technologien und Funktionen durch Personenaktivitäten ersetzt werden.
Pinochio	Eine aus Holz bestehende nicht-funktionale Design-Gestalt
Fake Door	Einstiegspunkt für ein potenzielles Produkt, ohne dass das Produkt überhaupt existieren muss (z.B. Kaufen Button)
Facade	Einstiegspunkt für ein potenzielles Produkt mit weiterführenden Aktionen. (z.B. Kaufen Button)
Youtube Video	Video zur Marketing-gerechten Erklärung einer Idee
One-Night-Stand	Die einmalige Erstellung eines versprochenen Mehrwerts (z.B. einmalige Vermittlung der eigenen Wohnung als Air-BnB)
Infiltrator	Geringe Stückzahl eines produzierten Produkts
Relabel	Ein bestehendes Produkt, mit der eigenen Marke versehen
Combinations	Live Demonstration, Morsel Prototyp etc.

Tabelle 4-5: Beschriebene Pretotypen nach SAVOIA [SAV11, S. 2FF.], [SAV19]

Analyse-Tool	Beschreibung
Skin-in-the-Game Caliper	Im Anschluss an eine Validierung wird das Commitment einer gemessenen Reaktion bewertet.
TRI-Meter	Visuelles Tool zur Interpretation von Daten durch Ermittlung der Erfolgswahrscheinlichkeit (sehr unwahrscheinlich - sehr wahrscheinlich)

Tabelle 4-6: Beschriebene Analyse-Tools nach SAVOIA [SAV11, S. 2FF.], [SAV19]

Ein weiterer Ansatz im Bereich Pretotyping ist das Werk nach MACKAY und BEAUDOUIN-LAFON [MB12]. Die Autoren strukturieren verschiedene Prototyping-Methoden durch die Bereiche Rapid-, iteratives und evolutionäres Prototyping. Ebenfalls werden Best Practices und Tools zur Unterstützung beschrieben [MB12].

Bewertung

Die existierenden Ansätze für das Pre- und Prototyping beschreiben adaptierbares Lösungswissen zu Methoden für das Prototyping und der Validierung, die für die Systematik

relevant sind. Die beschriebenen Konzepte sind oftmals aus einer technischen Perspektive beschrieben, eignen sich daher nur bedingt für die praktikable, systematische Anwendung in den frühen Phasen, und der entsprechenden Validierung von Begehrlichkeitsaspekten. Das enthaltene Lösungswissen beschränkt sich auf bewertete technische Aspekte und vernachlässigt die Kombination von Prototyping- und Validierungsmethoden. Auch wird kein systematisches, iteratives Vorgehen zur frühen Validierung nach dem Pull-Prinzip beschrieben, die das Lösungswissen aufgreift. Es werden keine Konzepte zur Dokumentation entwicklungsrelevanter Ergebnisse beschrieben. Insgesamt ist die Anwendung in etablierten Unternehmen nicht ohne weiteres möglich.

4.1.4 MVPs in Systems Engineering nach ZIMMERMANN ET AL.

ZIMMERMANN ET AL. nennen in einem Portfolio zur Strukturierung von digitalen und physischen Minimum Viable Products, 17 verschiedene Prototyping-Methoden. Diese werden vertikal den verschiedenen Phasen (früh, mittel, spät) im Produktentstehungsprozess zugeordnet. Horizontal werden diese den Validierungszielen Zahlungsbereitschaft, Kundennutzen, Usernutzen, Gesamtfunktion des Produkts, Unterfunktionen, Design und Usability zugewiesen [ZHS+21]. Bild 4-1 zeigt eine Übersicht zu der Auflistung der Prototyping-Methoden physischer Produkte.

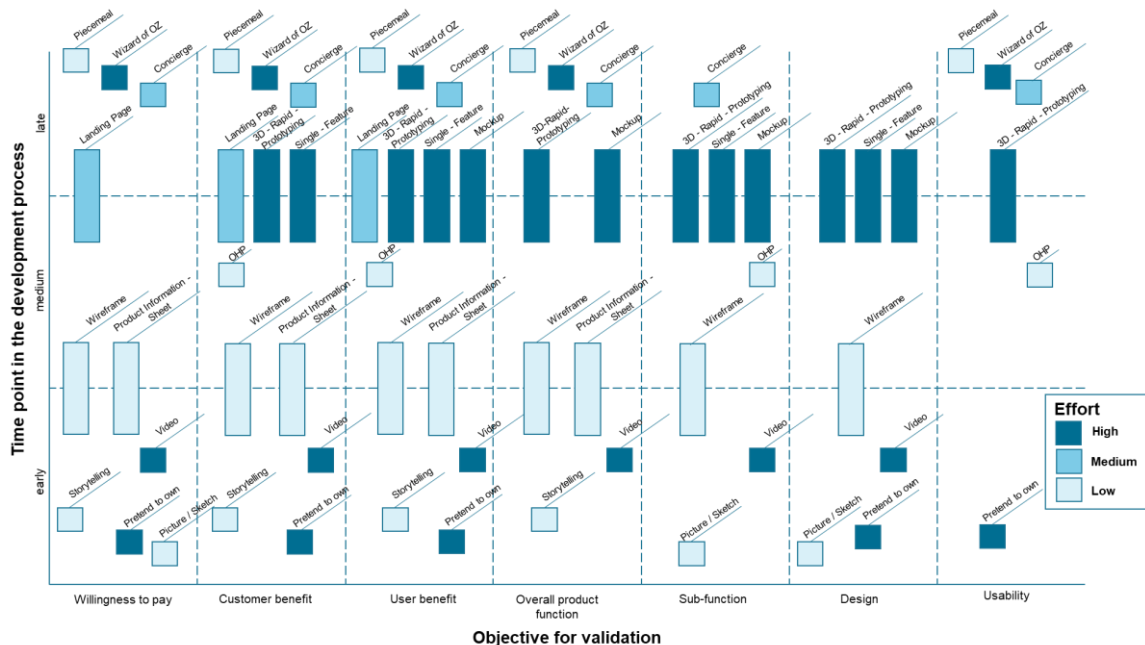


Bild 4-1: Portfolio zur Auswahl von Prototypen für physische Produkte [ZHS+21]

Die eingeordneten Prototyping-Methoden wiederholen sich im Portfolio entsprechend der Anwendbarkeit innerhalb der Entwicklungsposition. Der entstehende Aufwand wird farblich in den drei Stufen High, Medium und Low hervorgehoben. Nicht-funktionale Prototypen wie „Storytelling“, „Ideensketch“, „Videos“ werden in die frühen Phasen eingeordnet. Prototyping-Methoden wie Wireframes und Produktinformationsblätter werden in den mittleren Bereich eingeordnet. MVPs, die in späteren Phasen eingestuft werden,

sind bereits teilweise funktional. Beispiele sind Single-Feature MVPs oder Wizard of Oz. Weitere nicht-funktionale Prototypen, die in den späten Phasen eingeordnet werden, sind 3D-Rapid-Prototyping oder Mockups. Das in der Literatur recherchierte Lösungswissen wird in Form von Steckbriefen festgehalten. Die Autoren visualisieren in der Veröffentlichung einen einzigen Steckbrief zur Methode „Produktinformationsblatt“ (Bild 4-2).

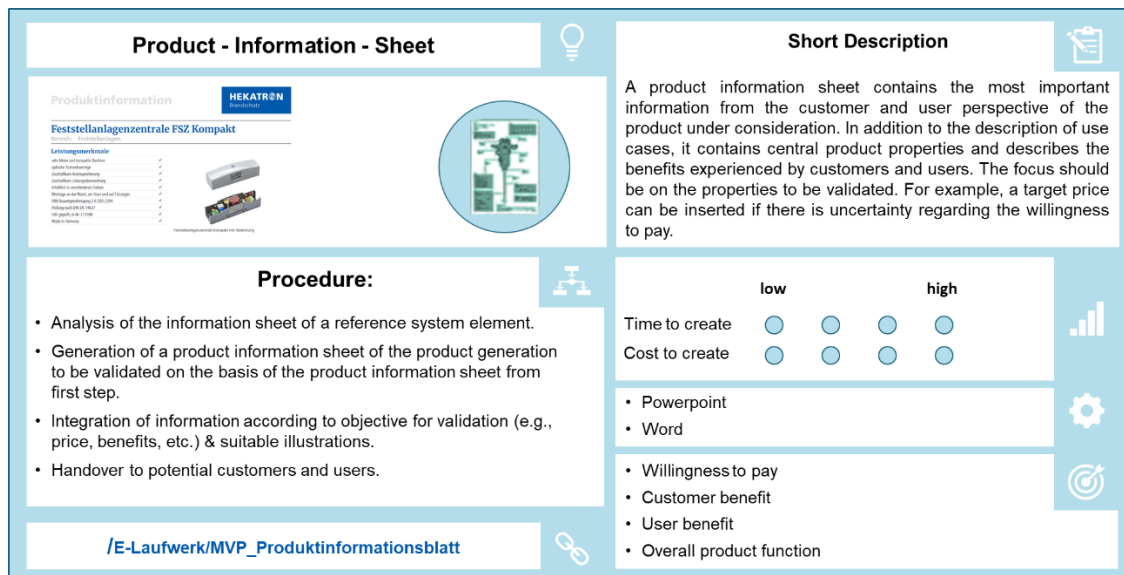


Bild 4-2 Steckbrief zur Prototyping-Methode „Product-Information-Sheet“

Der Steckbrief teilt sich in sieben Bereiche auf, die teilweise konstitutive Merkmale zur Charakterisierung des Methodenwissens enthalten. Im Feld „Kurzbeschreibung“ werden die MVPs kurz zusammengefasst. Die Einordnung für Zeit und Kostenaufwand geschieht qualitativ durch eine 4-stufige Skala (niedrig-hoch). Des Weiteren werden beispielhafte Tools zur Erstellung der Prototypen, mögliche Validierungsziele und ein mögliches Vorgehen zur Erstellung dieser genannt.

Bewertung

Die Veröffentlichung von ZIMMERMANN ET AL. zeigt Lösungswissen zu 17 verschiedenen Prototyping-Methoden entlang des gesamten Produktentstehungsprozesses. Die Zuordnungen sind zwar berechtigt, geben jedoch nicht die realistische Situation in Unternehmen wieder. Grund dafür ist, dass je nach Ausgangssituation, bestimmte Prototypen auch in den frühen Phasen aufwandsarm entwickelt werden können und dadurch eher präferiert werden als im Portfolio angegeben. Des Weiteren findet nur eine Nennung der einzelnen Prototypen statt, eine ausführliche Beschreibung in Form von weiterführenden Steckbriefen ist, bis auf ein Beispiel, nicht gegeben. Die beschriebenen konstitutiven Merkmale reichen des Weiteren nicht aus, um eine unternehmensindividuelle Auswahl zu ermöglichen. Es wird ein kurzes Vorgehen skizziert, welches jedoch zu generisch ist, um eine praktische Anwendung zu ermöglichen. Es werden ebenfalls nur Methoden für das Prototyping physischer MVPs gezeigt. Eine Zuordnung für digitale MVPs wird zwar genannt, jedoch nicht strukturiert oder beschrieben.

4.1.5 Methoden der Kundenbefragung nach GAUSEMEIER ET AL.

GAUSEMEIER ET AL. fassen insgesamt 32 klassische und technologiebasierte Methoden der Datenerhebung zusammen, um das Kundenverhalten im Zusammenhang mit neuen Marktleistungsideen zu erforschen [GDE+19, S.102]. Ein Ausschnitt der beschriebenen Methoden ist in Tabelle 4-7 dargestellt.

Methode	Charakterisierung
Ethnographische Beobachtung	Es werden Konzepte und Werkzeuge aus der Anthropologie und den Sozialwissenschaften eingesetzt, um durch die teilnehmende Beobachtung unausgesprochene Wünsche von Kunden (z.B. Kindern) aufzudecken.
Feld-Beobachtung	Durch die Beobachtung der Marktteilnehmer in ihrer gewohnten Umgebung, z.B. beim Einkauf von Produkten, werden unauffällig Daten durch Beobachtung gesammelt.
Labor-Beobachtung	Durch Laborbeobachtung der Marktteilnehmer in künstlich geschaffenen Situationen, z.B. Bei einem absichtlich herbeigeführten Stromausfall lassen sich spezifische Daten zu definierten Anwendungsfällen sammeln.
Biometric Response	Durch Kombination unterschiedlicher Ansätze (Neuromarketing, Eye Tracking etc.) wird die Reaktion nach gezielter Konfrontation mit ausgewählten Stimuli gemessen. Ziel ist die Erfassung nicht artikulierter Meinungen.
Eye Tracking	Beim „Eye Tracking“ werden die Blickbewegungen einer Person aufgezeichnet, um die Wirkung von z.B. Designelementen zu überprüfen. Gebräuchliche Anwendungsfälle sind beispielsweise die Überprüfung des Verpackungsdesigns, von Werbeelementen oder Autokarossern.
...	

Tabelle 4-7: Ausschnitt der Datenerhebungsmethoden nach [GDE+19]

Bewertung

Die Zusammenfassung existierender Methoden zur Kundenbefragung nach GAUSEMEIER ET AL. gibt eine übersichtliche Strukturierung möglicher Validierungsmethoden in den frühen Phasen der Produktentstehung. Die insgesamt 32 Methoden können in das Lösungswissen integriert werden. Die Autoren stellen dabei nur Kurzbeschreibungen der einzelnen Methoden vor und präsentieren kein zusätzliches bewertetes Lösungswissen, welches eine systematische Auswahl und Durchführung vereinfachen würde. Die Erweiterbarkeit und ein zusätzliches Vorgehensmodell zur Durchführung der frühen Validierung sind nicht gegeben. Außerdem findet eine isolierte Betrachtung von Validierungsmethoden statt, das frühe Prototyping wird insgesamt nicht adressiert. Auch fehlen Dokumentationskonzepte für die Validierungsumgebung oder Marktleistungsidee.

4.1.6 Validierungsexperimente für Augmented Reality

In der Literatur werden vermehrt Methoden beschrieben, die auf die Augmented Reality Technology basieren und ein frühes Prototyping ermöglichen. Dazu gehören beispielsweise der Wizard of Oz für Mixed Reality nach DOW ET AL. [DLO+05], [Alc15], Paper

Prototyping für Augmented Reality, die Methode PapAR nach LAUBER ET AL., Virtual Reality Simulationen für Augmented Reality [WDD+08], [Pou18-ol], Rapid Prototyping für Augmented Reality nach BILLINGHURST [Bill16-ol], oder die Methodik ProtoAR nach NEBELING ET AL. [NNY+18]. Zu den aufgeführten AR-Prototyping-Methoden stellen Autoren wie FRITZ ebenfalls verschiedene Tools und Methoden zur Prototypisierung mithilfe von AR zusammen (vgl. Bild 4-3) [Fri18-ol].

Mid Fidelity	
<p>Sketchbox</p> <p>Create on Vive and Rift, view on View and Rift</p> <p>Lo-Fi to Mid-Fi</p> <p>If you have experience with Vice or Rift controllers, no learning necessary!</p> <p>\$14.99 flat cost</p> <p>Great tool to create click-through storyboards in 3D space. Primarily for storytelling flows. Can quickly move content into VR to see distance sizing and spacing.</p> <p>[Imports images, 3D models, and 360 images, exports as FBX, which can be brought into Unity!]</p> <p>https://www.sketchbox3d.com/</p>	<p>Proto.io for VR</p> <p>Create in Desktop, view on Desktop, Phone, and Cardboard Viewer</p> <p>Lo-Fi to Hi-Fi</p> <p>Minimal. After watching tutorial for VR formatting, is intuitive to create.</p> <p>Free of charge</p> <p>Simple tool for prototype execution to view in VR. Beneficial for seeing layouts and feel of navigation in end to end flows. Not intended for final prototypes, but rather very helpful to quickly experience and user test.</p> <p>https://support.proto.io/hc/en-us/articles/115002611692</p>

Bild 4-3 - Ausschnitt aus der Übersicht der Prototyping-Tools für AR nach [Fri18-ol]

Bewertung

Augmented Reality bietet faszinierende neue Möglichkeiten zur frühen Validierung von Marktleistungsideen technischer Systeme. Die aufgezeigten Ansätze beschreiben dediziertes Lösungswissen zur Planung und Anwendung der Technologie für das frühe Prototyping. Dem Domänenfokus entsprechend, decken diese Ansätze nur einen sehr geringen Teil der Möglichkeiten für eine frühe Validierung ab. Dennoch kann das bestehende Lösungswissen adaptiert und für etablierte Unternehmen praktikabel zugänglich gemacht werden.

4.2 Unternehmensspezifische Validierung nach dem Pull-Prinzip

Im Folgenden werden Ansätze aus dem Stand der Technik beschrieben, die (iterative) Vorgehensmodelle zu Durchführung der frühen Validierung nach dem Pull-Prinzip beinhalten. Dabei wurden Ansätze ausgewählt, die die Anforderungen aus Abschnitt 3.6 hinreichend adressieren.

4.2.1 TAF-Agile Framework nach HOFSTETTLER ET AL.

Das TAF Agile Framework beschreibt einen Methodenrahmen für die agile Mechatronik-Entwicklung. Ziel ist die Entwicklung eines Minimum Viable Products (MVP) einer neuen mechatronischen Lösung und die gleichzeitige Reduktion der Unsicherheit in Bezug auf die drei Validierungsziele Desirability, Viability und Feasibility (vgl. Abschnitt 3.4.2) [HBL+17, S. 770]. Dazu werden drei Plan-Do-Check-Act Zyklen iterativ durchlaufen. Bild 4-4 veranschaulicht das Vorgehen.

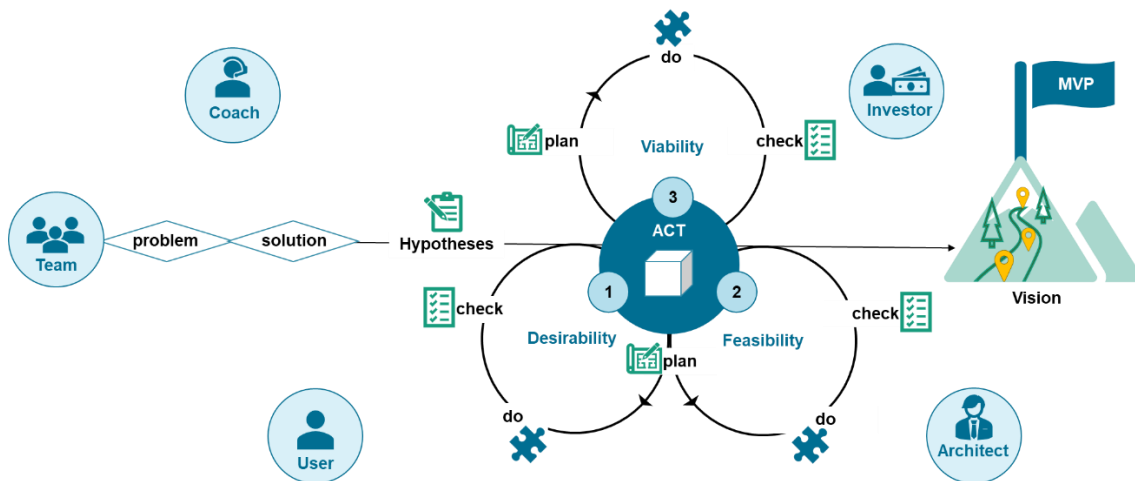


Bild 4-4: Übersicht auf das TAF-Agile Framework nach HOFSTETTLER ET AL. [HBL+17]

Planen (Plan): In der ersten Phase ist das Ziel das Sammeln von Informationen über das Produkt und das jeweilige Validierungsziel, um zu bewertende Forschungsfragen abzuleiten [HBL+17, S. 771]. Während der Planungsphase im Desirability-Zyklus werden mögliche User Stories in Bezug auf das Produkt und seine Gültigkeit bewertet. Zu diesem Zweck wird die Problembeschreibung des Zielkunden in User Stories übersetzt, sodass verschiedene Sichtweisen berücksichtigt werden. Die Bewertung der Gültigkeit der User Stories erfolgt innerhalb des Teams und wird anschließend in Hypothesen umformuliert. Jede Hypothese erhält gleichzeitig Akzeptanzkriterien, die nach einem Test festlegen, ob die Hypothese bestätigt wird [HBL+17, S. 771]. Innerhalb des Feasibility-Planungszyklus erfolgt eine Aufteilung der angestrebten Lösung in technische User Stories. Mit Hilfe dieser werden in einem weiteren Schritt Funktionsbäume, morphologischer Kasten und eine Baustruktur abgeleitet [HBL+17, S. 771]. Grundlegende Annahmen über das Geschäftsmodell werden im Viability-Planungszyklus erhoben.

Machen (Do): In der Do-Phase werden Prototypen erstellt, die ausschließlich zur Überprüfung der in der ersten Phase aufgestellten Hypothesen dienen. Die Art und Eigenschaft des Prototyps ist stets von der jeweiligen Forschungsfrage abhängig [HBL+17, S. 771]. Der Desirability-Zyklus nutzt nach den Autoren i.d.R. Prototypen aus Papier, Skizzen und Fragebogen. Während der Do-Phase des Feasibility-Zyklus werden die kritischsten Funktionen der Anforderungsliste identifiziert und in Prototypen überführt. Das Bauen

und Überprüfen der Prototypen stellen die technische Machbarkeit und das Erfüllen kritischer Funktionen sicher. In der zweiten Phase des Viability-Zyklus wird eine Marktforschung und weitere Geschäftsanalysetätigkeiten durchgeführt [HBL+17, S. 771].

Überprüfen (Check): Hier werden die zuvor gebauten Prototypen bewertet. Die durch die Bewertung erlangten Erkenntnisse werden gesammelt und ausgewertet. Auf Basis derer gilt es, die aufgestellten Forschungsfragen an- oder abzulehnen [HBL+17, S. 771]. Im Desirability-Zyklus werden die Hypothesen auf Grundlage der festgelegten Akzeptanzkriterien bewertet und akzeptiert, bzw. abgelehnt. Die Bewertung des Feasibility-Prototyps erfolgt anhand der Funktionalität kritischer Funktionen. Gleichzeitig wird überprüft, ob das Erfüllen kritischer Anforderungen in neue Anforderungen resultiert. In der Viability-Überprüfung werden die erhobenen Geschäftsmodelldaten in eine Business Case Berechnung integriert und mit den Akzeptanzkriterien abgeglichen.

Handeln (Act): Die Handlungsphase ist für alle drei Zyklen gleich und wird von den Autoren als zentraler Integrationspunkt für Informationen beschrieben. Nach der Informationssynchronisation wird gleichzeitig über die weitere Vorgehensweise mittels einer Unsicherheitsbewertung entschieden.

Bewertung

Das TAF-Agile Framework nach HOFSTETTLER ET AL. stellt einen Methodenrahmen zur kontinuierlichen Validierung in der Mechatronik-Entwicklung bereit. Relevant für diese Arbeit ist das Vorgehen nach dem Pull-Prinzips innerhalb des Desirability-Zyklus und enthaltenes Lösungswissen zum frühen Prototyping und zur frühen Validierung. Durch die Betrachtung aller drei übergeordneten Validierungsziele (vgl. Abschnitt 3.4.2), werden Aspekte zur Validierung der Begehrlichkeit nicht detailliert genug betrachtet. Das Gesamt-Vorgehen wird insgesamt auf einer sehr hohen Abstraktionsebene beschrieben, sodass eine konkrete Anwendung nicht ohne weiteres möglich ist. Der Fokus auf rein mechatronische Systeme verhindert das Abdecken der Bandbreite technischer Systeme. Ebenfalls gibt es keine Systematisierung des Auswahl-Prozesses für Methoden des Prototypings und der frühen Validierung. Es fehlen Dokumentationskonzepte für die zu erarbeiteten Validierungsumgebungen. Die Dokumentation von Annahmen zu Begehrlichkeitsaspekten ist durch die Nutzung von User Stories im Desirability-Zyklus gegeben.

4.2.2 Testing Process nach BLAND UND OSTERWALDER

BLAND und OSTERWALDER beschreiben ein iteratives Vorgehen zur frühen und kontinuierlichen Validierung von Geschäftsmodellen. Neben einem Mikro-Prozess, der die zwei Aktivitäten Business Design und Test beinhaltet, beschreiben die Autoren verschiedene durchzulaufende Makro-Sequenzen, die abhängig von der Grundidee des Geschäftsmodells unterschiedlich durchlaufen werden [BO20]. Bild 4-5 greift die beiden Sichten auf.

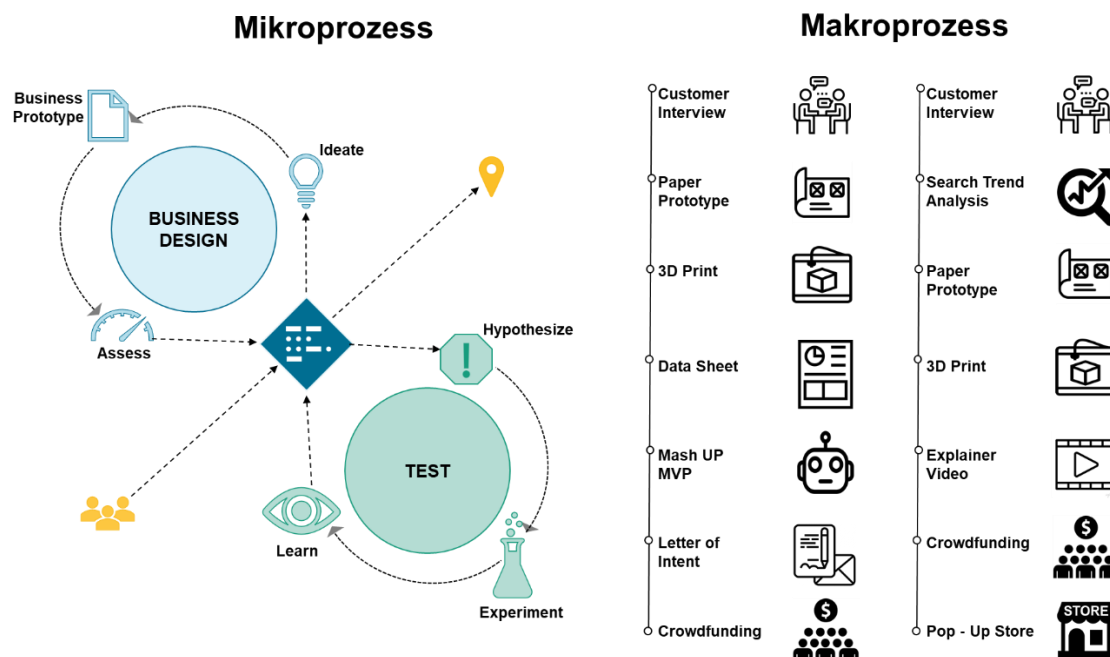


Bild 4-5: Mikro- und Makroprozess zur Validierung von Geschäftsmodellen [BO20]

Der **Mikroprozess** beginnt mit dem Design-Zyklus, im speziellen mit dem „Team-Design“. Die Autoren schlagen zur Durchführung der Validierungsexperimente cross-funktionale Teams mit den Kompetenzen Design, Sales, Produkt, Marketing, Tech, Research, Legal, Finance und Data vor. Das definierte Team generiert anschließend Ideen für ein neues Geschäftsmodell. Die Ideen werden in einer Value-Proposition - und Business-Model-Canvas dokumentiert. In einem nächsten Schritt werden Business-Prototypen erstellt. In frühen Iterationen können dies beispielsweise einfache Skizzen sein. Anschließend werden die entwickelten Prototypen intern bewertet und verbessert. Besteht ein Konsens über die gestalteten Ergebnisse, werden darauf aufbauend im Test-Zyklus Hypothesen abgeleitet und priorisiert. Dabei sehen die Autoren die Entstehung von Hypothesen in den Bereichen Desirability, Feasibility und Viability vor. Desirability definiert sich aus Annahmen zu Kundensegment, Kundenprofil, value map, Kanäle und Kundenbeziehungen. Sind die risiko-reichsten Hypothesen ausgewählt, werden im nächsten Schritt passende Experimente zur Überprüfung dieser definiert. Dabei unterstreichen die Autoren die Wichtigkeit der präzisen Ausformulierung des „Wer“ (Test-Subjekt), „Wo“ (Test-Kontext), und „Was“ (Test-Elemente). Dazu gehören die Ausformulierung der Hypothese, notwendige Metriken und Grenzkriterien. Sind alle Vorbereitungen getroffen, wird in einem nächsten Schritt das Experiment durchgeführt. Danach werden die Ergebnisse analysiert. Es werden die verschiedenen Testergebnisse mit unterschiedlichen Kunden gegenübergestellt und Key Learnings herausgearbeitet, die eine Hypothese falsifizieren oder bestätigen. Der nächste Schritt „Entscheiden“ beschreibt die Aktivitäten, um ein Geschäftsmodell zu verwerfen, verbessern oder zu erweitern.

Die wiederholte Durchführung des Mikro-Prozesses mit unterschiedlichen Prototyping- und Validierungsmethoden wird von den Autoren in **Makro-Prozessen** festgehalten.

Diese stellen eine Empfehlung der Reihenfolge aus zusammengefassten, kombinierten Methoden dar. Die Sequenzen strukturieren sich grundsätzlich durch die Dimensionen Markt (B2B oder B2C) und Wertschöpfung (Hardware, Software, Dienstleistung).

Bewertung

Der Testing Process nach BLAND und OSTERWALDER beschreibt ein iteratives Vorgehensmodell nach dem Pull-Prinzip der Validierung. Dabei wird die kontinuierliche Validierung von Geschäftsmodellen bis zum Markteintritt fokussiert, nicht die frühe Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen technischer Systeme. Die Eignung für etablierte Unternehmen ist ebenfalls nur bedingt möglich, da bestehende Strukturen ignoriert werden und von einer, innerhalb einer dedizierten Organisation befindlichen durchgängigen Geschäftsmodell-Entstehung ausgegangen wird, die in etablierten Unternehmen nicht vorhanden ist. Auf den Auswahl- und Durchführungsprozess der Validierung wird nur grob eingegangen. Eine Systematisierung notwendiger Auswahlsschritte kann dadurch nicht erfolgen. Dokumentationskonzepte ergeben sich aus einer betriebswirtschaftlichen Sicht auf das Geschäftsmodell, nicht die eigentliche Marktleistung mit kundenseitigen und technischen Aspekten wie Anforderungen und grobe Funktionalitäten.

4.2.3 Lean Startup nach RIES

RIES beschreibt in seinem Buch Lean Startup ein Vorgehensmodell nach dem Pull-Prinzip zur iterativen Entwicklung und Einführung von Geschäftsmodellen im Startup Umfeld. Ziel ist eine hypothesenorientierte Reduktion des Scheiterungsrisikos durch frühe und kontinuierliche Validierung von Geschäftsmodellen junger Startups. Ausgangssituation ist ein unsicheres Geschäftsmodell und Annahmen zur Begehrlichkeit, Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit. Das Vorgehensmodell wird in Bild 4-6 dargestellt.

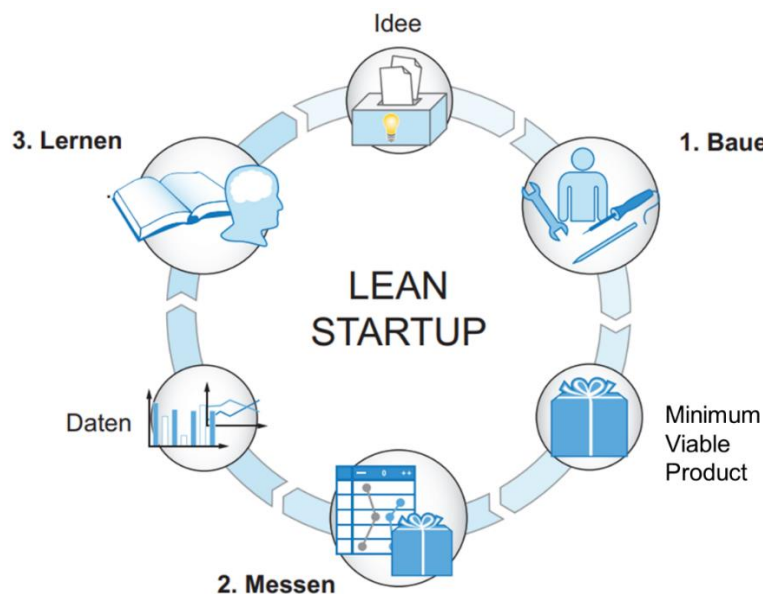


Bild 4-6: Lean-Startup-Prozess nach RIES [Rie11]

Der Prozess. In der Phase **Built** werden auf Grundlage bestehender Hypothesen Minimum Viable Products (z.B. Fake Landing Pages) erstellt. Diese stellen effiziente Prototypen dar, die das Ziel eines maximalen Lernerfolgs bei minimalem Aufwand haben. In der **Measure** Phase werden die erstellten Prototypen dem Kunden zugänglich gemacht und Daten zu Reaktionen auf das Produkt beobachtet oder gemessen (qualitativ und quantitativ). RIES beschreibt dabei durch Praxisbeispiele verschiedene Validierungsmethoden, wie Click-Tracking oder Interview. In der letzten Phase **Learn** werden gemessene und beobachtete Informationen ausgewertet und interpretiert. Es wird ermittelt, inwieweit eine vorher definierte Hypothese falsifiziert oder bestätigt wird. Das Geschäftsmodell wird anschließend akzeptiert, angepasst oder verworfen. Der Mikroprozess wird in verschiedenen Iterationen wiederholt. RIES beschreibt eine Strukturierung dieser durch die Validierungsziele Problem-Lösungs-Fit, Produkt-Markt-Fit und Business-Model-Fit.

Bewertung

RIES beschreibt in seinem Werk ein systematisches Vorgehen auf Mikro- und Makro-Ebene, um kontinuierliche Validierung nach dem Pull-Prinzip in Startups methodisch zu unterstützen. Das Vorgehen wird durch zusätzliches Erfahrungswissen aus der Praxis angereichert, die der Autor durch eigene Erfahrungen im Startup-Bereich sammeln konnte. Dabei wird auf sehr informelle Art und Weise der Einsatz des Lösungswissen für Prototyping und Validierung innerhalb der Phasen beschrieben, sodass eine systematische Auswahl, Kombination und Erweiterbarkeit nicht gegeben ist. Die Methode fokussiert des Weiteren die kontinuierliche Validierung von Annahmen zu Geschäftsmodellen von Startups bis zu Markteintritt. Aus diesem Grund ist Sie für etablierte Unternehmen, mit dem Fokus auf die Produktfindung und die Begehrlichkeit von Marktleistungsideen technischer Systeme nicht geeignet. Zur Dokumentation der Validierungsumgebung und Marktleistungsidee gibt RIES ebenfalls keine methodische Unterstützung vor.

4.2.4 Fast Feedback Cycle nach BONTE und FLETCHER

BONTE und FLETCHER stellen in ihrem Werk *Scenario Focused Engineering* den Fast Feedback Cycle vor. Dieses beschreibt ein iteratives, kundenorientiertes, fünf-stufiges Vorgehen für die Entwicklung technischer Marktleistungen (Bild 4-7).

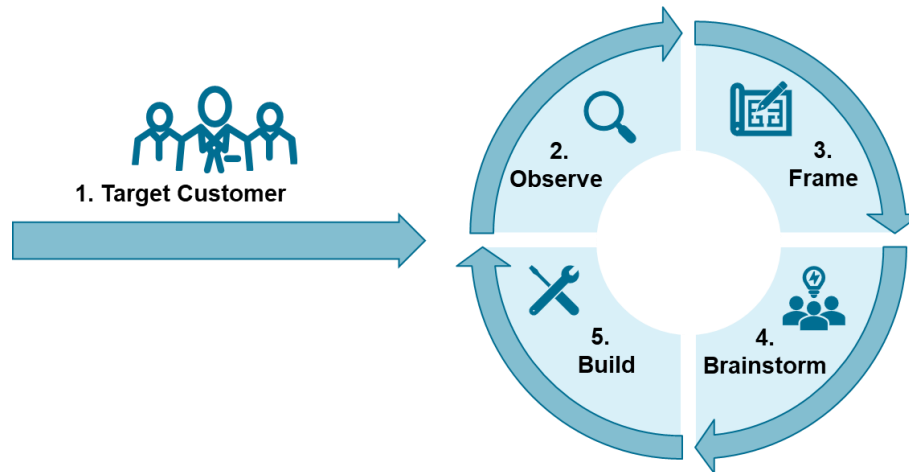


Bild 4-7: Fast-Feedback-Zyklus nach FLETCHER und BONTE [BF14]

Kunden fokussieren (Target Customer): Ziel der ersten Phase ist die Identifikation und Analyse des Zielkunden. Ausgangsbasis bildet eine erarbeitete Geschäftsstrategie. Ergebnis ist eine priorisierte Liste von spezifizierter Zielkunden, die Definition des Geschäftsumfelds und die strategische Stoßrichtung. Die Autoren beschreiben dafür unterschiedliche Methoden zur Erarbeitung der Ergebnisse [BF14, S. 45].

Beobachten (Observe): In dieser Phase ist das Ziel, Daten zu den Bedürfnissen des Zielkunden zu ermitteln. Die Autoren unterscheiden dabei zwischen subjektiven, objektiven, qualitativen und quantitativen Methoden, um unartikulierte Bedürfnisse aufzudecken und Empathie für den Kunden zu entwickeln [BF14, S. 46f.].

Einrahmen (Frame): Die dritte Phase fokussiert die Priorisierung und Ausformulierung identifizierter Bedürfnisse. Dabei wird detailliert ermittelt, welches Problem bzw. Situation fokussiert werden soll. Die Autoren empfehlen dazu Methoden wie die Szenarien-Definition oder User Journey. Abschließend werden Kennzahlen als Erfolgskriterien zur Erfüllung der Probleme festgelegt [BF14, S. 47f.].

Brainstorming (Brainstorm): Ziel der vierten Phase ist die Generierung von vielen Ideen zur Lösung des vorher abgegrenzten Problems. Die gesammelten Ideen werden im an geeigneten Zeitpunkten miteinander kombiniert, um mögliche Synergiepotenziale auszuschöpfen. Die Autoren stellen des Weiteren verschiedene Techniken zur Visualisierung entstandener Ideen vor (z.B. Storyboarding) [BF14, S. 49f.].

Bauen (Build): Die Ideen werden im nächsten Schritt punktuell, in Form früher Prototypen, konkretisiert. Dabei werden Lösungsideen fokussiert, die aus geschäftlicher, technischer und kundenorientierter Sicht das größte Erfolgspotenzial besitzen. Zur Umsetzung werden unterschiedliche Methoden zur Erstellung von frühen Prototypen empfohlen.

Im Anschluss an die erste Iteration erfolgt die Ermittlung von Kundenreaktionen zu den erstellten Prototypen. Dazu wird die Phase *Beobachten (Observe)* wiederholt. Die Autoren beschreiben vereinzelte Änderungen innerhalb der beschriebenen Kernaktivitäten, die durch das Voranschreiten des Projekts aufkommen.

Bewertung

FLETCHER und BONTE beschreiben einen Zyklus, der unabhängig von bestehenden Produktentstehungsmodellen funktioniert. Der Fokus liegt auf einer kontinuierlichen Validierung bis zum Markteintritt. Die frühen Phasen werden nur vereinzelt adressiert. Der Ansatz enthält nutzbares Lösungswissen zu unterschiedlichen Prototyping- und Validierungsmethoden. Dieses liegt jedoch in unzureichender Form vor, sodass eine Unterstützung der systematischen Auswahl und Durchführung unterschiedlicher Methoden erschwert wird. Der Ansatz gibt des Weiteren keine konkreten Anweisungen zur Ergebnisdokumentation, sondern enthält lediglich Empfehlungen zu vorhandenen Methoden. Des Weiteren werden nicht nur reine Marktleistungen und das Validierungsziel Begehrlichkeit adressiert, sondern auch interne Lösungen und die Validierungsziele Viability und Feasibility integriert betrachtet. Die dadurch entstehende globale Beschreibungsebene erschwert den Einsatz des Vorgehens im beschriebenen Kontext.

4.2.5 Frühe Validierung interaktiver Produkte nach REINEMANN

REINEMANN beschreibt in seiner Arbeit eine Systematik zur kundenintegrierten Validierung interaktiver Produkte in Augmented-Reality (AR)-Umgebungen in der Frühen Phase im Modell der Produktgenerationsentwicklung (PGE). Innerhalb der Systematik wird ein Referenzprozessmodell zur Validierung interaktiver Produkte in AR-Umgebungen vorgestellt. Das sechs-stufige Vorgehen folgt der grundsätzlichen Logik der Aktivitäten der Problemlösung der SPALTEN-Methoden (Bild 4-8).

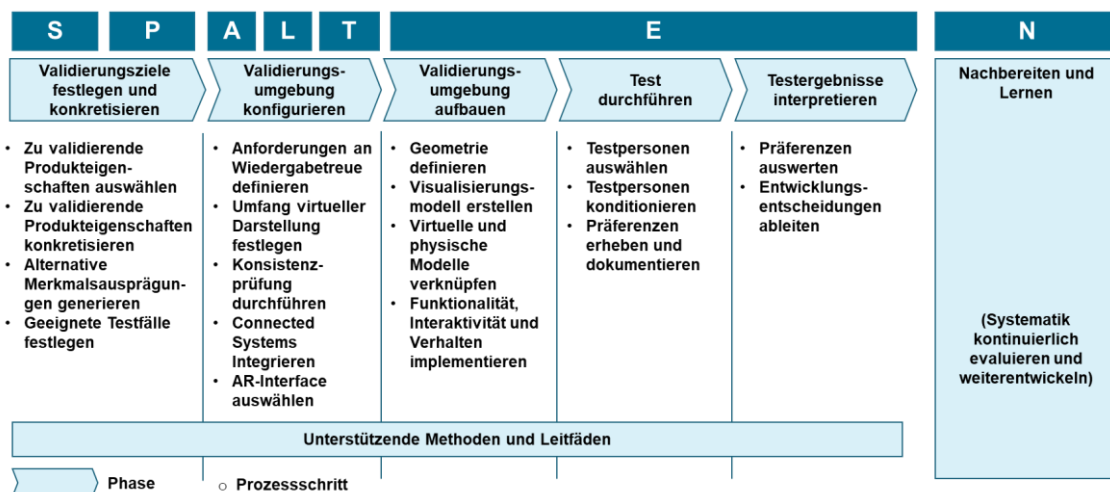


Bild 4-8: Vorgehensmodell der Validierung mit AR nach REINEMANN ET AL. [Rei20]

Im ersten Schritt **Validierungsziele festlegen und konkretisieren** werden zu validierende Produkteigenschaften ausgewählt, konkretisiert und alternative Merkmalsprägungen generiert. Anschließend werden geeignete Testfälle zur Validierung festgelegt. In einem zweiten Schritt wird die **Validierungsumgebung konfiguriert**, indem zunächst Anforderungen an die Wiedergabetreue des Prototypens definiert, der Umfang virtueller Darstellung festgelegt und Konsistenzprüfungen durchgeführt werden. Anschließend

werden die zu verbindenden Systeme integriert und ein entsprechendes AR-Interface ausgewählt. In der dritten Phase **Validierungsumgebung aufbauen** werden Geometrien für den AR-Prototypen definiert, das Visualisierungsmodell erstellt, virtuelle und physische Modelle miteinander verknüpft und gewünschte Funktionalitäten, Interaktivitäten und Verhalten implementiert. Im vierten Schritt **Test durchführen** werden zunächst Testpersonen ausgewählt und anschließend konditioniert. Anschließend werden Präferenzen dieser erhoben und dokumentiert. Darauf aufbauend werden **Testergebnisse interpretiert**, indem die Präferenzen ausgewertet und notwendige Entwicklungsentscheidungen abgeleitet werden. Im anschließenden Prozess **Nachbereiten und Lernen** wird die Systematik kontinuierlich evaluiert und weiterentwickelt. Neben Anweisungen in den Schritten werden unterstützende **Methoden und Leitfäden** zur Durchführung bereitgestellt.

Bewertung

REINEMANN beschreibt in seiner Arbeit einen Referenzprozess, Lösungswissen und Dokumentationskonzepte zur Validierung interaktiver Produkte durch AR und bezieht sich auf die frühen Phasen der Produktentstehung. Insgesamt beschreibt er hilfreiche Charakteristiken zur Charakterisierung und Bewertung von Prototypen, die für eine systematische Auswahl von Prototyping-Methoden notwendig sind. Der Ansatz adressiert eine spezifische Ausprägung der Prototyping-Methode **Augmented Reality Prototyp** und die Validierungsmethoden **Labortest / Präferenzmessung**. Der dadurch gelegte Fokus lässt keine weitere Auswahl existierender Methoden zu. Des Weiteren wird die Produktgenerationsplanung adressiert. Die explizite Integration von Referenzmodellen aus Vorgängergeneration schließt die Betrachtung von neuen Marktleistungsinnovationen aus. Die vorgestellten Dokumentationskonzepte für Validierungsumgebung, -Konfiguration und Marktleistungsidee erfüllen teilweise die Anforderungen der Systematik. Aufgrund der AR-Spezialisierung sind nur vereinzelte Aspekte der Konzepte relevant.

4.2.6 Formales Vorgehen der Validierung nach EL-HAJI ET AL.

EL-HAJI ET AL. beschreiben in ihren Arbeiten eine Prozess-Ontologie, die ein formales Vorgehen zur Durchführung der Validierung im Zusammenhang der Produktentwicklung beinhaltet [EFA+14], [EFA+12]. Das Vorgehen wird in Bild 4-9 vereinfacht dargestellt und darauffolgend kurz zusammengefasst.

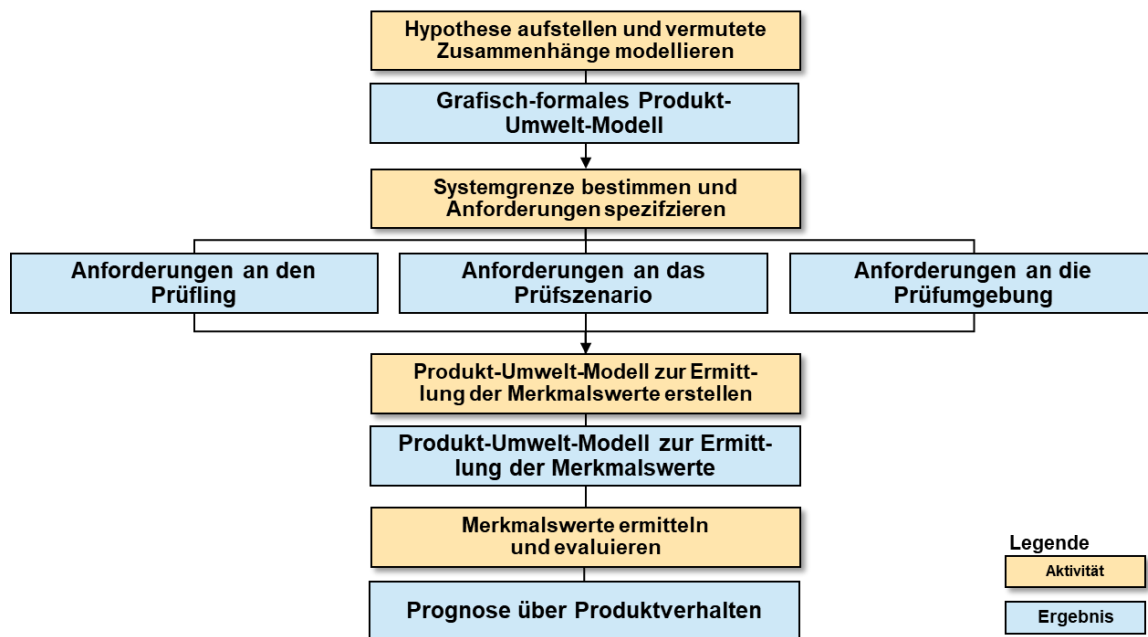


Bild 4-9: Formales Vorgehen bei der Validierung nach [EFA+14], [EFA+12]

Das Vorgehen beginnt mit der Aktivität **Hypothese aufstellen und vermutete Zusammenhänge modellieren**. Es wird eine Testhypothese definiert und alle für die Überprüfung relevanten Systeme, Systemgrößen und Relationen in ein grafisch-formales Produkt-Umwelt-Modell festgehalten. Die beschriebenen Schritte sind als iterativer Prozess anzusehen. In der nächsten Aktivität werden die **Systemgrenzen festgelegt**, indem alle notwendigen Systeme, Systemgrößen und Relationen im Designraum definiert werden. Ziel ist es einen kleinstmöglichen Systemausschnitt für den Prüfling zu definieren. Darauf aufbauend werden die **Anforderungen an den Prüfling, Anforderungen an das Prüfzenario und Anforderungen an die Prüfumgebung** spezifiziert. In der nächsten Aktivität **Produkt-Umwelt-Modell zur Ermittlung der Merkmalswerte erstellen** werden die vorher ermittelten Anforderungen in ein Produkt-Umwelt-Modell umgesetzt (z.B. Erstellung eines virtuellen Prototyps, Einrichtung von Tools zur Ermittlung von Kundenreaktionen). Ziel ist ein Modell, mit dem die Merkmalswerte ermittelt und so die Hypothese nachgeprüft wird. In der nächsten Aktivität werden die geforderten **Merkmalswerte ermittelt und evaluiert**. Dazu wird der Prüfling in das modellierte Prüfzenario und Prüfumgebung eingeführt und Merkmalswerte erfasst. Anschließend erfolgt die Auswertung durch statistische Methoden. Ergebnis ist die Prognose über das Produktverhalten.

Bewertung

EL-HAJI ET AL. stellen ein formales Vorgehensmodell zur Durchführung der Pull-Validierung vor. Das Vorgehen gibt einen guten Überblick über grundsätzlich durchzuführende Aktivitäten und kann für die übergeordnete Strukturierung des Vorgehensmodells genutzt werden. Aufgrund des hohen Abstraktionsgrads des Ansatzes wird kein explizites Lösungswissen zu einzelnen Methoden vorgestellt. Auch wird nicht auf die Auswahl,

Kombination und Erweiterbarkeit von Lösungswissen zur frühen Validierung eingegangen. Das beschriebene Produkt-Umwelt-Modell integriert Systemelemente eines Prototypens mit der Validierungsumgebung und kann als Grundlage zur Spezifikation von Validierungskonfigurationen genutzt werden. Insgesamt ist das Vorgehen zu abstrakt für die Systematik und muss in den den Aktivitäten für den Anwendungsfall spezifiziert werden.

4.2.7 Geschäftsmodelleinführung nach BENEDIKT ECHTERHOFF

stellt in seiner Arbeit eine Methodik zur Einführung innovativer Geschäftsmodelle in etablierten Unternehmen vor. Diese umfasst ein Vorgehensmodell mit den vier Phasen Geschäftsmodellkonzeptentwicklung, Geschäftsmodellkonzeptvalidierung, Organisationale Verankerung des Geschäftsmodells und Umsetzungsplanung. Bild 4-10 zeigt einen Überblick über die vier Phasen. Im Folgenden wird der Fokus auf die zweite Phase gelegt, in der die Validierungsaktivitäten verortet sind.

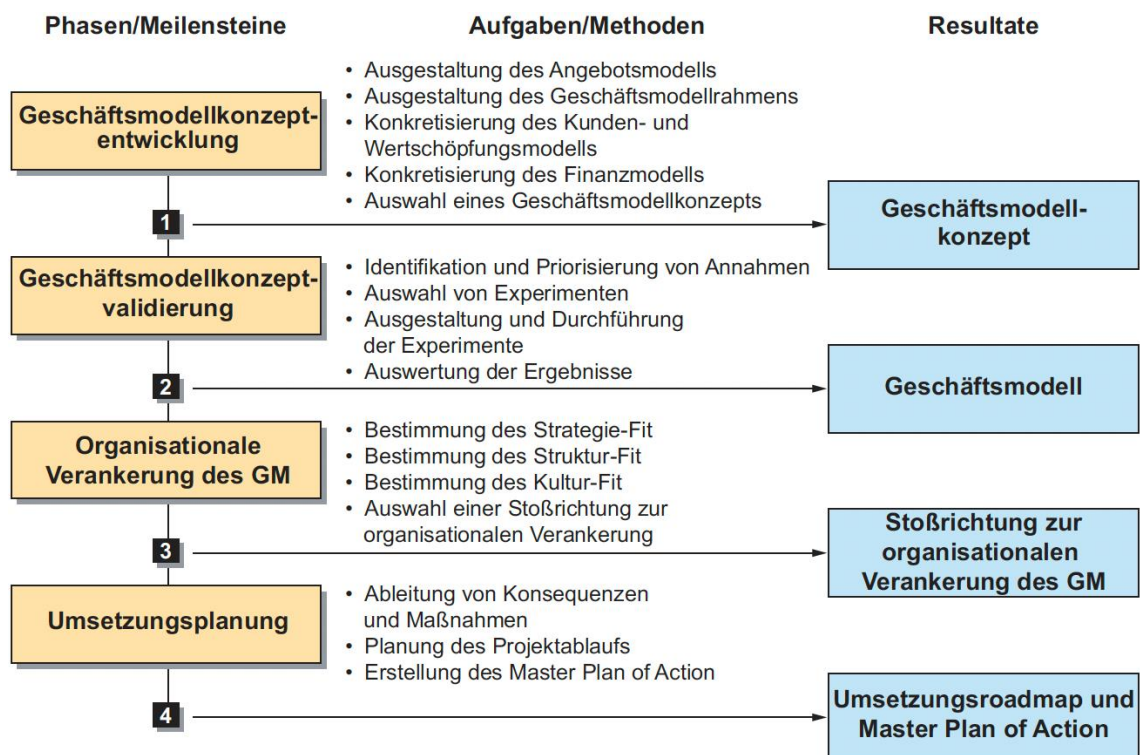


Bild 4-10: Vorgehensmodell der Methodik zur Einführung innovativer Geschäftsmodelle in etablierten Unternehmen [Ech18, S. 88]

Entwicklung des Geschäftsmodellkonzepts: Ausgangspunkt der Systematik ist eine bestehende Geschäftsidee. In der ersten Phase wird zu diesem ein Geschäftsmodellkonzept erarbeitet. Dazu wird mit Hilfe der Methode Value Proposition Canvas zunächst das Angebotsmodell detailliert. Auf Grundlage der Aufgaben, Problemen und Bedarfen potenzieller Kunden wird das Nutzenversprechen entwickelt. Anschließend erfolgt die Gestaltung des Geschäftsmodellrahmens durch sogenannte Geschäftsmodellmuster. Darauf aufbauend werden Kunden-, Wertschöpfungs- und Finanzierungsmodelle spezifiziert. Es

folgt die Kalkulation der Wirtschaftlichkeit des resultierenden Konzepts und eine abschließende Bewertung der Attraktivität und Zugänglichkeit [Ech18, S. 87f.].

Validierung des Geschäftsmodellkonzepts: Innerhalb der zweiten Phase erfolgt die Validierung des ausgewählten Geschäftsmodellkonzepts. Hierfür wird ein iteratives vierstufiges Vorgehen vorgestellt, welches das Pull-Prinzip der Validierung adressiert. Bild 4-11 gibt eine Übersicht zu den einzelnen Schritten.

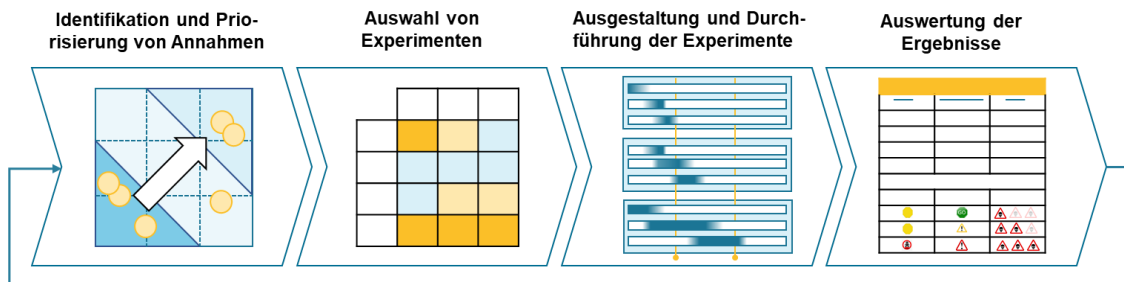


Bild 4-11: Vorgehen zur Geschäftsmodellkonzeptvalidierung [Ech18, S. 102]

In einem ersten Schritt werden die im Geschäftsmodellkonzept enthaltenen Annahmen identifiziert und entsprechend der Dimensionen Unsicherheit und Auswirkung priorisiert. Ergebnis sind zu validierende Annahmen über verschiedene Aspekte des Geschäftsmodells. Daran anknüpfend werden zur Überprüfung der Annahmen geeignete Experimente ausgewählt. ECHTERHOFF schlägt dazu eine Matrix vor, die die Kombinierbarkeit von beispielhaften Erhebungsverfahren und Informationsträgern für ein Experiment visualisiert.

An die Auswahl des Erhebungsverfahrens schließt sich die Ausgestaltung der spezifischen Testbeds an. Dazu werden Hypothesen zur Überprüfung der Annahmen abgeleitet, notwendige Metriken beschrieben, Grenzwerte bestimmt, Hilfsmittel definiert und Maßnahmen abgeleitet. Daran anknüpfend wird die zeitliche Planung der Experimente durch den Einsatz einer Roadmap festgehalten. Aus dieser geht hervor, wann welches Experiment vorbereitet, durchgeführt und ausgewertet wird. Nach der Durchführung der Experimente in der Roadmap werden die Ergebnisse durch Auswertungskarten analysiert. Insgesamt können Annahmen bestätigt, eingeschränkt bestätigt, Ergebnisse nicht eindeutig oder Annahmen nicht bestätigt werden. Des Weiteren werden die Evolutionsstufen der Geschäftsmodelle in einer Übersicht dokumentiert.

Organisationale Verankerung des Geschäftsmodells: Bei der organisatorischen Verankerung werden die Rahmenbedingungen für die Umsetzung des Geschäftsmodells definiert. Dabei sind Synergien und Inkompatibilitäten zwischen dem neuen Geschäftsmodell und der Strategie, Struktur und Kultur des bestehenden Unternehmens zu berücksichtigen. Um den Grad der Angemessenheit der Strategie (Strategie-Fit) beurteilen zu können, werden die am neuen Geschäftsmodell beteiligten Geschäftsfelder den strategischen Geschäftsfeldern des Unternehmens gegenübergestellt werden. Als nächstes wird im Rahmen der Festlegung der strukturellen Eignung (Struktur-Fit) das Synergiepotenzial

des neuen Geschäftsmodells mit der bestehenden Aufbau- und Ablauforganisation bestimmt. Dabei kommt der Wertschöpfungskettenansatz nach PORTER zum Einsatz. Letztlich erfolgt die Bewertung der kulturellen Eignung (Kultur-Fit) anhand einer Unternehmenskulturanalyse [Ech18, S. 88f.].

Planung der Umsetzung: Im vierten Schritt werden Maßnahmen zur Umsetzung festgelegt. Grundlage dafür sind die durchgeführten Analysen aus der dritten Phase. Für die anschließende Planung des Projektvorgehens wird eine dynamische Design-Structure-Matrix verwendet, um das Projekt zu strukturieren und die Durchlaufzeiten zu minimieren. Die Umsetzung wird durch eine Roadmap visualisiert. Das Vorgehen endet mit der Erstellung einer konzentrierten Visualisierung grundlegender Veränderungen durch einen Masterplan of Action [Ech18, S. 89].

Bewertung:

ECHTERHOFF stellt eine Methode zur Etablierung von Geschäftsmodellen vor, die die frühe Pull-Validierung integriert. Durch den Fokus auf die Etablierung der Geschäftsmodelle wird das Vorgehen der frühen Validierung nicht in allen notwendigen Dimensionen beschrieben. Die Konzentration auf das Geschäftsmodell setzt ebenfalls die eigentliche Marktleistungsidee in den Hintergrund. Das beschriebene Lösungswissen zur Auswahl der Experimente gibt einen guten Ansatzpunkt zur Kombination von verschiedenen Methoden. Dieses repräsentiert jedoch nicht die Vielfalt existierender Möglichkeiten und integriert keine konstitutiven Merkmale und ausführliche Beschreibungen zum Aufbau und Durchführung früher Validierung, die zur systematischen Unterstützung notwendig sind. Durch das Einsetzen einer Roadmap, die verschiedene hintereinander laufende Validierungsexperimente bereits zu Beginn des Prozesses fixiert, existiert wenig Flexibilität für eine Erkenntnis-basierte, schrittweise Planung von Validierungsiterationen. Das Vorwegnehmen der Planung durch eine Roadmap, lässt den Zweck der Validierung, nämlich das frühe Aufbauen von Wissen und der entsprechenden agilen Reaktion darauf, in den Hintergrund geraten. ECHTERHOFF beschreibt des Weiteren Dokumentationskonzepte für die Validierungsumgebung und dem Geschäftsmodell, die nur bedingt für Marktleistungsideen technischer Systeme und konkrete Validierungskonfigurationen geeignet sind.

4.3 Dokumentationskonzepte für die frühe Validierung

Im Folgenden werden Auszüge aus dem Stand der Technik beschrieben, die adäquate Dokumentationskonzepte zur Adressierung der in Abschnitt 3.6 definierten Anforderungen darstellen. Dabei wurden Dokumentationskonzepte ausgewählt und analysiert, die für Marktleistungsidee (Anforderungen und grobe Funktionalitäten), Validierungsumgebung und -Konfiguration geeignet sind.

4.3.1 Dokumentationskonzepte nach ALBERS ET AL.

ALBERS ET AL. beschreiben im Rahmen der Forschungsarbeit am Karlsruher Institute of Technology (KIT) Konzepte zur Dokumentation von Validierungsumgebung und -konfiguration [AMY+18]. Zur Dokumentation der Validierungsumgebung stellt KLINGLER den Validierungs-Steckbrief vor. Ziel ist die Dokumentation der relevanten Entscheidungen zur Definition und Dokumentation einer Validierungsumgebung. Bild 4-12 zeigt einen Auszug aus dem Steckbrief.

Validierungs-Steckbrief														
Ersteller (Name, Firma)	<input type="text"/>													
Datum Testdurchführung (bei längerem Zeitraum – Testen)	<input type="text"/>													
Benennung Test	<input type="text"/>													
Absicherungs-/ Validierungsziel (bezogen auf das zu validierende System)	<input type="radio"/> Einzelne technische Anforderung <input type="radio"/> Teilfunktion <input type="radio"/> Gesamtfunktion <input type="radio"/> Vollständige Bedarfserfüllung													
Benennung des Absicherungs-/ Validierungsziel	<input type="text"/>													
Tests Testausprägung (bezogen auf System und Umgebung)	<input type="radio"/> physisch <input type="radio"/> gemischt <input type="radio"/> virtuell/simulativ													
Anwendungsnähe des Tests (bezogen auf die Ein- und Ausgangsgrößen des zu validierenden Systems)	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Sehr anwendungsnah</th> <th>Eher anwendungsnah</th> <th>Eher anwendungsfern</th> <th>Sehr anwendungsfern</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Anwendungsnähe</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> </tbody> </table>					Sehr anwendungsnah	Eher anwendungsnah	Eher anwendungsfern	Sehr anwendungsfern	Anwendungsnähe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Sehr anwendungsnah	Eher anwendungsnah	Eher anwendungsfern	Sehr anwendungsfern										
Anwendungsnähe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>										

Bild 4-12 Steckbrief zur Dokumentation der Validierungsumgebung [Kli17, S.98]

Des Weiteren beschreiben ALBERS ET AL. einen System of Systems Ansatz zur Beschreibung und Dokumentation von Validierungskonfigurationen. Es werden funktionale und strukturelle Elemente einer Validierungsumgebung beschrieben. Bild 4-13 zeigt das Beschreibungsmodell anhand einer „Powertrain-in-the-Loop test bench“.

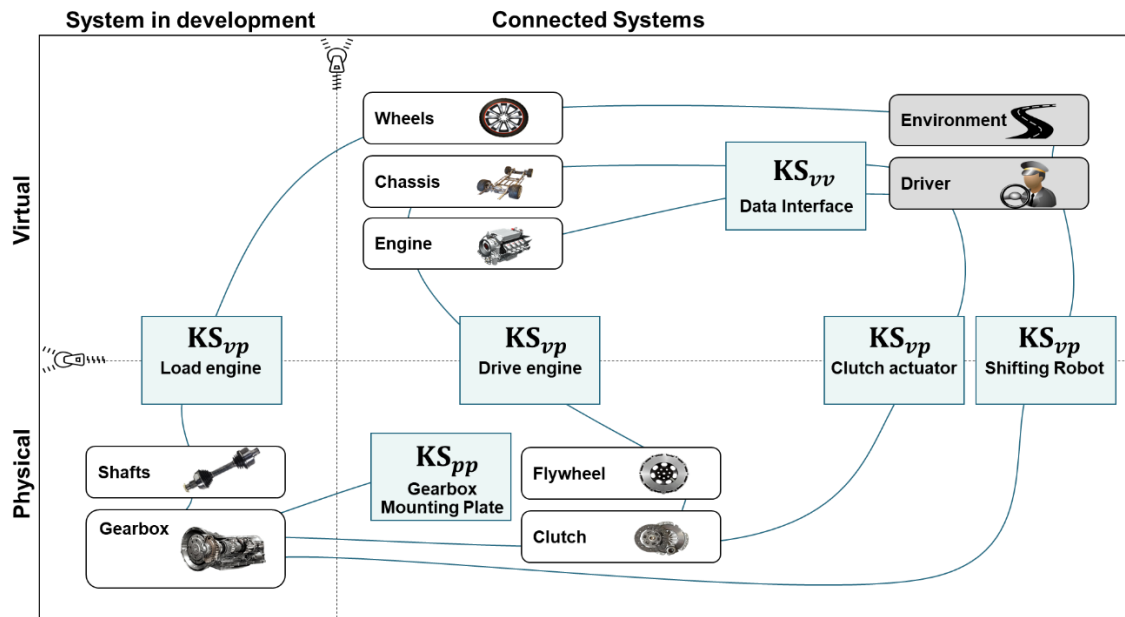


Bild 4-13: Beschreibungsmodell für Validierungskonfigurationen am Beispiel einer „Powertrain-in-the-Loop test bench“ nach ALBERS ET AL. [AMY+18]

Das Modell gibt Aufschluss zu Teilsystemen einer Validierungskonfiguration und weist diese dem System-in-Development oder verbundenen Systemen zu. Des Weiteren werden die Modelle von Teilsystemen in **virtuelle** und **physische Modelle** aufgegliedert. Der Top-Down-Ansatz geht von drei relevanten Übersystemen aus: **Anwender, Produkt und Umwelt** [ABK+16], [AMY+18], [GJS+12]. Das Modell visualisiert zudem **funktionale Wechselwirkungen** zwischen Teilsystemmodellen. Zur Verknüpfung dieser werden sogenannte **Koppelsysteme** eingeführt. Sie erfüllen eine Koppelfunktion zwischen zwei Teilsystemen, nehmen aber keinen Einfluss auf das Verhalten des Gesamtsystems. ALBERS ET AL. unterscheiden zwischen **physisch/physischen, virtuell/virtuellen und virtuell/physischen Koppelsystemen** [ABK+16], [Rei21], [AMY+18], [ARF+19].

Fazit

ALBERS ET AL. stellen Beschreibungsmodelle für Validierungsumgebungen und Validierungskonfigurationen vor, die im Rahmen der Produktgenerationsentwicklung mechatronischer Systeme angewendet werden. Der Steckbrief für Validierungsumgebungen ist eine gute Grundlage zur Dokumentation notwendiger Elemente für die Durchführung einer frühen Pull-Validierung, muss jedoch den Anforderungen entsprechend angepasst werden. Das Beschreibungsmodell für Validierungskonfigurationen ermöglicht die Dokumentation relevanter Systeme zur Ausführung einer frühen Validierung mit Prototypen. Die stark technisch-geprägte Perspektive der Modelle muss um weitere nicht-technische Aspekte ergänzt werden, um eine vollumfängliche, frühe Dokumentation von Validierungsumgebung und -konfiguration zu ermöglichen.

4.3.2 Agile Anforderungsdokumentation nach DOUGLASS

DOUGLASS beschreibt in seinen Arbeiten Agile Systems Engineering [Dou16] und Model Based Agile Systems Engineering [Dou21] einen Ansatz zur agilen Stakeholder-Anforderungsidentifikation und Dokumentation (Bild 4-14).

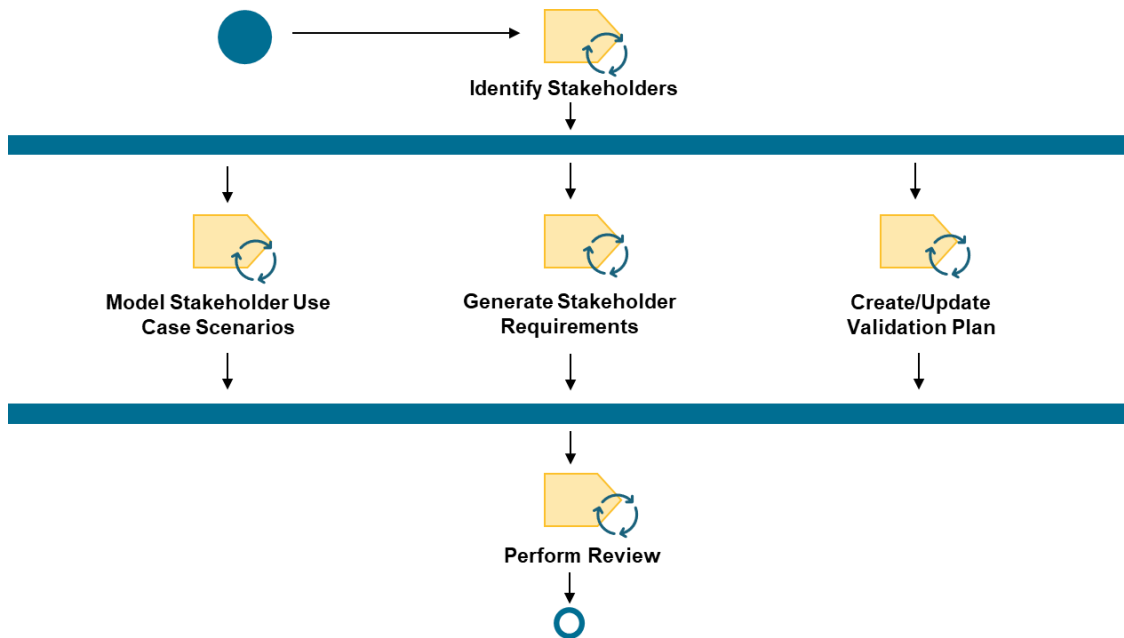


Bild 4-14: Agile Anforderungsdokumentation nach DOUGLASS [Dou16], [Dou21]

In einem ersten Schritt werden relevante **Stakeholder identifiziert**. Nach DOUGLASS sind Stakeholder diejenigen Personen, welche das System zufrieden stellen muss und mit denen der Entwickler im Laufe der Entwicklung zusammenarbeitet. Typische Stakeholder sind Primär- und Sekundärnutzer, Inbetriebnehmer, Systemintegratoren, System Logistiker, Produktioner, Käufer oder Tester. Nachdem Stakeholder identifiziert wurden, folgen drei parallele Phasen. In der Phase **Stakeholder Anforderungen generieren**, werden relevante Anforderungen der vorher definierten Stakeholder identifiziert und so angegeben, dass diese klar, eindeutig, und testbar sind. In einer parallelen Phase werden **Stakeholder-Use-Case-Szenarien** modelliert und analysiert. Diese beschreiben die spezifische Interaktion zwischen einem System, welches einen Anwendungsfall ausführt und den Akteuren in der Umgebung. Durch die Modellierung der Szenarien wird eine darauffolgende Analyse der zulässigen und unzulässigen Interaktionen ermöglicht, indem fehlende, falsche oder inkonsistente Anforderungen identifiziert werden. Die dritte parallele Phase ist die **Erstellung bzw. das Update des Validierungsplans**. Ein Validierungsplan besteht aus System-Akzeptanzkriterien, notwendigen Tools, Testumgebungen zur Durchführung der Validierung, zu nutzende Techniken, Ressourcen zur Ausführung der Validierung, zu erwartende Funktionalitäten, Verantwortlichkeiten und weitere Details, die die Vorbereitung und Durchführung einer Validierung betreffen. Anschließend werden die definierten Anforderungen und Use Case Szenarios, wie im Validierungsplan definiert, Stakeholdern zugänglich gemacht und bewertet. Anhand der Akzeptanzkriterien werden anschließend die Anforderungen und Use Cases bewertet und erneut angepasst.

Bewertung

Der Ansatz nach DOUGLASS beschreibt ein sinnvolles Vorgehen und zugehörige Konzepte zur agilen Anforderungsdokumentation, die eine frühe Validierung integrieren. Die bereitgestellten Hinweise zur Notation kundenseitiger Anforderungen und grober Funktionalitäten können für die Systematik adaptiert werden. Die Beschreibung der Durchführung einer Validierung bleibt unspezifisch. Des Weiteren werden neben Kunden weitere Stakeholder berücksichtigt. Der Fokus auf die Validierung der Begehrlichkeit durch Kunden entfällt daher. Auch wird die Validierung nach DOUGLASS auf Basis von Konzeptmodellen durchgeführt, die nur eine von vielen Möglichkeiten des Prototypings darstellt.

4.3.3 Spezifikationstechnik CONSENS

GAUSEMEIER ET AL. stellen mit der Spezifikationstechnik CONSENS (CONceptual Design Specification Technique For The ENGINEERING Of Complex Systems) einen Ansatz für die interdisziplinäre Beschreibung mechatronischer Systeme [GFD+08a, S. 59ff.], [GFD+08b, S. 91ff.]. Im Zeitverlauf wurde sie zu einer Spezifikationstechnik für Produkt-Service-Systemen weiterentwickelt [GDE+19, S. 416ff.]. CONSENS enthält eine Modellierungssprache und Methode zur Anwendung. Die Modellierungssprache ermöglicht anhand von 13 Aspekten eine Beschreibung der Konzeption von Produkt, Produktionssystem und zugehöriger Dienstleistung. Die Partialmodelle stehen gemeinsam in Beziehung und stellen in ihrer Gesamtheit die ganzheitliche Prinzipiellösung dar (Bild 4-15) [GDE+19, S. 416]. Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf die für die Systematik relevanten Aspekte der Spezifikationstechnik.

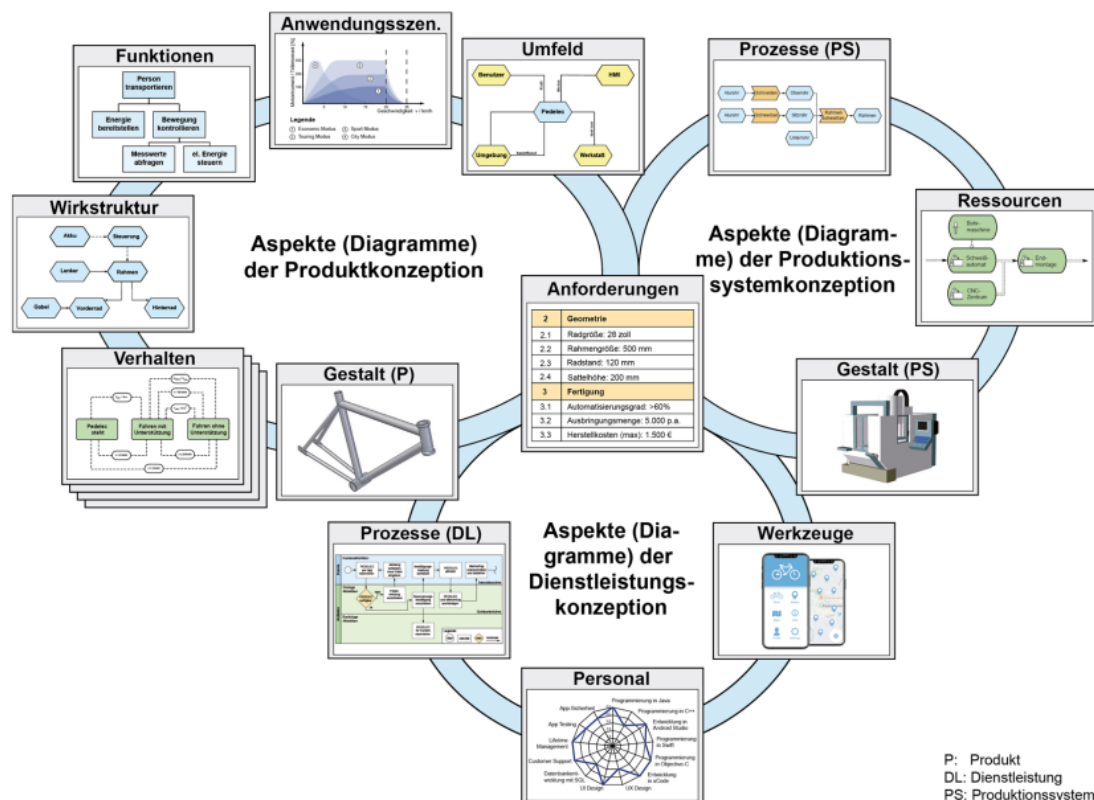


Bild 4-15: Aspekte zur Beschreibung des Systemkonzepts für mechatronische Systeme nach GAUSEMEIER ET AL. [GDE+19, S. 418]

Das Partialmodell **Umfeld** definiert Beziehungen eines Systems zu der Umwelt durch gerichtete Stoff-, Energie- und Informationsflüsse. Anwendungsszenarien beschreibt das Systemverhalten des Lebenszyklus. Im Partialmodell **Anforderungen** werden in der **Anforderungsliste** Anforderungen an das zu entwickelnde und produzierende System strukturiert und durch qualitative und quantitative Angaben angereichert. Danach werden System-Funktionen abgeleitet und hierarchisch in der **Funktionshierarchie** strukturiert.

Im Partialmodell **Wirkstruktur** wird der statische Aufbau und die Wirkungsweise des Systems beschrieben. Es werden Systemelemente zur Erfüllung der Funktionen identifiziert und Verbindungen über Flussbeziehungen spezifiziert. Die dynamische Wirkungsweise des Systems wird im Partialmodell **Verhalten** festgehalten. Dafür werden Zustände, Zustandsübergänge und Ablaufprozesse beschrieben. Im Partialmodell **Gestalt** werden mittels CAD-Lösungen die Anzahl, Form, Lage, Anordnung und Art der Wirkflächen und -orte definiert [GDE+19, S. 419ff.]. Im Rahmen der Dienstleistungskonzeption wird im Partialmodell **Prozesse** der Ablauf der zur Dienstleistungserbringung notwendigen Aktivitäten festgelegt. Diese werden mit Hilfe des Service Blueprinting spezifiziert [BOM08, S. 72ff.]. Für die Unterstützung der im Prozess festgelegten Aktivitäten werden Hilfsmittel im Partialmodell **Werkzeuge** durch Profile beschrieben und dokumentiert. Das notwendige **Personal** wird über Personalprofile, die die erforderlichen Kompetenzen und Tätigkeiten beinhalten, definiert [GDE+19, S. 425ff.].

Bewertung

CONSENS bietet eine transparente, allgemeinverständliche und von der Entwicklung akzeptierte Möglichkeit technische Aspekte wie z.B. grobe Funktionalitäten und Anforderungen zu spezifizieren und dokumentieren. Relevant für die Systematik sind die Partialmodelle Funktionshierarchie, Wirkstruktur, Umfeld, Anwendungsszenarien und Prozesse. Die Aspekte können für die Dokumentation der Marktleistungsidee und Validierungskonfiguration genutzt werden. Zur Anwendung in der Systematik muss eine für die frühen Phasen geeignete Auswahl der beschriebenen Partialmodelle getroffen werden und um Elemente wie beispielsweise geeignete Sprach-Konstrukte ergänzt werden.

4.3.4 Modellbasierter Entwicklungsauftrag nach OLGA ECHTERHOFF

OLGA ECHTERHOFF beschreibt in Ihrer Systematik einen modellbasierten Ansatz zur Erarbeitung und Dokumentation von Entwicklungsaufträgen in der strategischen Produktplanung technischer Systeme. Dafür werden eine Modellierungssprache, eine Methode und weitere Werkzeugunterstützung vorgestellt. Für die Erarbeitung von entwicklungsrelevanten Informationen beschreibt die Modellierungssprache die vier Partialmodelle Unternehmensumfeld, Marktleistung, Unternehmen und Anforderungen (Bild 4-16).

Diese umfassen verschiedene Grundkonstrukte, die eine Modellierung wesentlicher Erkenntnisse aus der strategischen Produktplanung vereinfachen. Die Grundkonstrukte werden in einem Gesamtmodell über Marktleistungs-, Geld-, und Informationsflüsse logisch in Beziehung gesetzt [Ech17].

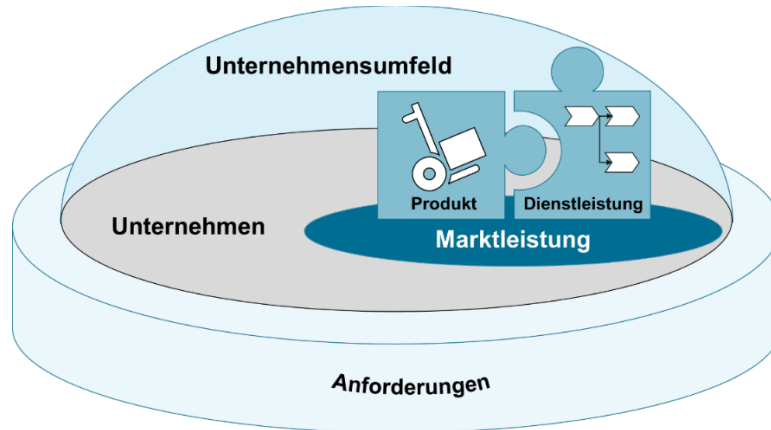


Bild 4-16: Partialmodelle des Entwicklungsauftrags nach ECHTERHOFF [Ech17, S. 101]

Unternehmensumfeld: Dieses Partialmodell beschreibt die Integration des fokussierten Unternehmens in seinem Umfeld. Dazu wird das Unternehmen als Black-Box betrachtet und mit Umfeldelementen in Beziehung gesetzt. Zur Spezifikation dieser werden die Grundkonstrukte Nutzenversprechen, Kunde/Kundensegment, Partner, Wettbewerber, zukünftige Entwicklung und Gesetz/Regularien vorgestellt.

Unternehmen: Das Partialmodell Unternehmen definiert das Gefüge des Unternehmens zur Erbringung einer Marktleistung. Dieses beruht auf den sechs Grundkonstrukten Chance/Erfolgspotential, Gefahr/Risiko, Strategische Rahmenbedingungen, Resultate von Geldflüssen, sowie Aktivitäten und Ressourcen (Know-how, IT-Systeme, Personal, Daten, Maschinen und Sonstiges).

Marktleistung: Dieses Partialmodell beschreibt die geplante Marktleistung durch drei Grundkonstrukte. Hauptfunktionen dienen zur Erfüllung der Gesamtfunktion eines technischen Produkts. Im Grundkonstrukt Prozesse werden Hauptprozessschritte der Dienstleistung dargestellt. Die Umsetzung von Prozessen und Funktionen werden im Grundkonstrukt Technologien festgehalten

Anforderungen: Das letzte Partialmodell ist eine Sammlung aller Anforderungen an die zu entwickelnde Marktleistung. Die Dokumentationsgrundlage ist die Anforderungsliste. Die Anforderungen werden mit den erstellten Modellen des Unternehmensumfelds, Unternehmen und der Marktleistung verknüpft. In diesem Zusammenhang sind die einzelnen Grundkonstrukte als Anforderungsquellen anzusehen.

Bewertung

OLGA ECHTERHOFF stellt einen modellbasierten Ansatz zur Dokumentation von Entwicklungsaufträgen vor. Dabei werden neben Aspekten der Marktleistung auch strategische,

interne und externe Sichten des Unternehmens erzeugt, die den Ausprägungen eines Geschäftsmodells ähneln. Für die Systematik relevante Partialmodelle sind die Marktleistung und Anforderungen. Die Strukturierung der Marktleistung nach den Aspekten Funktionen, Prozesse und Technologien können für eine Dokumentation der Marktleistungsidee innerhalb der Systematik zu Grunde gelegt werden. Die vorgestellte Modellsprache ist für die praktische Anwendung im Rahmen der frühen Phasen ungeeignet. Die frühe Validierung der beschriebenen Partialmodelle wird des Weiteren nicht adressiert. Dementsprechend existieren keine Partialmodelle oder Lösungswissen zur Spezifikation von Validierungsumgebungen und -konfigurationen.

4.3.5 User Story Mapping nach PATTON

Die *User Story Map (USM)* beschreibt eine Methode zur Erfassung und Ableitung von Wertversprechen und zugehörigen kundenseitigen Anforderungen für ein Minimum Viable Product. Ziel des User Story Mapping ist es, ein gemeinsames Verständnis zwischen allen Projektbeteiligten sowie eine klare Übersicht über das Zielprodukt zu erzielen. Sie beschreibt den Weg des Kunden entlang von Berührungspunkten (engl. touchpoints) mit einem Unternehmen, dessen Produkten und Dienstleistungen (vgl. Bild 4-17). Die Methode entstand angelehnt an Arbeiten des Customer Journey Mappings (CJM) und wurde 2009 von PATTON veröffentlicht [Pat09], [Pat14].

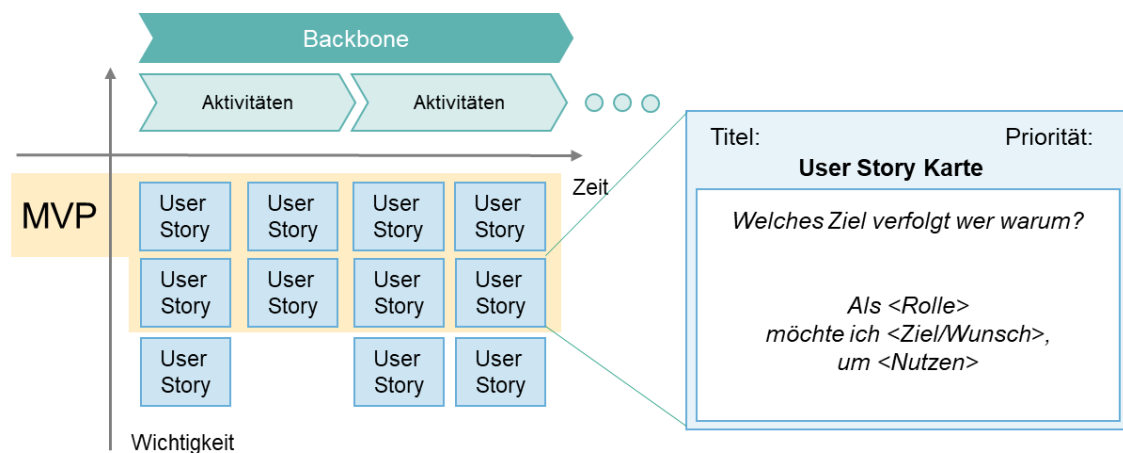


Bild 4-17: Komponenten einer User Story Map nach PATTON [PAT09], [PAT14]

Kern der User Story Map sind *User Stories*: Anforderungen aus Kundensicht in Alltagssprache spezifiziert. Die User Stories werden auf Story-Karten geschrieben (z.B. Haftnotizen). Dabei soll grundsätzlich die Frage beantwortet werden: Welches Ziel verfolgt wer, warum? Als Satzschablone empfiehlt der Autor den Aufbau: Als <Rolle> möchte ich <Ziel/Wunsch>, um <Nutzen/Mehrwehrt>. User Story-Karten werden in einer logischen Abfolge in der User Story Map arrangiert, die dadurch einen Überblick auf alle User Stories schafft. Auf der obersten Ebene, dem sog. Backbone, befinden sich übergeordnete und strukturierende Aspekte. Innerhalb des Backbones werden übergeordnete Aktivitäten

der Kunden in einer zeitlichen Abfolge beschrieben. Unter den Aktivitäten werden wiederum in einer zeitlichen Reihenfolge die User Stories angeordnet. Diese können vertikal durch weitere User Stories detailliert und priorisiert werden [Pat14].

Bewertung:

Die User Story Map ist ein geeigneter Ansatz zur Dokumentation von Kundenanforderungen einer Marktleistung. Die User Story Karte ermöglicht sowohl die grobe Dokumentation von Kundenanforderungen als auch eine detaillierte Beschreibung von funktionalen und nicht-funktionalen Marktleistungseigenschaften zur Erreichung notwendiger Mehrwerte. Der kundenorientierte Formulierungsansatz ist ebenfalls dazu geeignet, um Annahmen zur Begehrlichkeit im Rahmen der Validierungsplanung zu dokumentieren. Eine für die Entwicklung nutzbare Dokumentation von Funktionalitäten ist nur bedingt gegeben. Insgesamt kann der Ansatz zur Dokumentation von Kundenanforderungen übernommen werden. Zur praktikablen Anwendung für die Validierung der Begehrlichkeit muss der Ansatz durch weitere strukturierende Aspekte ergänzt werden, die die Kommunizierbarkeit entwicklungsrelevanter Inhalte unterstützen. Die Dokumentation der Validierungsumgebung und -konfiguration wird nicht adressiert.

4.3.6 Dokumentationskonzepte nach ALEXANDER ALBERS

ALEXANDER ALBERS beschreibt in seiner Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationsplanung insgesamt vier Konzepte zur Dokumentation von technischen Marktleistungsideen. Ziel sind erfolgsversprechende Zusatzeigenschaftsideen in der Produktgenerationsentwicklung [Alb19]. Die relevanten Partialmodelle zur Dokumentation von Marktleistungsideen sind in Bild 4-18 und Bild 4-19 visualisiert.

Anforderungsprofil-Map: Das Ziel des Partialmodells ist die transparente Identifikation und Dokumentation von neuen Produkteigenschaften. Innerhalb des Modells wird zwischen den Elementen Segment, Stakeholder, Ziel, Aufgabe und Problem sowie Eigenschaft unterschieden. Die Relationen zwischen den Elementen werden durch logische Beziehungen abgebildet. Das Element Segment dokumentiert das zu fokussierende Markt- und Kundensegment. Stakeholder beschreiben Personenkreise im Kundensegment, die im Zusammenhang einer Marktleistungsidee adressiert werden. Im Element Ziele werden die (langfristig) gewünschten Ergebnisse fokussierter Stakeholder festgehalten, die diese planen oder sich verpflichtet fühlen, diese zu erreichen. Im Element Aufgaben werden von einem Stakeholder wahrgenommene Handlungen zur Erreichung bestimmter Ziele dokumentiert. Im Feld Probleme werden Schwierigkeiten in der Überführung bei der Durchführung von Aufgaben dokumentiert. Im letzten Element werden Eigenschaften eines Produkts dokumentiert, die die Probleme lösen und damit einen Kundennutzen auslösen. Dabei wird nicht zwischen Zweck, funktionalen und nicht-funktionalen Produkteigenschaften unterschieden.

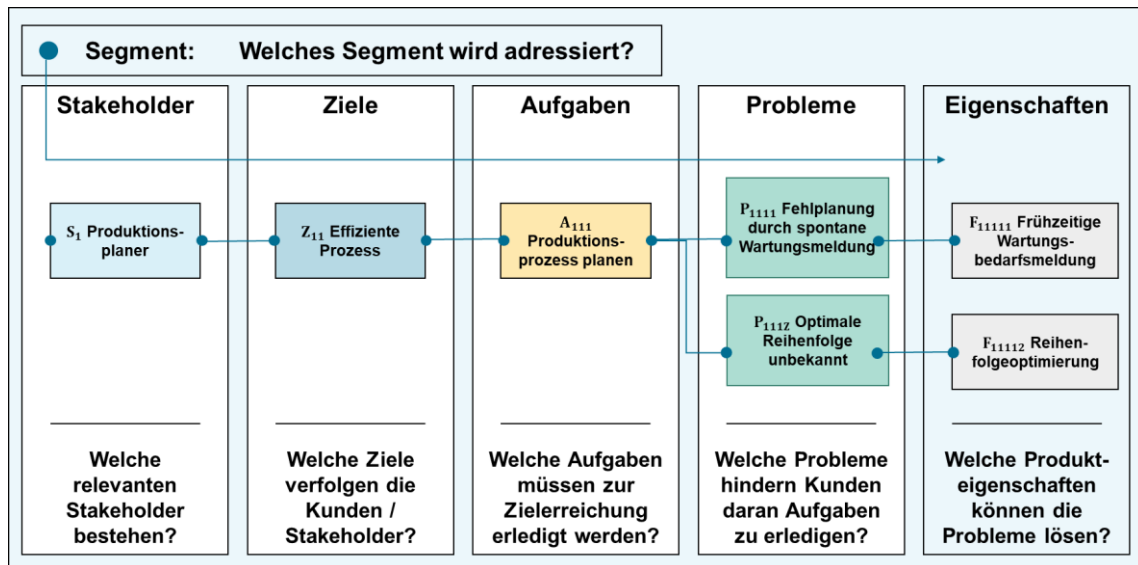


Bild 4-18: Anforderungsprofil-Map nach ALEXANDER ALBERS [Alb19]

Produkt-Geschäftsprozess-Schema: ALEXANDER ALBERS beschreibt des Weiteren ein Dokumentationskonzept für Marktleistungsideen, welches eine Sicht auf bereits bestehende Referenzprodukte darstellt. Das Produkt-Geschäftsprozess-Schema hat als Ziel die Dokumentation und Analyse bestehender Marktleistungen zur Identifikation neuer Produkteigenschaften. Das Schema teilt sich in der Vertikalen durch die vier Phasen des Produktlebenszyklus: Erstellung, Beschaffung, Nutzung und Entsorgung. In der Horizontalen wird zwischen dem Kunden- und Anbieterbereich unterschieden. Der Kundenbereich wird durch Kundengeschäftsprozesse, Stakeholder, Geschäftsprozess-Aktivitäten und den jeweiligen Bearbeitungsobjekten spezifiziert. Der Anbieterbereich beschreibt die Marktleistung inkl. zugehöriger Systemelemente in den Dimensionen Produkt, Informationen, Funktionen, Wirkelemente und Anwendungsszenarien.

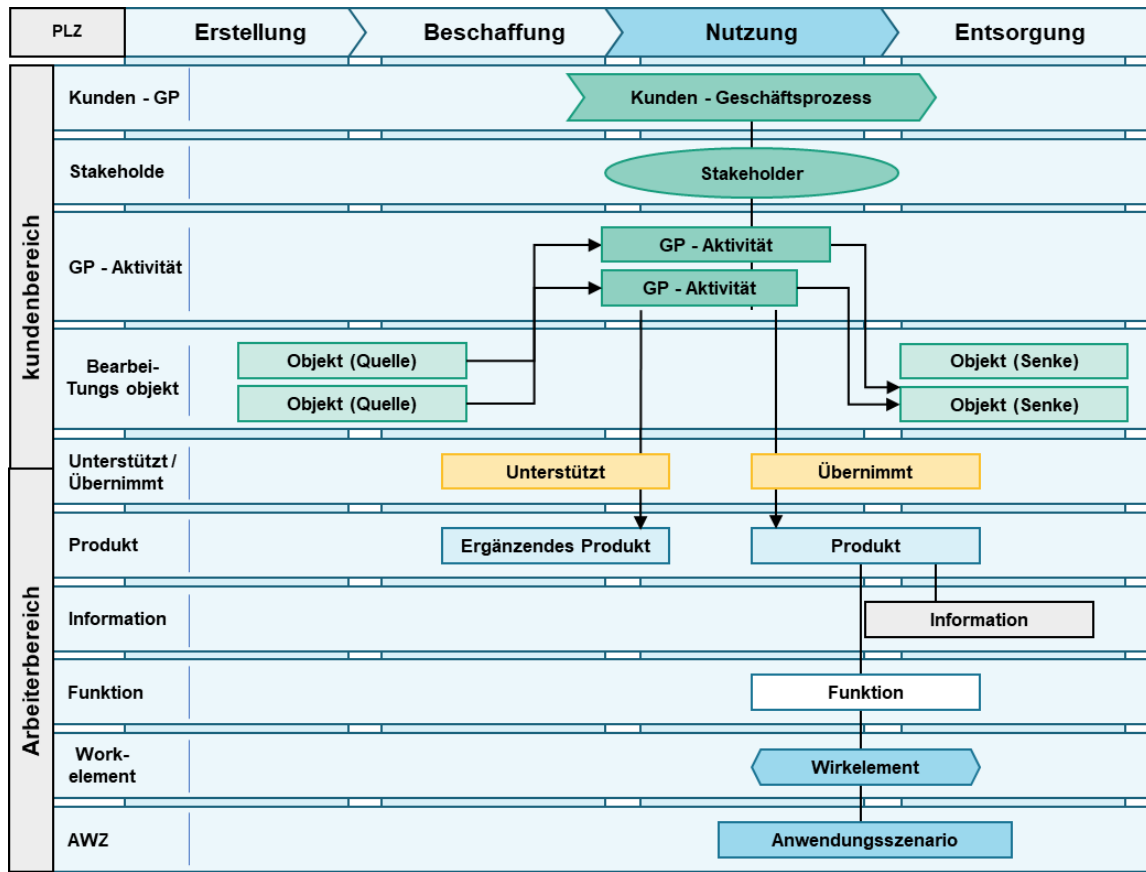


Bild 4-19: Konzeptionelle Darstellung des Produkt-Geschäftsprozess-Schemas [Alb19]

Bewertung

ALEXANDER ALBERS beschreibt verschiedene Möglichkeiten zur Dokumentation von Marktleistungsideen, die sich in einzelnen Dimensionen unterscheiden. Insgesamt kann der Gedanke einer Produktlebenszyklusorientierten Erfassung von Kundenanforderungen übernommen werden, ebenfalls die Fokussierung der Sichten Wirkstruktur und Funktionshierarchie, die in jedem der Modelle erwähnt wird. ALBERS adressiert dediziert Findung von Produktzusatzigenschaften im Rahmen der Produktgenerationsplanung. Die frühe Validierung von neuartigen Marktleistungsideen wird nicht betrachtet. Dementsprechend werden keine Ansätze zur Dokumentation von Validierungsumgebung und -konfiguration bereitgestellt.

4.4 Bewertung und Handlungsbedarf

Der Stand der Technik wurde mit den in Abschnitt 3.6 definierten Anforderungen verglichen. Die daraus resultierende Bewertung wird in Bild 4-20 zusammengefasst.

Bewertung der untersuchten Ansätze hinsichtlich der gestellten Anforderungen. Fragestellung: Erfüllt der Ansatz (Zeile) die Anforderung (Spalte)? Bewertungsskala: <div><div></div> = nicht erfüllt</div> <div><div></div> = teilweise erfüllt</div> <div><div></div> = voll erfüllt</div> Abk Abkürzungen HF Handlungsfeld Allg. Allgemein A1 Anforderung 1		Anforderungen (A) an die Systematik							
		Allg.		HF 1		HF 2		HF 3	
		Anwendbarkeit für etablierte Unternehmen mit techn. Systemen	Frühe Validierung der Begehrlichkeit	Induktiveduktive Herleitung und Erweiterbarkeit	Auswahl und Kombination von Lösungswissen	Systematische, iterative Vorgehensweise	Anwendung des Pull-Prinzips der Validierung	Spezifikation der Validierungsumgebung und - Konfiguration	Spezifikation der Marktleistungsidee
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Ansätze für Lösungswissen zur frühen Validierung	Experimente-Tools nach BLAND & OSTERWALDER	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
	Validierungsexperimente nach WEINREICH	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
	Prerotyping und Prototyping nach SAVOIA ET AL.	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
	MVPs in Systems Engineering nach ZIMMERMANN ET AL.	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
	Methoden der Kundenbefragung nach GAUSEMEIER ET AL.	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
	Validierungsexperimente für Augmented Reality	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Ansätze zur Durchführung früher Validierung	TAF-Agile Framework nach HOFSTETTLER ET AL.	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
	Testing Process nach BLAND UND OSTERWALDER	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
	Lean Startup nach RIES	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
	Fast Feedback Cycle nach FLETCHER UND BONTE	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
	Frühe Validierung interaktiver Produkte nach REINEMANN	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
	Formales Vorgehen der Validierung nach EL-HAJI ET AL.	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Ansätze zur Dokumentation relevanter Ergebnisse	Geschäftsmodelleinführung nach BENEDIKT ECHTERHOFF	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
	Dokumentation von Validierungskonfigurationen nach ALBERS	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
	Agile Anforderungsdokumentation nach DOUGLASS	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
	Spezifikationstechnik CONSENS	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
	Modellbasierter Entwicklungsauftrag nach OLGA ECHTERHOFF	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
	User Story Mapping nach PATTON	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Dokumentationskonzepte nach ALEXANDER ALBERS	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	

A1) Anwendbarkeit für etablierte Unternehmen, die technische Systeme entwickeln:

Die Anwendbarkeit ist in den meisten Ansätzen nur teilweise gegeben. Eine Ausnahme bilden bestehende Ansätze zu Dokumentationskonzepten aus den Bereichen Systems Engineering und agile Entwicklungsmethoden. Der vorrangig aus dem Startup-Feld vorliegende Stand der Technik für das Lösungswissen (HF1) und bestehenden Vorgehensmodellen (HF2) eignet sich nur bedingt für den etablierten Kontext, da eine unternehmerische Perspektive eines Gründers adressiert wird. Vorgehensmodelle wie nach HOFSTETTLER ET AL, EL-HAJI ET AL und REINEMANN sind durch die Einschränkung der Domäne und der Höhe des Abstraktionsgrads nur teilweise für eine konkrete Anwendung in Unternehmen mit dem breiten Fokus auf Produkt-Service-Systeme (vgl. Abschnitt 3.2.2) geeignet.

A2) Frühe Validierung der Begehrlichkeit: Die Fokussierung der frühen Phasen in Kombination mit der Validierung der Begehrlichkeit existiert nur teilweise in den betrachteten Ansätzen. Im ersten Handlungsfeld weichen die meisten Ansätze durch die Gründer-Perspektive von einem Fokus der Begehrlichkeit ab, da auch technische und wirtschaftliche Hypothesen betrachtet werden. Eine Ausnahme bilden die zusammengefassten Methoden zur Kundenbefragung nach GAUSEMEIER ET AL., die beide Aspekte adressieren. Betrachtete Vorgehensmodelle fokussieren nur teilweise die frühe Validierung, da die gesamte Produktentstehung im Vordergrund steht; nicht die frühe Validierung als Ergänzung der Produktfindung. Eine Ausnahme bildet der Ansatz nach REINEMANN. Dokumentationskonzepte erfüllen im Allgemeinen diese Anforderung. Hervorzuheben ist der Ansatz nach PATTON, der sich durch eine kundenorientierte Dokumentation von Anforderungen auszeichnet.

A3) Induktiv-deduktive Herleitung und Erweiterbarkeit: Keiner der Ansätze aus dem Stand der Technik erfüllt diese Anforderung vollständig. Vorhandene Ansätze beschreiben Lösungswissen in fragmentierten oder zu oberflächlichen Dimensionen, die für eine konkrete Unterstützung ungeeignet sind. Ansätze wie BLAND & OSTERWALDER oder GAUSEMEIER ET AL. fassen einen großen Teil Erfahrungswissen zusammen. Dieser ist jedoch nur ein grober Auszug der Möglichkeiten in der frühen Validierung und gibt keinen Raum zur Erweiterung.

A4) Auswahl und Kombination von Lösungswissen: Die Auswahl und Kombination von Lösungswissen ist bei den meisten Ansätzen nicht gegeben. Ansätze, die die Anforderung teilweise erfüllen stellen nur einen sehr beschränkten Rahmen an Auswahlkriterien und vorbewertetem Lösungswissen bereit. Die Kombinierbarkeit von Prototyping- und Validierungsmethoden ist in keinem der Ansätze gegeben, da bereits vorgegebene Kombinationen oder nur eine der beiden Methodentypen aufbereitet sind.

A5) Systematische, iterative Vorgehensweise: Keine der Ansätze ermöglichen ein vollumfängliches, systematisches und iteratives Vorgehen in der Produktfindung etablierter Unternehmen. Wesentliche Merkmale der Produktfindung, wie bestehende, vielseitige Ideen und existierende Schnittstellen zur Entwicklungseinheit werden nicht berücksichtigt. Eine Integration in etablierte Produktentstehungsmodelle wie dem 4-Zyklen-Modell

ist nicht ohne weiteres möglich. Es besteht das Potenzial Mechanismen vorhandener Systematisierungsansätze und iterativer Vorgehensweisen für die Systematik zu adaptieren.

A6) Anwendung des Pull-Prinzips der Validierung: Die Anwendung des Pull-Prinzips und damit die Integration von Prototyping-Aktivitäten wird vorrangig von agilen Vorgehensmodellen adressiert, die diese Anforderung voll erfüllen. Die Systematik kann die bestehenden Ansätze aufgreifen, um eine Umsetzung des Pull-Prinzips zu ermöglichen.

A7) Spezifikation der Validierungsumgebung und -Konfiguration: Ein konkretes Dokumentationskonzept zur Spezifikation von Validierungsumgebung und -konfiguration wird durch den Ansatz nach ALBERS ET AL. vollständig adressiert, die zwei Beschreibungsmodelle zur Definition dieser vorstellen. Ansätze aus dem Startup-Bereich beschreiben grobe Dokumentationskonzepte für Validierungsumgebungen, die für den Kontext etablierter Unternehmen angepasst werden müssen.

A8) Spezifikation der Marktleistungsidee: Es existieren einige Ansätze im analysierten Stand der Technik, die eine Spezifikation von Marktleistungsideen ermöglichen können. Diese müssen in den Kontext der Systematik eingebettet und kontextualisiert werden. Dabei ist vor allem die kombinierte Betrachtung von Nutzenwerten und technischen, modellbasierten Spezifikationen relevant, die von keinem der Ansätze direkt adressiert wird. Es muss eine Kombination bestehender Ansätze stattfinden, um der beschriebenen Informations- und Kommunikationsproblematik gerecht zu werden (vgl. Abschnitt 3.3.4).

5 Systematik zur frühen Validierung von Marktleistungsideen

*"Unser Wissen ist ein kritisches Raten,
ein Netz von Hypothesen, ein Gewebe von Vermutungen."*

- Karl Popper -

Dieses Kapitel beschreibt die entwickelte *Systematik zur frühen Validierung von Marktleistungsideen für technische Systeme in etablierten Unternehmen*. Die Ergebnisse haben den Anspruch, die in der Problemanalyse identifizierten Potenziale und Handlungsfelder zu adressieren und die definierten Anforderungen zu erfüllen. Abschnitt 5.1 gibt einen Überblick auf die Grundidee und Bestandteile der Systematik. In Abschnitt 5.2 wird das erarbeitete Lösungswissen vorgestellt. Abschnitt 5.3 beschreibt das erarbeitete Dokumentationskonzept, welches in Kombination mit dem Lösungswissen in das in Abschnitt 5.4 vorgestellte Vorgehensmodell integriert wird.

5.1 Grundidee und Überblick

Ziel der Systematik ist die Unterstützung der frühen Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen für technische Systeme. Adressiert sind Innovationsverantwortliche Entscheider und Entwickler, die innerhalb etablierter Unternehmen organisiert sind und Marktleistungsideen strategisch planen, durch frühe Prototypen umsetzen und durch Kunden validieren. Kernergebnisse sind validierte, dokumentierte Kundenanforderungen und grobe Funktionalitäten, die an die Entwicklung weitergegeben werden. Ausgangspunkt der Systematik sind bereits bestehende Marktleistungsideen. Berücksichtigt wird die Bandbreite technischer Möglichkeiten (vgl. Abschnitt 3.2.1), die als Produkt, Produkt-Service oder reinem Service durch Kunden wahrgenommen werden können (vgl. Abschnitt 3.2.2). Die Systematik gliedert sich in drei Bestandteile (Bild 5-1).

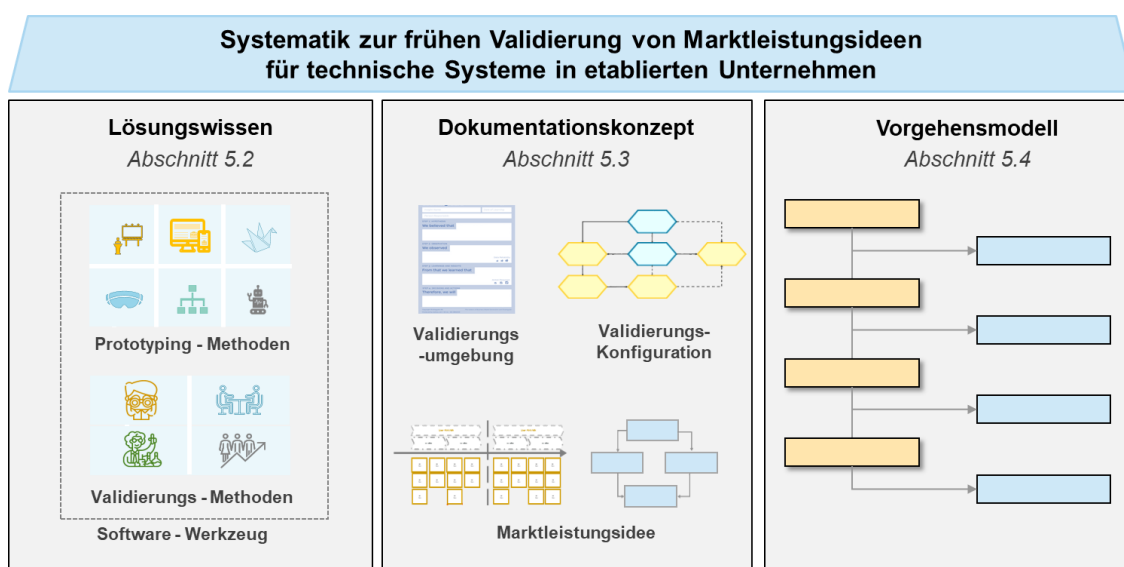


Bild 5-1 Aufbau der Systematik

1. Das Lösungswissen beschreibt induktiv-deduktiv erarbeitetes, strukturiertes Methodenwissen für das frühe Prototyping und die Validierung. Dieses wurde für die Anwendung der frühen Pull-Validierung von Marktleistungsideen technischer Systeme in etablierten Unternehmen aufbereitet und nutzbar gemacht. Das Lösungswissen wird durch eine Auswahllogik und ein Software-Werkzeug komplettiert, die das vorbewertete Lösungswissen aufgreifen und eine systematische Auswahl der Validierungsumgebung ermöglichen.

2. Das Dokumentationskonzept greift vorhandene Methoden aus dem Stand der Technik auf und ermöglicht eine transparente und verständliche Dokumentation von der Marktleistungsidee, Validierungsumgebung, Validierungskonfiguration und den Validierungsergebnissen. Das Konzept wird zudem durch Regeln und neue Sprachkonstrukte ergänzt, um entstandenes Wissen zu dokumentieren und zu kommunizieren.

3. Das Vorgehensmodell greift das Lösungswissen und Dokumentationskonzept auf und beschreibt ein iteratives Vorgehen für etablierte Unternehmen. Es beinhaltet eine systematische Anleitung zur frühen Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen technischer Systeme nach dem Pull-Prinzip. Ergebnisse sind validierte Anforderungen und grobe Funktionalitäten zur Entwicklung einer Marktleistungsinnovation.

5.2 Lösungswissen

Wie die vorherigen Abschnitte verdeutlichen, ist für die praktikable, systematische Planung und Durchführung der frühen Pull-Validierung Lösungswissen insbesondere zu Objekt und Prozesse des frühen Prototyping und zur frühen Validierung notwendig (Methodenwissen, vgl. Abschnitt 3.4.5). Die Analysen in Abschnitt 3.4.5 und Kapitel 4 haben gezeigt, dass dieses aus unterschiedlichen Disziplinen unstrukturiert und selten in allen notwendigen Dimensionen der Validierung kohärent beschrieben ist. Des Weiteren wird neues Wissen zu z.B. neuartigen Prototyping- und Messungs-Methoden durch neue Technologien im Laufe der Zeit von der Wissenschaft und Praxis erschlossen. Der Problemanalyse folgend wurde ein Vorgehen zur Extraktion, Strukturierung und Erweiterung des Methodenwissens für die frühe Validierung definiert und ausgeführt. Ziel ist, dieses in der Praxis für die frühen Phasen systematisch anwendbar zu machen.

In Abschnitt 5.2.1 wird, angelehnt an Forschungsmethoden des Design Science, Systematic Literature Review Methodologies und der Klassifikation, das angewendete Vorgehen zur induktiv-deduktiven Extraktion und Erweiterung des Methodenwissens aus Wissenschaft und Praxis für die frühe Validierung vorgestellt. Teilergebnisse wurden bereits in wissenschaftlichen Beiträgen publiziert [ARL+18], [AWR+19], [AGL+19], [GNA+21], [AGK+22] oder wurden komplementär durch betreute, studentische Abschlussarbeiten angereichert [GAN19], [AA21], [RAE22]. Die Gesamt-Ergebnisse wurden im Forschungsprojekt INVENTOR angewendet (vgl. Kapitel 6). Grundlage der Charakterisierung des Lösungswissens bilden passende Klassifikationsschemata, die in Abschnitt 5.2.3 beschrieben werden. Mit Hilfe des Vorgehens und Klassifikationsschemata

wurden Methoden aus insgesamt über 266 Quellen zur frühen Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen technischer Systeme identifiziert, beschrieben, angereichert, bewertet und ihrer Ähnlichkeit entsprechend geclustert. Ergebnis ist ein strukturiertes und für diese Systematik praktikables, erweiterbares Methodenwissen. Den Kern bilden 73 aufbereitete Steckbriefe zu Prototyping-Methoden und 37 aufbereitete Steckbriefe zu Validierungsmethoden (Abschnitt 5.2.2, 5.2.4 und Anhang A3). Das Lösungswissen wird durch eine Auswahllogik und zugehörigem Softwaretool komplettiert, die in Abschnitt 5.2.5 erläutert sind.

5.2.1 Vorgehen zur Ermittlung & Erweiterung des Lösungswissen

Die Ermittlung und Erweiterung des notwendigen Lösungswissen beruht auf ein induktiv-deduktives Vorgehen, welches die Forschungsmethoden nach BLESSING, die Clusteranalyse nach GAUSEMEIER ET AL. und Aspekte aus dem Bereich Systematic Literature Review miteinander kombiniert und anwendet [GP14], [Ble09], [OS10]. Die einzelnen Bewertungen des Lösungswissens erfolgten durch Experteninterviews. Angelehnt an die Delphi-Methode wurden an verschiedenen Terminen Ergebnisse schrittweise präsentiert und anschließend optimiert [HH94]. Das Vorgehen wurde insgesamt für geeignete Methoden des frühen Prototypings und der frühen Validierung durchgeführt und folgt dem in Bild 5-2 visualisierten, fünfstufigen Vorgehen.

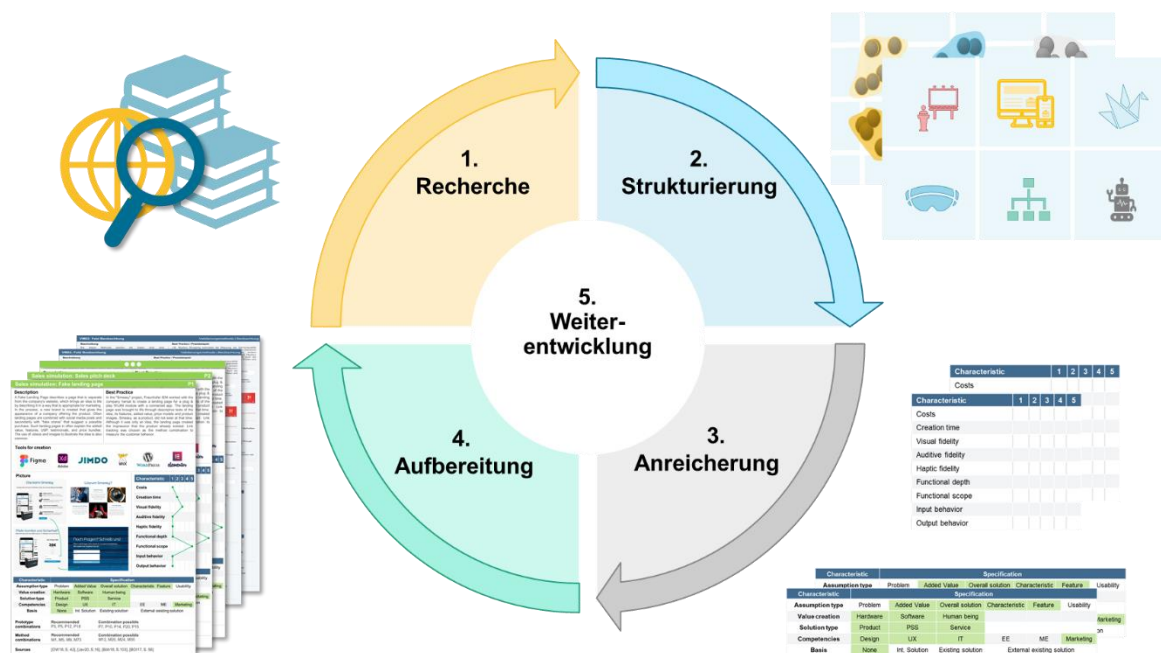


Bild 5-2: Übersicht auf das Vorgehen zur Ermittlung & Erweiterung des Lösungswissens

1) Recherche: Im Rahmen einer auf Suchwörter basierten Internet- und Literaturrecherche wurde existierendes Methodenwissen des frühen Prototypings und der frühen Validierung zunächst quellenorientiert aufgelistet. Zur strukturierten Durchführung wurde

dazu eine Suchstrategie nach dem Vorgehen von ALBERS ET AL. definiert [AEK+19]. Insgesamt wurden über 266 Literaturquellen identifiziert und daraus über 1000 Zeilen in Text beschriebenes Lösungswissen (Überschriften der Methoden, zugehörige Kurzbeschreibungen und weitere beschreibende Schaubilder) extrahiert. In Abschnitt 3.4.5 und 4.1 wurden dazu beispielhafte Ansätze genannt. Anschließend wurde das Methodenwissen gefiltert. Dazu wurde dieses von Experten hinsichtlich der Eignung für das frühe Prototyping oder die frühe Validierung der Begehrlichkeit einer neuen Marktleistungsideen in etablierten Unternehmen geprüft und separat aufgelistet. Beispiele sind Methoden wie Low-Tech-Minimum-Viable-Product (Prototyping-Methode) und ethnographische Beobachtung (Validierungsmethode).

2) Strukturierung: Die herausgearbeiteten Datensätze wurden in einem ersten Schritt gereinigt, indem dem Wortlaut entsprechend identische Begriffe konsolidiert wurden. Ergebnis waren über 150 vorstrukturierte Methoden für das frühe Prototyping und mehr als 100 Methoden für die frühe Validierung. Anschließend wurden die individuellen Methoden paarweise durch Ähnlichkeits-Matrizen miteinander verglichen. Die Bewertung der Ähnlichkeit erfolgte über die Bewertungskriterien *identisch*, *ähnlich* und *unterschiedlich*. Dadurch konnte Lösungswissen identifiziert werden, welches inhaltlich identisch, sich jedoch in der Formulierung unterscheidet (z.B. Low Tech MVP und Bare Bones MVP). Die Gesamtanzahl konnte dadurch auf insgesamt 83 Methoden für das frühe Prototyping und 38 Methoden für die frühe Validierung reduziert werden. Des Weiteren bildete die Ähnlichkeitsmatrix die Grundlage für die übergeordnete Strukturierung des Lösungswissens durch Klassifikationsverfahren der multidimensionalen Skalierung. Zur Ausführung wurde das Statistik- und Analyse-Tool *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)* des Herstellers IBM genutzt. Mit Hilfe des Jaccard Koeffizienten, dem Ellbogen-Kriterium und einem Dendrogram wurde das konkrete Clustering des Lösungswissens innerhalb des Tools in zwei Dimensionen vorgenommen. Insgesamt ergaben sich sechs Cluster zu Methoden des Prototypings und vier Cluster zu Methoden für die Validierung (vgl. Abschnitt 5.2.2).

3) Anreicherung: Aufbauend auf den identifizierten Methoden für das frühe Prototyping und die Validierung wurde im dritten Schritt ein Klassifikationsschema zur detaillierten Charakterisierung des Methodenwissens bestimmt. Dieses umfasst zwei Typen von Charakteristika: Attribute mit jeweils zugehörigen qualitativen Ausprägungen (z.B. notwendige Kompetenzen zur Erstellung eines Prototypens) und Merkmale mit zugehörigen Merkmalsbewertungen (z.B. notwendige Zeit zur Erstellung eines Prototypens). Die einzelnen Attribute, ihre Ausprägungen und Merkmale resultieren aus einer Analyse bestehender Strukturierungsrahmen und Klassifikationsschemata aus der wissenschaftlichen Literatur. Dazu zählen u.a. die in Kapitel 4 untersuchten Ansätze. Insgesamt wurden 14 Attribute und Merkmale für Methoden des frühen Prototypings und 15 für Methoden der frühen Validierung identifiziert und strukturiert. Die Auswahl erfolgte durch eine prinzipielle Überprüfung der Eignung dieser, eine Unterscheidung zwischen einzelnen Metho-

den zu ermöglichen. Es wurden sich ergänzende Merkmale und Ausprägungen von unterschiedlichen Ansätzen miteinander kombiniert und konsolidiert (Abschnitt 5.2.2). Die identifizierten Attribute und Merkmale wurden durch einen relativen Vergleich priorisiert und damit zur späteren Nutzung gewichtet. Danach wurde das in Phase 2 strukturierte Methodenwissen dem Klassifikationsschema entsprechend bewertet. Ebenfalls wurden Kombinationsmöglichkeiten zwischen einzelnen Methoden identifiziert. Anschließend wurden Praxisbeispiele, Best Practices, nützliche Tools von erfolgreich durchgeführten Methoden und weitere relevante Inhalte recherchiert und dem Lösungswissen hinzugefügt.

4) Aufbereitung: Das in den vorherigen Schritten erarbeitete, analysierte, bewertete und charakterisierte Lösungswissen wurde in einem weiteren Schritt in Form von Steckbriefen aufbereitet. Die Gesamtheit der Steckbriefe ergibt einen Katalog mit Methoden des frühen Prototypings und der frühen Validierung. Auf diesen kann in der Planung, Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung der frühen Pull-Validierung zurückgegriffen werden (vgl. Abschnitt 5.2.4). Des Weiteren wurde, aufbauend auf der Gewichtung und den identifizierten Charakteristika, ein Konzept für die Methodenauswahl erarbeitet. Dieses enthält Fragen zur Aufnahme notwendiger Anforderungen an die frühe Validierung, die die vorbewerteten Charakteristika formal adressieren. Steckbriefe, Charakterisierungen und die Auswahlkonzept wurden abschließend in ein erweiterbares Software-Werkzeug implementiert, welches das Vorgehen in Abschnitt 5.4 unterstützt. Es ermöglicht eine systematische und praktikable Auswahl relevanter Methoden für etablierte Unternehmen. Das Tool ermöglicht dritten Anwendern zusätzliches Lösungswissen nach dem hier beschriebenen Vorgehen anzureichern und setzt eine technische Grundlage für die Erweiterbarkeit.

5) Weiterentwicklung: Künftiges Wissen zu neuen Prototyping- oder Validierungsmethoden, die auf z.B. Zukunftstechnologien wie künstliche Intelligenz basieren, wird im Laufe der Zeit durch Wissenschaft und Praxis erarbeitet. Um eine kontinuierliche Erweiterbarkeit des Lösungswissens zu gewährleisten, wird in einem fünften Schritt das Lösungswissen durch weitere Methoden aus Literatur und Praxis kontinuierlich erweitert bzw. angereichert, indem die Schritte eins bis vier wiederholt werden.

5.2.2 Übergeordnete Cluster für Methoden-Wissen

Die übergeordnete Strukturierung und Filterung des identifizierten Methoden-Wissens für das Prototyping und die Validierung wurde durch eine vorrausgegangene Ähnlichkeitsanalyse mit Hilfe einer Ähnlichkeitsmatrix und SPSS-Tool durchgeführt (vgl. Abschnitt 5.2.1). Da die Strukturierung auf einer Recherche basiert, erhebt diese kein Anspruch auf Vollständigkeit. Vielmehr ist es als Resultat eines deduktiven Schlusses zu verstehen, der den Stand der Forschung und Technik widerspiegelt. Das beschriebene Vorgehen ermöglicht dabei eine Aktualisier- und Erweiterbarkeit des Lösungswissens.

Im Folgenden werden die aus Abschnitt 5.2.1 resultierenden Übersichtsbilder des Clusters für Methoden des frühen Prototypings und der frühen Validierung vorgestellt.

5.2.2.1 Prototyping-Methoden

Im Rahmen der Cluster-Analyse für frühe Prototyping-Methoden wurden sechs Cluster identifiziert, die in Bild 5-3 visualisiert und anschließend charakterisiert werden.



Bild 5-3: Übersicht auf die identifizierten Cluster für Prototyping-Methoden

1) Fiktionale Geschichten (1-10): Das erste Cluster beschreibt Methodenwissen zu nicht-funktionalen, in der Regel audiovisuell-beschreibenden Prototypen. Dabei wird die Marktleistungsidee in Form einer Geschichte, Erzähltem oder Schauspiel für Kunden erlebbar gemacht. Es können Marktleistungsideen adressiert werden, die auf Software und/oder Hardware beruhen oder ein Produkt, Service oder Produkt,-Service-System (PSS) implizieren. Beispiele sind ein improvisiertes Rollenspiel oder ein 20 Sekunden-Pitch, indem die grundlegende Idee hinter einer Marktleistung in 20 Sekunden durch eine vorher eingeübte Erzählung beschrieben wird.

2) Konzeptionelle Modelle (11-21): Das Hauptziel eines konzeptionellen Modells besteht darin, die Grundprinzipien und die Grundfunktionalität eines zu entwickelnden Systems zu vermitteln. Dabei können je nach Modell-Rahmen unterschiedliche Aspekte einer Marktleistungsidee abgebildet werden, um die Kommunikation zwischen Stakeholdern zu verbessern. Mit Ausnahme von Canvas-basierten Modellen, die auch Geschäftsaspekte adressieren können, beschränken sich die identifizierten Methoden auf die Visualisierung von Marktleistungsaspekten. Beispiele sind Use-Case-, Architekturvisualisierungen und Feature Listen.

3) Vertriebsimulationen (22-39): Prototyping-Methoden, die in diesem Cluster eingeordnet sind, beschreiben aufbereitete Medien aus dem Vertrieb zur Veranschaulichung einer Marktleistungsidee. Ziel ist es, eine Nachahmung des Vertriebsprozesses zu ermöglichen, um Kunden ein realitätsnahes Such- und Käuferlebnis darzubieten. Vertriebsimulationen beschreiben in der Regel alle notwendigen Funktionalitäten und beinhalten keine technische Umsetzung der zukünftigen Marktleistung. Vertriebsimulationen sind sowohl für Hardware, Software, Produkte, Services und PSS geeignet. Beispiele sind ein Vertriebs-Pitchdeck zu einer fiktiven Marktleistung, eine beschreibende Landingpage einer fiktiven Marktleistung oder ein nachgeahmter Warenkorb, der den Anschein macht, dass eine bestimmte Marktleistungsidee bereits zum Verkauf steht.

4) Virtuelle, nicht funktionale Gestalt (40-45): Virtuelle Gestalt-Prototypen konzentrieren sich ebenfalls auf die Parameter Optik, Maß, Form, Lage, Haptik und Interaktion mit dem Kunden. Der Unterschied zum vorherigen Cluster besteht darin, dass keine physische, aus Materie bestehende Gestalt entsteht, sondern die Abbildung durch Virtualität erzeugt wird. Die identifizierten Methoden adressieren Marktleistungsideen, die auf Software oder Hardware basieren können. Durch Technologien wie Augmented Reality können ebenfalls bestehende physische Lösungen durch virtuelle Gestalten immersiv ergänzt werden. Beispiele sind virtuelle 3D-Mockups, digitale Wireframes für Nutzeroberflächen oder Augmented Reality Prototypen.

5) Physische, nicht funktionale Gestalt (46-54): Methoden für Gestalt-Prototypen, die physisch ausgearbeitet werden, konzentrieren sich auf Parameter wie Optik, Maß, Form, Lage, Haptik und Interaktion mit dem Kunden. Dabei erstreckt sich der Abstraktionsgrad von sehr groben, physischen Formen, bis hin zu detaillierten, dem Endprodukt sehr ähnlichen Gestalten. Die Methoden konzentrieren sich hauptsächlich auf Marktleistungsideen, die eine Hardware implizieren. Ausnahmen bilden Ansätze, die durch das Erzeugen von physischen Gestalten die Darstellung einer Software oder Dienstleistung ermöglichen. Beispiele sind Papp-Prototypen, 3D gedruckte, physische Gestalten und physische Papier-basierte Software-Nutzeroberflächen.

6) Funktionale Repräsentation (55-73): Funktionale Marktleistungsrepräsentationen legen den Fokus auf die reale Repräsentation umgesetzter Funktionen einer Marktleistungsidee. Dabei fallen Aspekte der äußeren Erscheinung sowie Proportionen oder De-

tails eher in den Hintergrund, solange diese keine wesentlichen Funktionen beeinträchtigen. Funktionale Marktleistungsrepräsentationen stellen einen erhöhten Anspruch an die Herstellverfahren und dienen oft zur Überprüfung der Marktleistung in der Anwendung. Die ermittelten Prototyping-Methoden adressieren sowohl Software, als auch Hardware. Abhängig von der fokussierten Tiefe und Breite der zu repräsentierenden Funktionalität können erstellte Prototypen in diesem Cluster beliebig kostenintensiv werden. Beispiele sind Bare-Bones-Minimum-Viable-Products, Critical-Feature-Minimum-Viable-Products, Beta Prototyp, ebenso angepasste bestehende Lösungen.

5.2.2.2 Validierungs-Methoden

Im Rahmen der Cluster-Analyse für frühe Validierungs-Methoden wurden insgesamt vier Cluster identifiziert, die in Bild 5-4 visualisiert und anschließend charakterisiert werden.



Bild 5-4: Darstellung der identifizierten Validierungsmethoden-Cluster

1. Befragungen (1-11): Bei Methoden der Kundenbefragung geben Personen zu gegebenen Sachverhalten Auskunft. Es können beobachtbare und nicht beobachtbare Sachverhalte gesammelt werden. Unternehmen können selbst Befragungen durchführen oder im Rahmen von Omnibusbefragungen stellen lassen. Ein Beispiel für Befragungen sind Online-Umfragen, indem Kundenmeinungen durch strukturierte Fragebögen abgefragt werden. Ein weiteres Beispiel ist die Conjoint-Analyse, die eine auf Umfragen-basierte statistische Methode darstellt, um Präferenzen von Kunden strukturiert zu erheben.

2. Beobachtungen (12-17): Methoden aus diesem Cluster beinhalten die systematische Sammlung wahrnehmbarer Sachverhalte, Verhaltensweisen und Eigenschaften bestimmter Kunden durch Dritte (Fremdbeobachtung) oder durch Geräte (instrumentelle Beobachtung). Beispiele sind Methoden wie Eye-Tracking, indem der Fokus des Sichtfelds eines Menschen mit Kamerasensoren gemessen wird. Ein weiteres Beispiel ist die ethnografische Beobachtung, indem das Verhalten des Kunden im Stillen von außen beobachtet und dokumentiert wird.

3. Experimente (18-27): Im Rahmen von experiment-basierten Methoden werden Ursache-Wirkungs-Beziehungen überprüft. Es werden gleichartige Probandengruppen definiert, die Beeinflussungseffekten unter vorher bestimmten Umweltbedingungen unterzogen werden. Es wird analysiert, ob Unterschiede in Effekten der Wirkung ausschlaggebend sind. Ein Beispiel sind Laborexperimente, indem in künstlich geschaffenen und vom Entwickler beeinflussten Umgebungen Kunden platziert werden und vorher definierte Szenarien durchgespielt werden. Weiteres Beispiel sind Testmärkte, indem Marketingkonzeptionen oder Neuprodukte unter realen Bedingungen von Kunden gekauft werden.

4. Quellenanalyse (28-37): Methoden in diesem Cluster ermitteln die Spuren, die Kunden in verschiedenen Momenten zu bereits vergangenen Ereignissen hinterlassen haben. Dafür werden die notwendigen Daten aus bestehenden Quellen ausgeleitet und ausgewertet. Eine Kundenintegration erfolgt dabei indirekt, indem Wissen über diesen aus z.B. Marktanalysen zusammengefasst sind. Es werden durch die Sammlung digitaler Informationen und anschließender Analyse z.B. Muster aufgedeckt, Wirkzusammenhänge bewiesen, Trends identifiziert und Nutzenprofile validiert. Die Einbindung von Prototypen ist für Methoden in diesem Cluster nicht möglich, da aufzunehmende Daten zu Reaktionen bereits existieren. Beispiele sind Systematic Reviews, indem Evidenz zu einer Annahme durch methodisches und transparentes Durchsuchen aktueller Literatur, Statistiken und Studien hergestellt wird.

5.2.3 Klassifikationsschematas für Methoden-Wissen

Grundlage für die Anreicherung und Systematisierung des Lösungswissen für Methoden des frühen Prototypings und der frühen Validierung bilden Klassifikationsschematas. Sie ermöglichen eine einheitliche Beschreibung des identifizierten Lösungswissen zur frühen Validierung und die Darstellung von Unterschieden und Gemeinsamkeiten anhand charakteristischer Merkmale und Attribute. Durch eine Strukturierung des Lösungsraumes durch das Aufzeigen der Gesamtheit möglicher Ausprägungen, dienen die Klassifikationsschematas ebenfalls als Hilfsmittel zur Förderung der Kreativität und Systematisierung in der Planung, Vorbereitung und Durchführung von frühen Validierungs- und Designaktivitäten (z.B. Identifikation der Prototypen und Validierungsumgebung).

5.2.3.1 Prototyping-Methoden

Das Klassifikationsschema für Prototyping-Methoden setzt sich aus sechs Attributen und neun Merkmalen mit jeweils mehreren Merkmalsausprägungen zusammen. Attribute weisen qualitative Ausprägungen vor (z.B. notwendige Kompetenzen zur Erstellung eines Prototypens). Merkmalen werden zugehörige quantifizierte Merkmalsbewertungen zugewiesen (z.B. notwendige Zeit zur Erstellung eines Prototypens). Die strukturierten Attribute und Merkmale werden in Bild 5-5 in der Übersicht dargestellt.

Attribut	Ausprägung						Merkmal	1	2	3	4	5
Cluster	Virtuell, nicht funktional	Physisch, nicht funktional	Konzeptmodell	Vertriebs-simulation	Fiktionale Geschichte	Funktional	Kosten					
							Erstellungszeit					
Wertschöpfung	Hardware	Software	Mensch				Visuelle Wiedergabetreue					
Marktleistungstyp	Sachleistung	PSS	Dienstleistung				Auditive Wiedergabetreue					
Notwendige Kompetenzen	Design	UX	IT	ET	MB	Marketing	Haptische Wiedergabetreue					
						Business Analyst						
Lösungsgrundlage	Keine	Interne Lösung		Eigenes Produkt		Externe Lösung	Funktionstiefe					
Annahmetyp	Nützlichkeit	Gebrauchstauglichkeit		Begehren		Kaufbereitschaft	Funktionsumfang					
							Eingabeverhalten					
Betrachtungsschwerpunkt	Gesamtlösung	Eigenschaften					Ausgabeverhalten					

Bild 5-5: Klassifikationsschema für Prototyping-Methoden

Attribute

Attribute fassen im Rahmen dieser Arbeit konstitutive Eigenschaften zusammen, die über verschiedene qualitative Ausprägungen verfügen können. Die Prototyping-Methoden können dabei mehrere Ausprägungen innerhalb eines Attributes adressieren. Im Folgenden werden die identifizierten Attribute und Ausprägungen näher erläutert.

- **Cluster:** Die erarbeiteten Cluster dienen der übergeordneten Charakterisierung identifizierter Prototyping-Methoden. Die Ausprägungen können durch die Cluster *virtuell und nicht funktional*, *physisch und nicht funktional*, *Konzeptmodelle*, *Vertriebssimulation*, *Fiktionale Geschichte* und *Funktional* beschrieben werden.
- **Wertschöpfung:** Dieses Attribut beschreibt die Art der technologischen Wertschöpfung, die durch eine Prototyping-Methode adressiert werden kann. Es existieren Methoden des Prototypings, die speziell für *Software* (z.B. Wireframes), *Hardware* (z.B. 3D Druck), *menschliche Wertschöpfung* (z.B. Funktionen, die durch Menschen ausgelöst bzw. durchgeführt werden) oder Kombinationen davon geeignet sind (z.B. Landingpages können Software, Hardware und oder Dienstleistungen abbilden.)
- **Marktleistungstyp:** In Abschnitt 3.1.3 wurden drei unterschiedliche Ausprägungen für Marktleistungen technischer Systeme beschrieben. Diese gliedern sich in *Produkte* (z.B. Verkauf einer Werkzeugmaschine), *Produkt-Service-Systeme* (z.B. zusätzlicher Wartungsvertrag) oder reine *Services* (z.B. Betreibermodell der Werkzeugmaschine).

- **Notwendige Kompetenzen:** Die Erstellung von frühen Prototypen erfordert jeweils unterschiedliche Kompetenzen. Dazu gehören Kompetenzen im *Design* (z.B. zur Erstellung von 2D oder 3D Oberflächen), *Informationstechnik* (z.B. zur Entwicklung einer Software-Funktion), *Elektrotechnik* (z.B. zur Implementierung von Arduino-Kits), *Maschinenbau* (z.B. Erstellung eines CAD-Modells), *Marketing* (z.B. Erarbeitung von Marketing-Material zur Vertriebssimulation) oder *Business-Analyst* Kompetenzen (z.B. zur Analyse von Wettbewerbsmaterialien).
- **Lösungsgrundlage:** Dieses Attribut beschreibt, inwiefern eine Prototyping-Methode bereits existierende Lösungen integriert. Prototypen können generell auf *keine Grundlage* (grüne Wiese Projekt), *auf Grundlage bestehender interner Lösungen* (z.B. kann bereits ein Werkzeug für die Produktion entwickelt worden sein, dass in modifizierter Weise auch Kunden angeboten werden könnte), *bestehende Marktleistungen* (z.B. ein Produkt aus alter Generation im Unternehmen) oder *externen Lösungen* (z.B. Konkurrenzprodukte) basieren.
- **Annahmetyp:** Dieses Attribut existiert sowohl für Prototyping, als auch für Validierungsmethoden und adressiert das Validierungsziel Desirability. Die Ausprägungen beziehen sich auf die Begehrlichkeitsaspekte des Kunden und werden aufgeteilt in *Nützlichkeit* (Problem-Lösungs-Fit), *Gebrauchstauglichkeit* (Usability), *Begehren* (emotionale Faktoren) und *Kaufbereitschaft* (kundenseitige ökonomische Aspekte) (vgl. Abschnitt 3.4.2).
- **Betrachtungsschwerpunkt:** Prototypen können sowohl die *Gesamtlösung* (z.B. die Darstellung des gesamten Produkts), als auch einzelne *Eigenschaften* einer Marktleistungsidee (z.B. Umsetzung einer einzigen Funktion oder einzelnen Design-Eigenschaften) abdecken. Eigenschaften decken dabei sowohl Kerneigenschaften als auch Zusatzeigenschaften ab. Beispielsweise kann bei Werkzeugmaschinen eine einstellbare Vorschubgeschwindigkeit als Kerneigenschaft verstanden werden. Im Falle der Werkzeugmaschine wäre ein zusätzlicher Touchscreen zur einfachen Bedienung ein Beispiel für eine Zusatzeigenschaft.

Merkmale

Merkmale fassen im Rahmen dieser Arbeit quantifizierbare, konstitutive Eigenschaften zu Prototyping-Methoden zusammen. Die Quantifizierung erfolgt über einen relativen Vergleich der Merkmale zwischen den identifizierten Prototyping-Methoden. Die Bewertungsskala erstreckt sich dabei von eins bis fünf, wobei eine eins im Vergleich zu anderen Prototypen eine sehr geringe Ausprägung bedeutet und eine fünf im Vergleich zu anderen eine sehr große Ausprägung impliziert.

- **Kosten:** Im Rahmen der Entwicklung von Prototypen entstehen Kosten für z.B. notwendiges Filament eines 3D-Mockups. Insgesamt können Kosten für Materialien (Rohstoffe zur direkten Verarbeitung, notwendige Werkzeuge, Hilfsstoffe etc.), Per-

sonalkosten (Gehälter der Entwickler, Business Analysten, Designer etc.), Betriebsmittelkosten (z.B. Software-Tools, Reparatur- und Instandhaltungskosten), Fremdleistungskosten (z.B. Dienstleistungen) und sonstige Kosten (z.B. Energiekosten, etc.) entstehen.

- **Erstellungszeit:** Dieses Merkmal beschreibt die relative Zeit, die zur Entwicklung früher Prototypen notwendig ist. Grundsätzlich wird Zeit für die Konzipierung, für die Implementierung und für die Produktion von Prototypen investiert. Die Entwicklungszeit erstreckt sich von einigen Stunden (z.B. Erstellung eines Pen&Paper Sketches), bis hin zu mehreren Monaten (z.B. Bare-Bones MVP für ein Auto).

Im Folgenden werden Merkmale zur **Wiedergabetreue** (eng. Fidelity) eines Prototypens beschrieben, die die Ähnlichkeit mit dem späteren Produkt ausdrücken. Die Wiedergabetreue lässt sich entlang der Wiedergabedimensionen High-Fidelity (starke Ähnlichkeit mit dem Endprodukt) und Low-Fidelity (stark abstrahiert vom Endprodukt) beschreiben [Kli16], [KHD+13], [LPP+06], [RFH+19], [Rei20]. Angelehnt an REINEMANN werden mögliche Ausprägungen in 1. Nicht ausgestaltet, 2. Eher nicht ausgestaltet, 3. Einigermaßen ausgestaltet, 4. Weitgehend ausgestaltet und 5. Vollständig ausgestaltet eingeteilt [Rei20]. Die für diese Arbeit relevanten Merkmale werden im Folgenden beschrieben.

- **Visuelle Wiedergabetreue:** Die visuelle Wiedergabetreue beschreibt die optische Ähnlichkeit eines Prototypens zur finalen Marktleistung. Dazu zählen Größe (interne Proportionen und externe räumliche Größenverhältnisse), Lage (Räumliche Orientierung und Positionierung), Farbe (Farb- und Lichtwirkung, Transparenz, Okklusion), Form und Struktur (Form, Oberflächenstruktur, visuelle Konstruktionstiefe, Wirkbeziehungen).
- **Auditive Wiedergabetreue:** Dieses Merkmal charakterisiert die Übereinstimmung der Geräusche des Prototypens zur Marktleistung. Dazu gehören Grundgeräusche und akustisches Feedback bei der Nutzung.
- **Haptische Wiedergabetreue:** Die haptische Wiedergabetreue beschreibt die Ähnlichkeit der Manipulation des Tastsinns des Prototypens zur Marktleistung. Dazu zählen die Festigkeit und das haptische Feedback an der Oberfläche.
- **Funktionstiefe:** Die Funktionstiefe beschreibt den Implementierungsgrad bzw. die Ausprägung von Produkteigenschaften eines Prototypens. Die Funktionstiefe kann in die drei Kategorien *Produkteigenschaft ist beschrieben* (z.B. auf einer Landing-Page, Wert 1), *Produkteigenschaft ist nachgeahmt* (z.B. Schauspiel durch Wizard of Oz oder Mechanical Turk, Wert 2-3) oder *Produkteigenschaft ist implementiert* (z.B. durch Bare Bones MVP, Wert 4-5) eingeteilt werden. Die Einteilung kann bei der Bewertung der Funktionstiefe berücksichtigt werden, wobei sich die Ausprägungen im Rahmen der einzelnen Anwendungsfälle unterscheiden.

- **Funktionsumfang:** Der Funktionsumfang beschreibt die Übereinstimmung der adressierten Funktionsanzahl eines Prototypens zur Marktleistung. Prototyping-Methoden können vereinzelte Funktionen (z.B. Critical Function Prototype), Funktions-Bündel (z.B. Minimum Viable Product) oder die Gesamtfunktionalität (z.B. funktionaler, lebensgroßer Prototyp) adressieren.
- **Eingabeverhalten:** Die Ausprägung der Wiedergabetreue von Aktionen zur Interaktion mit dem Prototyp werden durch das Merkmal Eingabeverhalten beschrieben (z.B. Drücken eines Kaufbuttons oder physischen Button an einem 3D-Druck).
- **Ausgabeverhalten:** Dieses Merkmal beschreibt den Grad der Ausgestaltung möglicher Reaktionen eines Prototypens, der durch einer (Re)Aktion eines Nutzers ausgelöst wird (z.B. Die Antwort auf einen Nutzerbefehl).

5.2.3.2 Validierungs-Methoden

Das Klassifikationsschema für Validierungs-Methoden setzt sich aus zwölf Attributen und fünf Merkmalen mit jeweils unterschiedlichen Merkmalsausprägungen zusammen. Die strukturierten Attribute und Merkmale werden in Bild 5-6 in der Übersicht dargestellt und darauffolgend charakterisiert. Für die Beschreibung der Begriffe Attribut, Merkmal, Annahmetypen und Betrachtungsschwerpunkte wird auf Abschnitt 5.2.3.1 verwiesen.

Attribut	Spezifikation					Merkmal	1	2	3	4	5
Cluster	Befragung	Beobachtung	Experiment	Quellenanalyse		Kosten					
Zielmarkt	B2B		B2C			Vorbereitungszeit					
Kundenintegration	Direkt		Indirekt			Ausführungszeit					
Unternehmensintegration	Direkt		Indirekt			Personenanzahl					
Umgebungsform	Schriftlich	Persönlich	Telefonisch	Online	Datenbasiert	Detailgrad					
Umgebungsreife	Laborfeld	Testfeld		Real-Feld		Evidenz					
Informationssuche	Informell		Strukturiert								
Datentyp	Qualitativ		Quantitativ								
Annahmetyp	Nützlichkeit	Usability	Begehren	Kaufbereitschaft							

Bild 5-6: Klassifikationsschema für Validierungsmethoden

Attribute

- **Cluster:** Die in Abschnitt 5.2.2.2 beschriebenen Cluster dienen zur übergeordneten Strukturierung der Validierungs-Methoden. Die Ausprägungen werden durch die Cluster *Beobachtung*, *Befragung*, *Experiment* und *Quellenanalyse* beschrieben.
- **Zielmarkt:** Die Ausprägung des Zielmarktes wird über die Art der Handelsbeziehung beschrieben. Dabei wird zwischen der Eignung für den *Business-to-Business (B2B)*-, *Business-to-Customer (B2C)*-Markt oder beiden unterschieden. Im B2C-Markt sind Privatpersonen Abnehmer der zukünftigen Marktleistung. Der B2B-Markt fokussiert Geschäftskunden bzw. Unternehmen und andere Organisationen.

- **Kundenintegration:** Die Kunden (Käufer und Nutzer) können *direkt* (*Primärquelle*), durch z.B. Interviews oder Online-Experimenten, oder *indirekt* (*Sekundärquelle*), durch Kundenersatzmodellen, in denen Wissen über diesen aus z.B. Marktanalysen zusammengefasst sind, eingebunden werden (vgl. Abschnitt 3.4.2).
- **Unternehmensintegration:** Neben Kunden, können auch Unternehmensmitarbeiter (z.B. Vertriebsmitarbeiter, F&E-Mitarbeiter, Innovationsmanager, Entscheider), *direkt* (z.B. in Kundeninterviews) oder *indirekt* (z.B. in der ethnographischen Beobachtung) eingebunden werden.
- **Umgebungsform:** Validierungsumgebungen können verschiedene Ausprägungen im Setting der konkreten Ausführung vorweisen. Es existieren Methoden, die eine *schriftliche* Durchführung unterstützen (z.B. Online-Befragungen). Andere Ansätze beschreiben ein *persönliches* (z.B. physisches Interview), *telefonisches* (z.B. Telefonbefragung), *online* (z.B. Online-Befragungen) oder *datenbasiertes* (z.B. Click-Tracking) Setting, oder Kombinationen davon.
- **Umgebungsreife:** Die Umgebungsreife beschreibt die Wiedergabetreue einer Validierungsumgebung zur finalen Marktleistungsumgebung. Dabei kann zwischen virtuellen, *Labor-*, *Test-Feld-* und *Real-Feld-Umgebungen* unterschieden werden.
- **Informationssuche:** Das Attribut Informationssuche beschreibt die Art und Weise wie externes Wissen von Kunden aufgenommen wird. Die *informelle* Informationssuche wird durch ein exploratives Vorgehen charakterisiert, indem nicht ganz klar ist, welche Informationen gesucht werden oder wie diese gefunden werden. In einer *strukturellen* Informationssuche ist Vorgehen und Zielinformation bekannt, sodass ein strukturiertes Vorgehen möglich ist.
- **Datentyp:** Eins der gängigsten Unterscheidungsmerkmale ist der aufgenommene Datentyp bei der Kennwertmessung. *Qualitative Daten* enthalten detaillierte, subjektive und individuelle Erkenntnisse über Einstellungen und Handlungen eines Kunden. *Quantitative Daten* werden in einem formellen und objektiven Prozess ermittelt. Dazu gehören Messungen, Zählungen, Tests, sowie strukturierte Beobachtungen.

Merkmale

- **Kosten:** Im Rahmen der Vorbereitung und Durchführung einer Validierung entstehen Kosten für z.B. das Reisen zum Kunden, der Bezahlung von Werbeeinblendungen oder die Durchführung von Interviews. Insgesamt kann, wie bei Prototyp-Methoden zwischen Kosten für Materialien, Personal-, Betriebsmittel-, Fremdleistungs- und sonstigen Kosten unterschieden werden.
- **Vorbereitungszeit:** Dieses Merkmal stuft die notwendige relative Zeitintensität für Vorkehrungen zur Vorbereitung einer Validierung ein. Beispielhaft zu nennen ist die

Zeit zur Vorbereitung von Interview-Leitfäden, Analytics Werkzeugen oder des physischen Ortes zur Durchführung eines Interviews. Die Vorbereitungszeit zum Aufbau des notwendigen Prototypens wird hier ausgeschlossen.

- **Durchführungszeit:** Neben der Vorbereitungszeit, stuft dieses Merkmal den Zeitraum zur Durchführung einer Validierung ein. Beispiele sind die notwendige Zeit für ein Interview oder indem Daten in Online-Experimenten gemessen werden.
- **Personenanzahl:** Dieses Merkmal beschreibt die Einstufung einer Methode hinsichtlich der Möglichkeit zur Integration von einer bestimmten Anzahl möglicher Kunden. Die Anzahl erstreckt von einer Person bis über mehrere hunderttausend Personen (z.B. Facebook-Werbekampagnen).
- **Detaillierungsgrad:** Informationen können in verschiedenen Detaillierungsgraden existieren. Im Hinblick auf die frühe Validierung, können potenzielle Kunden sehr allgemeine Informationen übermitteln (z.B. die Aussage „Das Produkt ist ganz gut.“), aber auch sehr spezifische Informationen (z.B. die Aussage: „Bei dieser Funktion finde ich besonders interessant, dass sie ergonomisch angelegt ist.“).
- **Evidenzaufbau:** Eine Evidenzeinschätzung ermöglicht die Messung der Reduktion von Unsicherheit. Evidenz bedeutet in probabilistischen Ansätzen die Beweiskraft, die die Wahrscheinlichkeit der Gültigkeit einer bestimmten Hypothese erhöht oder verringert und diese damit bestätigt oder widerlegt werden kann. Zur Bewertung von Evidenzen existieren allein in der Medizin über 70 Modelle. Im Folgenden wird angelehnt an das GRADE-Modell, die möglich zu erreichenden Evidenz-Stufen im Rahmen dieser Arbeit vorgestellt. Die Evidenz nach GRADE wird über die Ergebnisqualität gemessen. Mit der Evidenz-Qualität wird demnach das Ausmaß unseres Vertrauens widerspiegelt, dass aufgenommene Daten und die Wahrheit nah einander liegen. Die Bewertung der Evidenz einer Validierungsmethode spiegelt dabei die potenziell zu erreichende Stufe nach der Durchführung dieser wider (Tabelle 5-1).

Einstufung	Definition
Hoch (4)	Wir sind sehr zuversichtlich, dass der tatsächliche Effekt nahe an der Schätzung des Effekts liegt.
Moderat (3)	Wir sind mäßig zuversichtlich, was eine Effektschätzung betrifft: Der tatsächliche Effekt liegt wahrscheinlich in der Nähe des geschätzten Effekts, aber es besteht die Möglichkeit, dass er davon abweicht.
Gering (2)	Unser Vertrauen in die Effektschätzung ist begrenzt: Der tatsächliche Effekt kann sich erheblich von der Schätzung unterscheiden.
Sehr gering (1)	Wir haben sehr wenig Vertrauen in die Effektschätzung: Der tatsächliche Effekt unterscheidet sich wahrscheinlich erheblich von der Schätzung des Effekts
Gar nicht (0)	Wir haben überhaupt kein Vertrauen in die Effektschätzung: Der Effekt unterscheidet sich erheblich von der Schätzung des Effekts

Tabelle 5-1: Modell zur Evidenzeinstufung, angelehnt an GRADE [MLP+12]

5.2.4 Katalog mit Methodenwissen zur frühen Validierung

Das Lösungswissen für Methoden des frühen Prototypings und der frühen Validierung ist in Steckbriefen detailliert beschrieben und bewertet. Bild 5-7 und Bild 5-8 zeigen einen solchen Steckbrief am Beispiel *Digitales Wireframe* als Prototyping- und der *Feldbeobachtung* als Validierungsmethode; die weiteren Steckbriefe sind in Abschnitt 5.2.5 verlinkt. Neben den in Abschnitt 5.2.3 beschriebenen Attributen und Merkmalen wurden die Steckbriefe mit weiteren, für die systematische Planung und Durchführung der frühen Pull-Validierung, notwendigen Informationen angereichert.

PM41: Digitales Wireframe Virtuelle, nicht funktionale Gestalten

Beschreibung

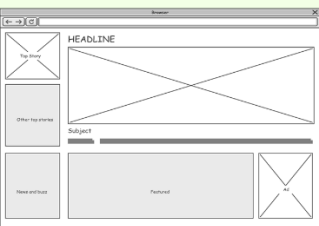
Ein Wireframe (zu dt.: Drahtgerüst) stellt eine digitale Skizze für (Software-) Nutzeroberflächen bestehend aus grauen/schwarzen Linien, Kästen und maximal Überschriften dar. Es soll die Hauptinformationen und ein grobes Layout der Idee vermitteln und dem Betrachter das Konzept schnell klarmachen. Bilder, Textblöcke und visuelle Elemente werden bewusst weggelassen. Der Fokus bleibt auf Struktur, Funktionalität und der Gruppierung des Inhalts. Stufen von Grautönen helfen eine klare Priorisierung auf der Seite festzustellen. Wireframes werden meist für Ideen von Websites, Apps, Software bzw. Mensch-Maschinen-Schnittstellen verwendet und können schnell und günstig erstellt werden. Sie können Interaktivität beinhalten indem verschiedene Sichten der späteren Lösung erzeugt, und innerhalb einer Software miteinander verknüpft werden, sodass spätere Nutzer sich durch verschiedene Sichten navigieren können.

Hilfswerkzeuge

- Schreibwerkzeug
- Wireframing-Tool

Beispielhafte Tools:

- Sketch
- Microsoft Visio
- Miro
- Adobe Xd
- OmniGraffle



Beispielhafte Vorgehensweise

Layout vorbereiten
Überschriften erstellen
Textfelder kennzeichnen
Wireframe anreichern

- Festlegen der Rahmenbedingungen
- Identifikation relevanter Produktanforderungen und Funktionen
- Ableiten der Oberflächenstruktur

- Definition der Überschriften und Platzhalter für jede Funktionalität
- Verbesserung der Struktur-Anordnung

- Kennzeichnung der vorgesehenen Bereiche im gewünschten Format
- Ergänzung von Graustufen, um Wichtigkeit hervorzuheben

- Stichpunktartige Ergänzung der Inhalte
- Optimierung der Positionen
- Erweiterung bzw. Anpassung auf weitere Devices (z.B. Smartphone)

Attribute und Merkmale

Attribut	Ausprägung						Merkmale	1	2	3	4	5
Cluster	Virtuell, nicht funktional	Physisch, nicht funktional	Konzeptmodell	Vertriebs-simulation	Fitktionale Geschichte	Funktional	Kosten	●				
Wertschöpfung	Hardware	Software	Mensch				Erstellungszeit	●				
Marktleistungstyp	Sachleistung	PSS	Dienstleistung				Visuelle Wiedergabetreue	●				
Notwendige Kompetenzen	Design	UX	IT	ET	MB	Marketing	Auditive Wiedergabetreue	●				
Lösungsgrundlage	Keine	Interne Lösung	Eigenes Produkt			Externe Lösung	Haptische Wiedergabetreue	●				
Annahmetyp	Nützlichkeit	Gebrauchstauglichkeit	Begehren			Kaufbereitschaft	Funktionstiefe	●	●			
Betrachtungsschwerpunkt	Gesamtlösung	Eigenschaften					Funktionsumfang	●	●	●		
							Eingabeverhalten	●	●	●	●	
							Ausgabeverhalten	●	●	●	●	●

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

Prototyping-Methoden

- Produktbild
- Pitch-Deck
- Elevator Pitch

Validierungsmethoden

- Standardisierte Interviews
- Spontan Interviews
- Labor-Beobachtung
- Lautes Denken
- Gruppendiskussion

Quellen

Durchgeführte Analysen / Studien:
Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4, und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]

Bildquelle: archimetric.com

Bild 5-7: Lösungswissen-Steckbrief für Prototyping-Methode „Digitales Wireframe“

Im oberen Teil des Steckbriefes befinden sich eine **Kurzbeschreibung** der Prototyping-Methode, eine Beschreibung eines **Praxisbeispiels** oder **Best Practices**, die aus der Literatur zusammengefasst sind. Darunter liegend befindet sich eine generische **Vorgehens-**

weise, die notwendige Aktivitäten zur Erstellung der Prototypen zusammenfasst. Im mittleren Teil befindet sich eine graphische Illustration einer beispielhaften Umsetzung. Ebenfalls finden sich Beispiele für **Hilfswerkzeuge** und Toolhersteller, die für den Aufbau der Prototypen dienlich sind. Den Kern der Steckbriefe bilden die in Abschnitt 5.2.3 beschriebenen und in den Steckbriefen **bewerteten Attribute** und **Merkmale des Klassifikationsschematas** zur strukturierten Charakterisierung des Lösungswissen (vgl. Abschnitt 5.2.3.1). Die Einstufung der Attribute erfolgte dabei durch die Übereinstimmung der Methode mit der jeweiligen auszuprägenden Spezifikation. Die Einstufung der Merkmale erfolgte durch die Bewertungsskala 1-5. (vgl. Abschnitt 5.2.3). Des Weiteren wurden im Rahmen des Vorgehens in Abschnitt 5.2.1 empfohlene **Kombinationsmöglichkeiten** zwischen den Prototyping-Methoden selbst, aber auch zwischen Prototyping- und Validierungs-Methoden identifiziert und den Steckbriefen hinzugefügt.

Der Aufbau der Steckbriefe für die **Validierungsmethoden** ist bis auf zwei Bereiche identisch zu dem des oben beschriebenen Aufbaus der Prototyping-Steckbriefe. Im Folgenden wird der Aufbau beispielhaft am Steckbrief für die Feld Beobachtung in Bild 5-8 gezeigt. Anschließend wird auf die zwei neuen Bereiche eingegangen.

VM04: Online Communities
Befragungen

Beschreibung

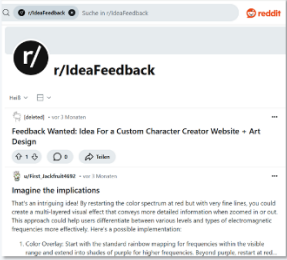
Online Communities adaptieren die klassische Methode der „Fokusgruppen“ und nutzen dafür die erweiterten Möglichkeiten des Internets. Dabei wird eine Gruppe von gleichgesinnten Personen online gebildet, welche über einen längeren Zeitraum Fragestellungen zu einem vorgegebenen Thema beantwortet. Derartige „Communities“ können über Monate oder Jahre bestehen. Oftmals sind diese über Foren oder sozialen Plattformen organisiert, die speziell die frühe Validierung fokussieren. Beispiele sind formierte Gruppen auf den Plattformen reddit, facebook oder linkedin, die als Community gegenseitig Ideen präsentieren und feedbacken. Ein Moderator stellt dabei kontinuierlich Fragen und beantwortet aufkommendes Feedback bzw. begleitet die Diskussionen.

Hilfswerkzeuge

- Community-Plattformen für Innovationsentwicklung
- Online-Communities für Gründer
- Domänenspezifische Plattformen (z.B. Smart Building Foren)

Beispiel-Community-Plattformen:

- Reddit
- Product Hunt
- Startups.com
- Facebook-Gruppen
- Betalist.com



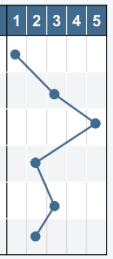
Beispielhafte Vorgehensweise

Plattform identifizieren	Diskussions-Gruppe aufbauen	Inhalte integrieren	Moderation und Dokumentation
<ul style="list-style-type: none"> • Definition der Plattformanforderungen (z.B. Zielgruppe, Teilnehmeranzahl) • Recherche, Bewertung und Auswahl der Plattformen • Plattform-Registrierung und Verstehen des Regelwerks 	<ul style="list-style-type: none"> • Gruppen-Gründung und Setzen des Diskussionsrahmens (z.B. Regelwerk) • Formulierung von Fragen pro Annahme und Festlegen der zu messenden Kennwerte • Ableitung der Antwortmöglichkeiten entsprechend der Kennwerte 	<ul style="list-style-type: none"> • Zielgruppengerechte Beschreibung der Idee (z.B. Features) • Integration des Prototypens (z.B. Video) • Veröffentlichung der Fragen • Anwerben von Diskussionsteilnehmern 	<ul style="list-style-type: none"> • Beobachtung der durchgeführten Diskussionen • Beantwortung von Community-Fragen • Dokumentation & Interpretation der Antworten entsprechend der Annahmen, Kennwerte und Grenzwerte

Attribute und Merkmale

Attribut	Spezifikation					
	Befragung	Beobachtung	Experiment	Quellenanalyse		
Zielmarkt	B2B			B2C		
Kundenintegration	Direkt			Indirekt		
Unternehmensintegration	Direkt			Indirekt		
Umgebungsform	Schriftlich	Persönlich	Telefonisch	Online	Datenbasiert	
Umgebungsreife	Laborfeld	Testfeld	Real-Feld			
Informationssuche	Informell			Strukturiert		
Datentyp	Qualitativ			Quantitativ		
Annahmetyp	Nützlichkeit	Usability	Begehren	Kaufbereitschaft		

Merkmal
Kosten
Vorbereitungszeit
Ausführungszeit
Personenanzahl
Detailgrad
Evidenz



Beispielhafte Kennwerte zur Messung

Geschlossene Frage	Offene Frage	Physisches Verhalten	Virtuelles Verhalten
<ul style="list-style-type: none"> • Abfragen des Mehrwerts (z.B. Effizienzsteigerung) einer Lösung durch Likert-Skala 1-5 (1= stimme gar nicht zu, 5= stimme voll zu) • Abfragen eines Rankings zwischen eigener Idee und weiteren Konkurrenz-Produkten • Dichotome Abfrage zu Aspekten des Mehrwerts (Ja/Nein) • Abfragen von Feature Präferenzen 	<ul style="list-style-type: none"> • Offene Frage zur Kundenmeinung bzgl. des der Problemlösung eines Produktes und Messung der Übereinstimmungsrate zu eigens angenommenen Mehrwerten (Welche Mehrwerte generiert die Idee für Sie?) • Offene Frage zu potenziellem Kaufpreis und Messung der Nähe zu eigens angenommenen Kaufpreisen (Wie viel würden Sie für das Produkt zahlen?) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bei dieser Validierungsmethode nicht möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • Engagement-Level (Aktivität durch Kommentar-Anzahl, Likes, Shares, Linkklick etc.) • Veränderung des Engagements über die Zeit • Emotionalität in den Inhalten • Häufigkeit von Trendthemen, die diskutiert werden • Verbreitungsgeschwindigkeit des Beitrags über die Plattform hinaus

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

<p>Prototyping-Methoden</p>	<p>Validierungsmethoden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Micro Surveys • Mobile Surveys • Online-Testmärkte • Crowd-Funding • Erfolgsfaktoren-Analyse 	<p>Quellen</p> <p>Durchgeführte Analysen / Studien: Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]</p> <p>Bildquelle: OpenPR.com</p>
------------------------------------	---	--

Bild 5-8: Lösungswissen-Steckbrief für die Validierungsmethode Online Communities

Im Bereich **Ansätze zur Erhebung von Kennwerten**, werden recherchierte, für die Methode anwendbare Key-Performance-Indikatoren strukturiert. Ziel ist das Aufzeigen von Möglichkeiten der Kennwert-Erhebung innerhalb einer bestimmten Methode. Die Kennwerte werden dabei in der horizontalen durch die Typen *geschlossene Fragen*, *offene Fragen*, *physisches* oder *virtuelles Verhalten* charakterisiert. Dabei werden Kennwerte berücksichtigt, die eine Validierung der Nützlichkeit, Gebrauchstauglichkeit, des Begehrens und der Kaufbereitschaft ermöglichen (vgl. Abschnitt 3.4.2).

5.2.5 Werkzeugunterstützung

Die vorgestellten, induktiv-deduktiv ermittelten und bewerteten Methodensteckbriefe zum frühen Prototyping und der frühen Validierung stellen die Dokumentation des ermittelten Lösungswissens dar. Um eine effiziente Auswahl, Kombination und Erweiterung dieses Lösungswissens zu ermöglichen, wurde im Rahmen von verschiedenen Forschungsarbeiten ein Software-Werkzeug entwickelt. Dieses stellt ein zuverlässiges Hinterlegen und effektives Abrufen des Lösungswissens sicher. Bild 5-9 gibt einen Überblick über wesentliche Aufgaben des Werkzeugs.

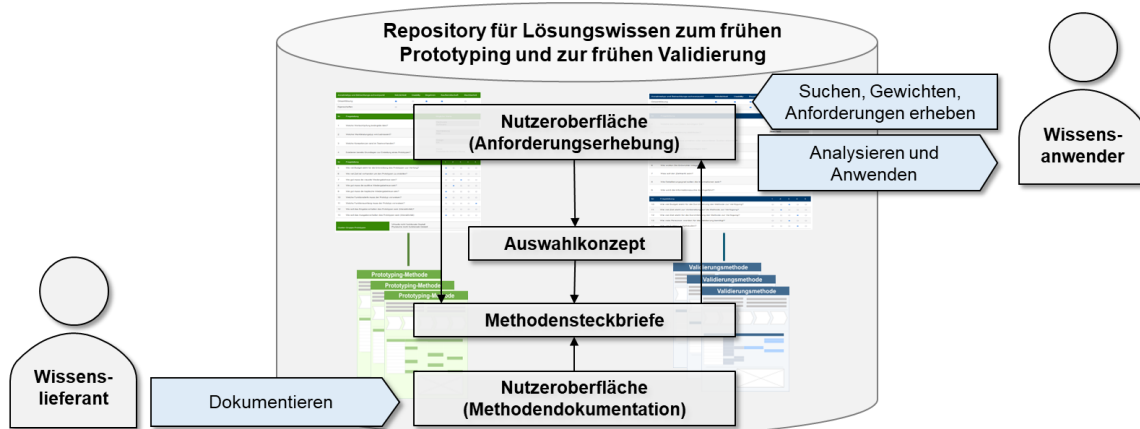


Bild 5-9: Aufgaben des Software-Werkzeugs für den Umgang mit Methodenwissen

Innerhalb des **Software-Werkzeugs** wird das Wissen in Form von **Methodensteckbriefen** (vgl. A1) strukturiert abgelegt. Die zugehörigen, bewerteten Merkmale und Attribute (vgl. Abschnitt 5.2.3) sind formal im System eingepflegt. Dies ermöglicht einen späteren Abgleich der Methoden mit den eingegebenen Anforderungen durch den Wissensanwender. Das Software-Werkzeug basiert auf dem Open-Source-Prinzip, welches die zukünftige Erweiterung des Lösungswissen durch neue Wissenslieferanten ermöglicht. Zur Implementierung wurden die Entwicklungsumgebungen JavaScript, CSS, HTML und NodeJS genutzt. Das Software-Werkzeug ist über eine öffentlich zugängliche Domain erreichbar (www.iem.fraunhofer.de/Methoden-Steckbriefe-arl).

Wissensanwender können auf der **Nutzeroberfläche (Anforderungserhebung)** zum einen Inhalte innerhalb der Methodensteckbriefe über eine Volltextsuche finden. Zum anderen können unternehmensindividuelle Anforderungen an das frühe Prototyping und die frühe Validierung erhoben werden, um eine systematische Methoden-Auswahl durchzuführen (**Auswahlkonzept**). Dies geschieht durch die strukturierte Gewichtung und Beantwortung vordefinierter, vorgewichteter Fragen zu Rahmenbedingungen des Innovationsvorhabens. Die vorgegebenen Antwortmöglichkeiten sind mit den Ausprägungen der in Abschnitt 5.2.3 definierten Attribute und Merkmale identisch, sodass eine gewichtete Ähnlichkeitsbewertung zwischen eingegebenen und in den Methodensteckbriefen hinterlegten Werten stattfinden kann. Nach Beantwortung der Fragen findet der Abgleich mit allen im Repository abgelegten Methoden statt, die dem Nutzer anschließend aufbereitet und priorisiert aufgelistet werden. Der Wissensanwender analysiert die Methodensteckbriefe im Hinblick auf die Situation und wendet dieses bei geeigneter Auswahl an. Für die konkrete Anwendung des Software-Werkzeuges aus Anwender-Perspektive wird auf das Vorgehensmodell in Abschnitt 5.4 hingewiesen.

Wissenslieferanten können innerhalb der **Nutzeroberfläche (Methodendokumentation)** neue Methoden für das Prototyping und die Validierung anlegen, Inhalte neu einfügen und Bewertungen durchführen. Des Weiteren können Inhalte zu bestehenden Methoden für das Prototyping und für die Validierung editiert und existierende Bewertungen optimiert werden. Ziel ist die Erfüllung der in Abschnitt 3.6 beschriebenen Anforderung an die Erweiterbarkeit. Zur Dokumentation einer neuen Methode wird ein neuer Eintrag

in der entsprechenden json-Datei (prototypes.json, methods.json) vorgenommen und die Felder für Merkmale und Attribute angepasst. Des Weiteren besteht die Möglichkeit Texte und visualisierte Steckbriefe zu hinterlegen (Bild 5-10).



Bild 5-10: Oberfläche zum Anlegen einer neuen Methode für die Validierung

5.3 Dokumentationskonzept für relevante Ergebnisse

Das **Dokumentationskonzept** baut auf vorhandene Modelle des Stands der Technik auf und ermöglicht eine transparente, verständliche und nachvollziehbare Dokumentation von Marktleistungsidee (1.), Validierungsumgebung (2.), Validierungskonfigurationen (3.) und dem Validierungsergebnis (4.) (vgl. Abschnitt 3.3.4 und 3.4.2). Die Ansätze aus dem Stand der Technik wurden entsprechend der Anforderungen an die Systematik angepasst bzw. erweitert. Das Dokumentationskonzept wird, dem Vorgehensmodell aus Abschnitt 5.4 entsprechend, in Bild 5-11 visualisiert und in den folgenden Abschnitten erläutert.

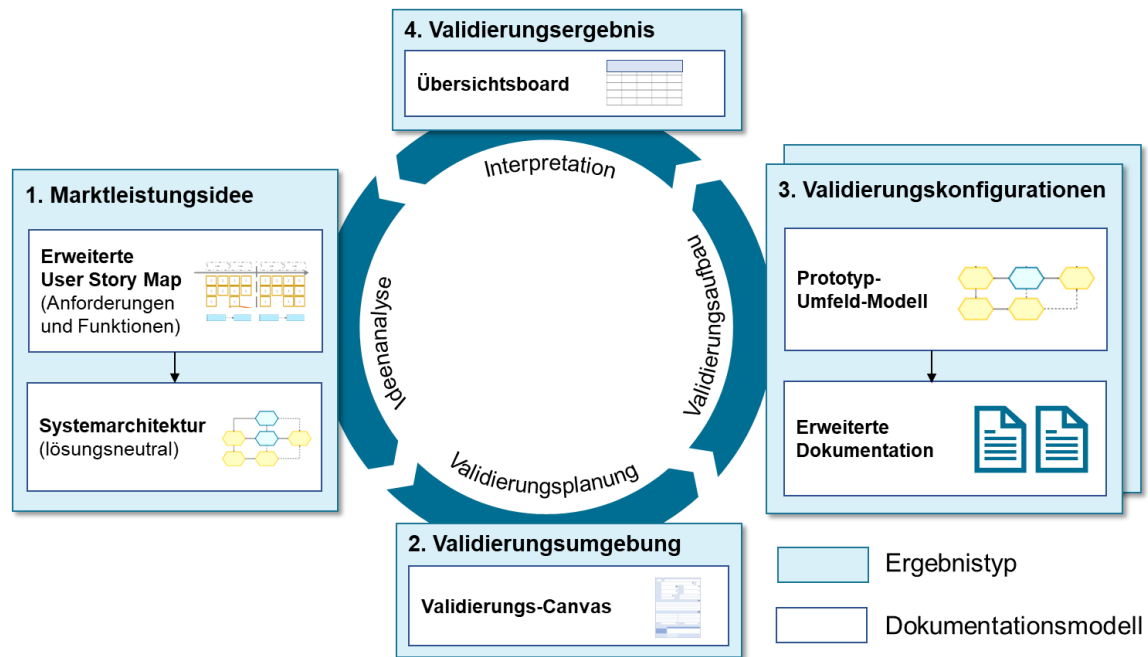


Bild 5-11: Übersicht auf das Dokumentationskonzept zur frühen Validierung

5.3.1 Marktleistungsidee

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit adressiert die Dokumentation der Marktleistungsidee die Aspekte *kundenseitige Anforderungen* und *grobe Funktionalitäten* (vgl. Abschnitt 3.3.4). Dabei werden Anforderungen und grobe Funktionalitäten als Annahmen charakterisiert, die im Rahmen der frühen Validierung überprüft werden. Zur Dokumentation der Annahmen zu kundenseitigen Anforderungen wurde als Grundlage der Ansatz der User Story Map ausgewählt [Pat09]. Die Dokumentation von Annahmen zu groben Funktionalitäten basiert im Kern auf die Funktionsarchitektur nach WEILKINS und der Spezifikationstechnik CONSENS [Wei20, S.78], [GDE+19]. Beide Konzepte wurden entsprechend der Anforderungen an die Systematik (vgl. Abschnitt 3.6) angepasst und erweitert.

Erweiterte User Story Map

Zur Dokumentation von Annahmen zu Kundenanforderungen und Funktionen an eine Marktleistungsidee für technische Systeme wird eine weiterentwickelte Form der User Story Map nach PATTON verwendet (vgl. Abschnitt 4.3.5). Es wird der angenommene Weg eines Kunden (z.B. in Form des Käufers oder Nutzers) entlang der Berührungspunkte im Produktlebenszyklus, mit dem Unternehmen und dessen Marktleistung dokumentiert. Bild 5-12 zeigt die übergeordnete Strukturierung der erweiterten User Story Map.

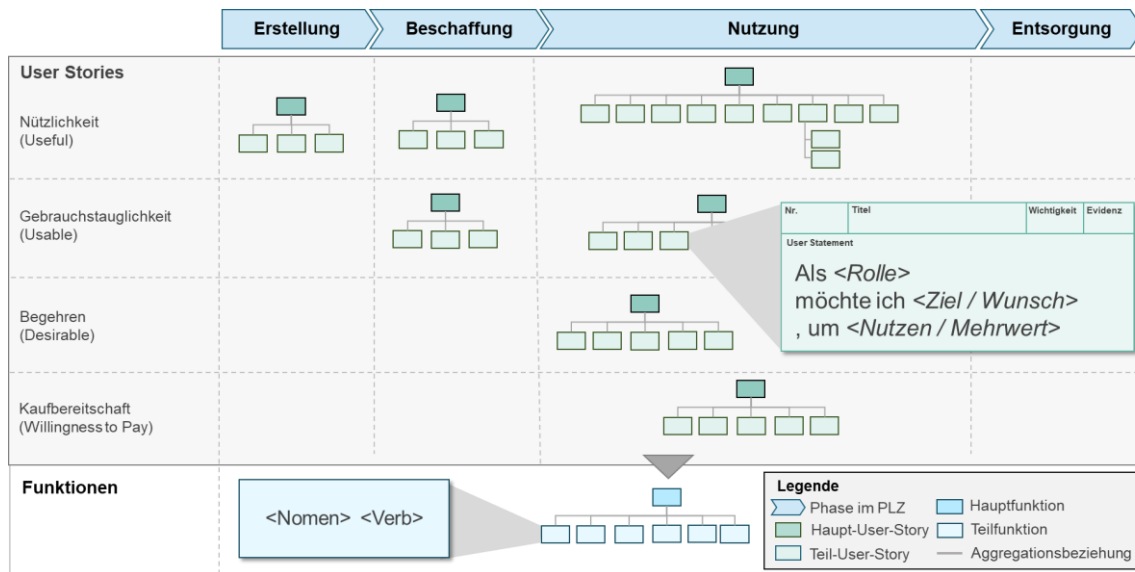


Bild 5-12: Übersicht auf die angepasste User-Story-Map, angelehnt an PATTON UND CONSENS [PAT14] und GAUSEMEIER ET AL. [GDE+19, S. 416ff.]

Den Kern der User Story Map bilden die **User Story Karten**. Sie beschreiben grundsätzlich die angenommenen Anforderungen aus Kundensicht und sind in Alltagssprache spezifiziert. Als Leitfrage zur adäquaten Dokumentation, sollte eine User Story Karte immer die Frage beantworten: Welches Ziel verfolgt wer warum (User Statement)? Angelehnt an PATTON, folgen die User Story Karten im Rahmen dieser Arbeit den Aufbau:

Als <Rolle> möchte ich <Ziel/Wunsch>, um <Nutzen/Mehrwert>.

[PAT14], [Alb19]

Als **Kundenrolle** wird die Perspektive des Kunden durch die möglichen Rollen-Typen des Käufers, Nutzers oder Teilprozess-Verantwortlichen eingenommen. Annahmen zum **Ziel / Wunsch** eines Kunden können beispielsweise Funktionalitäten, Eigenschaften oder andere Ziele / Wünsche zur Marktleistungsidee adressieren. Um die Bandbreite an möglichen kundenseitigen Anforderungen abzudecken, werden sowohl funktionale als auch nicht funktionale Anforderungen integriert. Die Dokumentation von Annahmen zum **Nutzen / Mehrwert** ermöglicht eine Einschätzung zu Gründen für ein bestimmtes Ziel und setzt die Grundlage zur Bewertung der Wichtigkeit dieser. User Story Karten enthalten im Rahmen dieser Arbeit des Weiteren eine **Nummerierung**, einen **Titel**, eine Bewertung der **Wichtigkeit** und **Evidenz** zu der Annahme.

In der horizontalen Achse werden die User Story Karten auf der User Story Map, angelehnt an ALBERS, entlang der **Produkt-Lebenszyklus-Phasen** strukturiert (vgl. Abschnitt 4.3.6) [Alb19]. Im Rahmen dieser Arbeit wird dabei zwischen den Phasen Erstellung, Beschaffung, Nutzung und Entsorgung unterschieden. Ziel ist eine übersichtliche, ganzheitliche Dokumentation existierender Annahmen zu User Storys an den entsprechenden Stellen im Produkt-Lebenszyklus.

In der vertikalen Achse werden die User Story Karten entlang der möglichen **Validierungsziele** strukturiert. Dabei wird angelehnt an Abschnitt 3.4.2 zwischen Annahmen zu User Storys im Zusammenhang der **Nützlichkeit**, **Gebrauchstauglichkeit**, **Begehren** und **Kaufbereitschaft** einer Marktleistungsidee unterschieden.

User Story Karten können des Weiteren hierarchisch strukturiert werden. Grundsätzlich kann man in jedem Feld der User Story-Map zwischen einer **Haupt-User-Story** und Teil-User-Stories unterscheiden. Dabei erfolgt die Untergliederung in **Teil-User-Stories** so lange, bis ein detailliertes Verständnis über angenommene Ziele und enthaltene Mehrwerte im Produktlebenszyklus aufgebaut wurde. Die Teil-User-Stories stellen dabei eine Detaillierung der jeweils darüberliegenden User-Story dar. Im Rahmen der frühen Validierung können, je nach ausgewähltem Prototyp und erzieltm Erkenntnisstand, unterschiedliche Detaillierungsgrade zur Spezifikation der Prototypen zu Grunde liegen.

Die lösungsneutrale Dokumentation der grundsätzlichen, angenommenen, Funktionalität einer Marktleistung, die sich aus den User Stories ergibt, werden durch **Funktionen** grafisch repräsentiert. Funktionen wandeln Eingangsströme in Ausgangsströme Ströme um. Die Gesamtheit der abgebildeten Funktionen ergibt in Kombination die Funktionalität zur Erreichung der in den User Storys beschriebenen Marktleistung. Es wird dabei zwischen einer Hauptfunktion und Teilfunktionen unterschieden. Die Funktionen können hierarchisch strukturiert werden und werden in Form einer Nomen-Verb-Kombination dokumentiert. Die Dokumentation wird entsprechend der Spezifikationstechnik CONSENS durchgeführt [GDE+19, S. 416ff.].

Systemarchitektur

Zur Dokumentation von ausgeleiteten Annahmen zu notwendigen Funktionalitäten oder ersten Umsetzungsideen, Systemgrenzen, Umfeld-Elementen, sowie deren Beziehungen, wird im Folgenden die Systemarchitektur vorgestellt. Insgesamt schließt sich die Dokumentation der Systemarchitektur dem Konzept der erweiterten User Story Map an und ermöglicht die lösungsneutrale Dokumentation von Annahmen zu Systemelementen und ihre Beziehungen zur Erfüllung der formulierten Funktionen. Bild 5-13 zeigt die übergeordnete Struktur und relevante Beschreibungskonstrukte. In Anlehnung an ULRICH UND HABERFELLNER ET AL. beschreibt diese die Struktur eines Systems in Form von Funktionen, Systemelementen und deren Beziehungen zueinander, sowie die Zusammenhänge zwischen Funktionen und Systemelementen [Ulr95, S. 2], [HWF+12, S. 183].

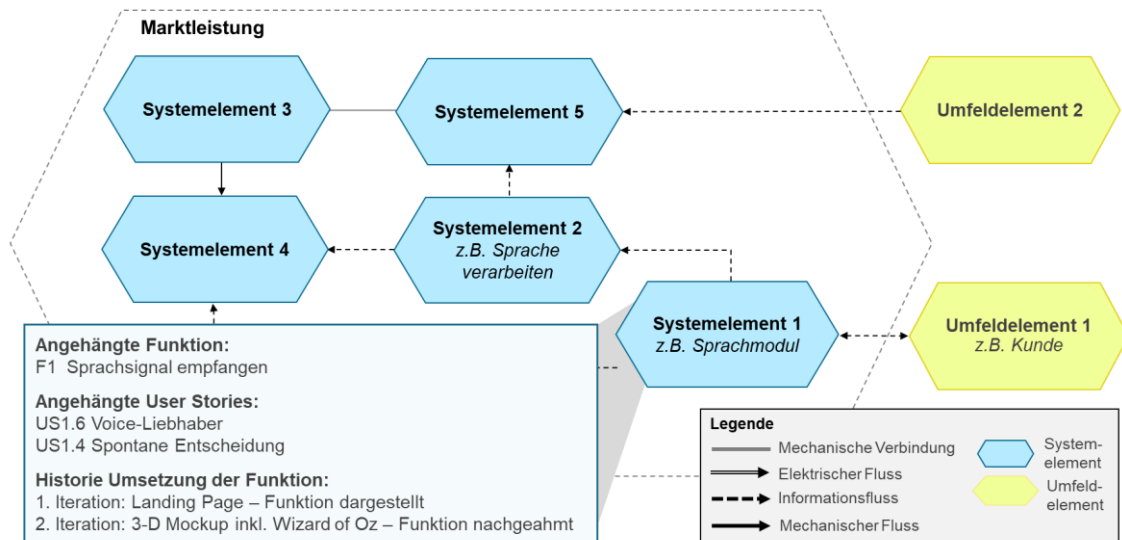


Bild 5-13: Beispielhafte Struktur und Elemente der Systemarchitektur

Systemelemente können abstrakt, als Softwarekomponenten oder als physische Bauteile dokumentiert werden und lassen sich zu Modulen bzw. Baugruppen aggregieren. Systemelemente erfüllen dabei die zuvor definierten Funktionen der Marktleistungsidee. In Anlehnung an das Konzept der *funktionalen Architektur* nach WEILKINS [Wei20, S.78] können Systemelemente zunächst auch grob durch die Bezeichnung der zu lösenden Funktion dokumentiert werden. Im Rahmen dieser Arbeit folgt das Dokumentationskonzept der Syntax und Semantik der Spezifikationstechnik CONSENS nach GAUSEMEIER ET AL. [GDE+19, S. 416ff.] (vgl. Abschnitt 3.3.4 und Abschnitt 4.3.1).

Für die Darstellung der Beziehungen in der Systemarchitektur werden zum einen die gerichteten Wirkbeziehungsarten **Energie**, **Stoff** und **Information** verwendet. Zum anderen werden indirekte konstruktive Beziehungen durch eine **mechanische Verbindung** repräsentiert [Kai13, S.76ff]. Die Beziehungen sind mit den Systemelementen verbunden und spezifizieren die zulässigen Eingangs- und Ausgangsflüsse [Wei20, S. 79].

Elemente, die mit dem System interagieren oder auf dieses einwirken, befinden sich außerhalb der Systemgrenze und werden als **Umfeldelemente** abgebildet. Die Dokumentation der Beziehungen entsteht auf die gleiche Weise, wie zwischen den Systemelementen innerhalb des Systems. Umfeldelemente können Lebewesen (z.B. Kunde), andere stoffliche Systeme, virtuelle Systeme (z.B. Cloud) oder die Umgebung (z.B. Regen) sein.

Im Rahmen einzelner Iterationen im Vorgehensmodell in Abschnitt 5.4 werden verschiedene Lösungselemente zur Umsetzung, Abbildung oder Beschreibung der Funktionen eingesetzt. Diese müssen für die Entwicklung nachvollziehbar dokumentiert werden. Bild 5-13 zeigt, wie die **Historie** der umgesetzten Funktionen dokumentiert wird, um der Entwicklung den Hintergrund einer Entscheidung zu kommunizieren. Ebenfalls werden die adressierten User Stories angehängt, die durch die Funktionen adressiert werden.

5.3.2 Validierungsumgebung

Zur Planung und Dokumentation der Validierungsumgebung, also einer bestimmten Zusammenstellung verfügbarer Elemente für das Überprüfen ausgewählter Annahmen bzw. zur Erreichung eines definierten Validierungsziels, ist im Rahmen dieser Arbeit die Validierungs-Canvas entstanden. Sie stellt einen intuitiv-nutzbaren Rahmen dar, indem z.B. in Form von Haftnotizen bzw. Stichpunkten Entscheidungen über zu überprüfende Annahmen und Hypothesen, zu nutzende Prototyping- und Validierungsmethoden, erwartete Aufwände und Ergebnisse festgehalten werden. Die Validierungsumgebung ist die Grundlage zur Definition von individuellen Validierungskonfigurationen [ABK+16, S.547], [AMY+18], [Rei20, S.315]. Bild 5-14 zeigt die Canvas im Überblick.

Validierungs-Canvas			
Nr.	Name		
Fokussierte Annahme:			Nr.
Prototyping-Methoden		Validierungs-Methoden	
Prototyping-Werkzeuge		Validierungs-Werkzeuge	
Kennwerte			
Grenzwerte			
Hypothesen zur Überprüfung der fokussierten Annahme			
Weitere Annahmen & Hypothesen			
Teilnehmer pro Konfiguration		Konfigurationsanzahl	
Erwartete Evidenz			
Erwartete Aufwände	Prototyping	Validierung	Gesamt
Make or Buy			
Zeitaufwand			
Finanzieller Aufwand			

Bild 5-14: Validierungs-Canvas zur Dokumentation der Validierungsumgebung

Fokussierte Annahme: In diesem Feld wird die in der Ideenanalyse höchst priorisierte Annahme dokumentiert, die in der Validierung überprüft werden soll. Die nachfolgenden Entscheidungen zur Auswahl, Kombination und Ausrichtung der Prototyping- und Validierungsmethoden werden durch diese beeinflusst.

Prototyping- und Validierungsmethoden: Aufbauend auf der fokussierten Annahme und weiteren, abzufragenden Kriterien im Software-Werkzeug (vgl. Abschnitt 5.4) werden in diesen Bereichen ausgewählte und kombinierte **Prototyping-** (z.B. 3D-AR-Mockup) und **Validierungs-Methoden** (z.B. Conjoint-Analyse) dokumentiert. Als Entscheidungsgrundlage dienen die vom Werkzeug empfohlenen Methoden, die durch Lösungswissen-Steckbriefe aufbereitet sind (vgl. Abschnitt 5.2.4 und Anhang A3).

Werkzeuge: Zur Durchführung ausgewählter Methoden werden in diesem Bereich notwendige Hilfswerkzeuge für das Prototyping und die Validierung dokumentiert. Die Methoden-Steckbriefe geben dabei Aufschluss über existierende Möglichkeiten. Abhängig vom Kenntnisstand können Tools generisch dokumentiert (z.B. die Bezeichnung *Click-Dummy-Software-Tool* für die Gestaltung einer Nutzeroberfläche) oder bereits durch konkrete Anbieter benannt werden (z.B. *Adobe xd* als existierendes Prototyping-Tool).

Leistungskennzahl (KPI): In diesen Bereichen werden zu beobachtende / messende / errechnende Indikatoren dokumentiert, die im Rahmen der ausgewählten Validierungsmethode möglich sind und die eine Überprüfung der Annahme erwirken.

Grenzwerte: Zu jeder Leistungskennzahl wird in diesem Feld ein möglicher Grenzwert(-Ansatz) dokumentiert, der bestätigt, bei welcher gemessenen Kenngröße der Leistungskennzahl eine positiv durchgeführte Validierung vorliegt. Je nach Zeitpunkt der Canvas-Nutzung kann erst der Grenzwert-Ansatz (z.B. Festlegung des Grenzwerts durch existierende Smart Home Studien zu der Leistungskennzahl *Total Acquisition Cost*) oder ein bereits festgelegter Grenzwert dokumentiert werden (z.B. Grenzwert bei erreichten 4€ Total-Acquisition-Cost).

Hypothesen: Aus der ausgewählten Annahme, der Prototyping- und Validierungsmethode, Kennwerten und Grenzwert wird in diesem Bereich Hypothesen für die Validierung abgeleitet. Hypothesen machen eine Annahme überprüfbar und sind in der Regel in einer Wenn / Dann Aussage formuliert. Aus durchgeführten Forschungsarbeiten ist im Rahmen dieser Arbeit eine Satzschablone entstanden, die als Grundlage zur Ausformulierung der Hypothesen genutzt werden kann. Die Hypothesenschablone ist in Bild 5-15 dargestellt. Zur Ausformulierung werden die einzelnen Aspekte innerhalb der Klammern spezifiziert. Zur Überprüfung einer Annahme können, je nach KPI-Anzahl mehrere Hypothesen formuliert werden.

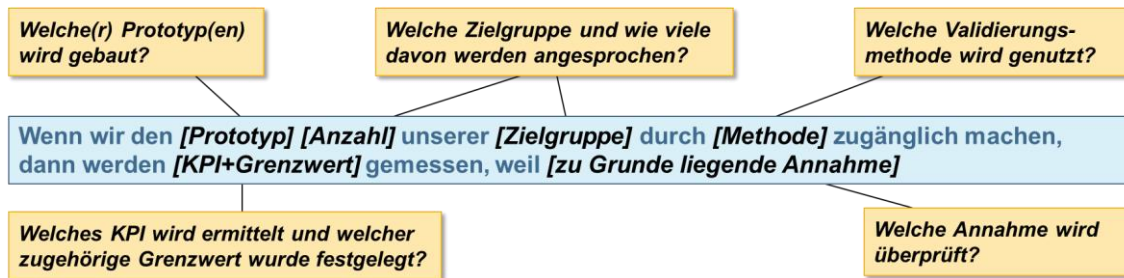


Bild 5-15: Schablone zur Hypothesen-Formulierung

Weitere Annahmen & Hypothesen: Im Rahmen der durchzuführenden Validierung können weitere Annahmen und zugehörige Hypothesen überprüft werden, die für den grundsätzlichen Aufbau der Validierungsumgebung geeignet sind und kosteneffektiv eingebunden werden können.

Validierungskonfiguration: In diesem Bereich werden die Anzahl der Validierungskonfigurationen und daran teilnehmender Personen festgehalten. Die Multiplikation der beiden Werte ergibt dabei die in der Hypothese festgelegte Gesamtanzahl teilzunehmender Personen. Zu jeder Validierungsumgebung existiert mindestens eine Validierungskonfiguration. Zu jeder Validierungskonfiguration existiert mindestens ein Teilnehmer.

Erwartete Aufwände: Aufbauend auf den Bewertungen aus den Steckbriefen werden in diesem Bereich erwartete Aufwände für das Prototyping, dem Aufbau und die Validierungsdurchführung dokumentiert. Die Aufwände ergeben sich zum einen durch Anschaffungen und durchzuführende Aktivitäten im Prototyping oder in der Validierung (z.B. Kosten für Prototyping-Material oder Werbebudget im Online-Experiment). Zum anderen ergeben sich Aufwände durch die investierte Zeit involvierter Personen.

Erwartete Evidenz: Aufbauend auf der generischen Evidenz-Bewertung in den Steckbriefen der Validierungsmethoden und der Bewertung der Wiedergabetreue in den Prototyping-Steckbriefen wird in diesem Feld die erwartete Gesamt-Evidenz aus der Validierung dokumentiert (vgl. Abschnit 5.2.3).

5.3.3 Validierungskonfiguration

Zur Dokumentation der Validierungskonfigurationen wurden verschiedene Ansätze aus dem Stand der Technik adaptiert und den Anforderungen aus Abschnitt 3.6 entsprechend angepasst. Das Dokumentationskonzept teilt sich in das Prototyp-Umfeld-Modell und einem erweitertem Deposit. Bild 5-16 zeigt das Dokumentationskonzept in der Übersicht.

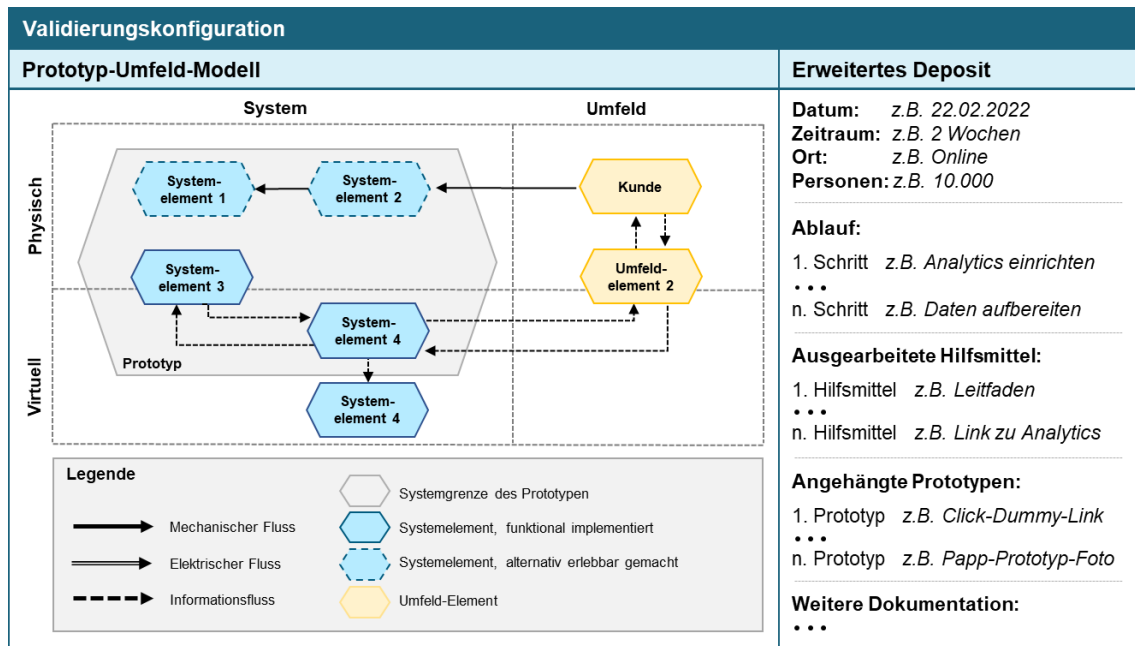


Bild 5-16: Übersicht auf das Dokumentationskonzept für Validierungskonfigurationen

Prototyp-Umfeld-Modell

Das Prototyp-Umfeld-Modell ist die Visualisierung der systemischen Sicht auf die Validierungskonfiguration und zeigt die Spezifikation des Prototypens, eingebettet in seinem Umfeld, in der die Validierung stattfinden wird. Die übergeordnete Einteilung der Bereiche des Modells richten sich nach den Produkt-Umfeld Modell nach ALBERS ET AL. (vgl. Abschnitt 4.3.1).

Angelehnt an ALBERS ET AL. wird das Prototyp-Umfeld-Modell durch die vier Dimensionen physisch, virtuell, Marktleistung und Umfeld aufgeteilt. Die Dimension System dokumentiert die Systemgrenze des Validierungsaufbaus inklusive des Prototypens und alle Funktionen und Koppelfunktionen, die unmittelbar zur Erfüllung der Validierungsdurchführung notwendig sind. Der Bereich Umfeld grenzt alle Umfeldelemente vom Validierungsaufbau ab. Die Aufteilung in physisch und virtuell legt die zu Grunde liegende Umgebung der Validierungskonfiguration fest [AMY+19, S.2802].

Zur Spezifikation der Modell-Konstrukte wurde die Wirkstruktur nach CONSENS erweitert. Grundsätzlich kann zwischen **Systemelementen zur Spezifikation des Prototyps** (z.B. Aktorik zur Umsetzung von Bewegungsfunktionen im Rahmen einer Marktleistungsidee), **Systemelemente zur Durchführung der Validierung** (z.B. Mess-Sensorik am Nutzer, Analytics Werkzeuge etc.) und **Umfeldelemente** (z.B. Kunden und Entwickler) unterschieden werden. Zur erweiterten Charakterisierung innerhalb der Systemgrenze des Prototypens wird zwischen funktional **implementierten** Systemelementen (z.B. technisch umgesetzte Software-Funktion) und **alternativ erlebbar** gemachten Systemelementen unterschieden (z.B. ein Mensch, der in einem Roboter-Kostüm ist und Funktionen nachahmt oder ein marketing-gerechtes Bild, welches Systemelemente zeigt). Die Charakterisierung wird durch einen gestrichelten Verlauf der Außengrenze des Systemele-

ments visualisiert (vgl. Bild 5-16). Ziel ist die transparente Dokumentation des tatsächlichen Kenntnisstands zur technischen Umsetzung, um die Nachvollziehbarkeit für die Entwicklung zu gewährleisten.

Erweiterte Dokumentation

Neben der systemischen Sicht auf die Validierungskonfiguration existieren weitere für die Entwicklung relevante Informationen zur Durchführung der Validierung, die strukturiert übergeben werden können. Dazu gehören z.B. der konkrete Vorgang der Validierung, Interview-Leitfäden, Auswertungstabellen von Analyticswerkzeugen, Dokumentationen zu implementierten Funktionen, im Aufbau und Durchführung entstandene Erkenntnisse, Bemerkungen zu Kundenfeedback und zusammenfassende Kerneindrücke. Die Informationen werden in einer erweiterten Ablage abgelegt und den konkreten Terminen zur Durchführung der Validierung zugewiesen.

5.3.4 Validierungsergebnis

Die Ergebnisse der einzelnen Validierungsiterationen und daraus resultierende Erkenntnisse werden in einer Gesamtübersicht dokumentiert. Ziel ist ein transparenter Überblick der Gesamthistorie und die Nachvollziehbarkeit von Entwicklungsentscheidungen, um die in Abschnitt 3.3.4 beschriebenen Herausforderungen zwischen Planung und Entwicklung zu adressieren. Bild 5-17 zeigt den Aufbau der Übersichtstabelle.

Nr.	Phase PLZ	User Story / Annahme	Beschreibung	Planung			Iteration 1								Iteration n
				Wichtigkeit	Evidenz	Mittelwert	Hypothese	Ergebnis	Normiert	Gewichtung	Gesamt	Auswirkung	Evidenz Neu	Interpretation	...
1	PLZ-Phase	Annahme 1	Beschreibung Annahme 1	1-5	1-5	1-5	Hypothese 1	KPI 1	0-1	0-1	0-1	Annahme betätigt?	1-5	Annahme entwickeln?	
														
							Hypothese n	KPI n	0-1	0-1					
2														

Bild 5-17: Aufbau der Übersichtstabelle zur Eintragung der Validierungsergebnisse

In der Tabelle werden die User Story-Annahmen, ausgeleiteten Hypothesen, Ergebnisse zu definierten KPIs und resultierende Interpretationen für die einzelnen Iterationen übersichtlich dokumentiert. Die Struktur der Übersichtstabelle resultiert aus den in Abschnitt 5.4 beschriebenen Aktivitäten innerhalb einer Validierungsiteration. Für die vereinfachte Berechnung und Dokumentation der Ergebnisse wurde eine Excel-Vorlage mit integrierenden Makro-Sheets erarbeitet.

5.4 Vorgehensmodell

Das Vorgehensmodell zur frühen Validierung bettet sich im Sinne des 4-Zyklen-Modells nach GAUSEMEIER in die strategische Produktplanung, im speziellen die Produktfindung ein (vgl. Abschnitt 3.3.1). Das Vorgehen wird losgelöst von den übrigen Aufgaben der strategischen Produktplanung beschrieben und beschränkt sich auf wesentliche Schritte zur Planung und Durchführung früher Prototyping- und Validierungsaktivitäten. Bild 5-18 zeigt das Vorgehensmodell, welches nachfolgend kurz vorgestellt wird.

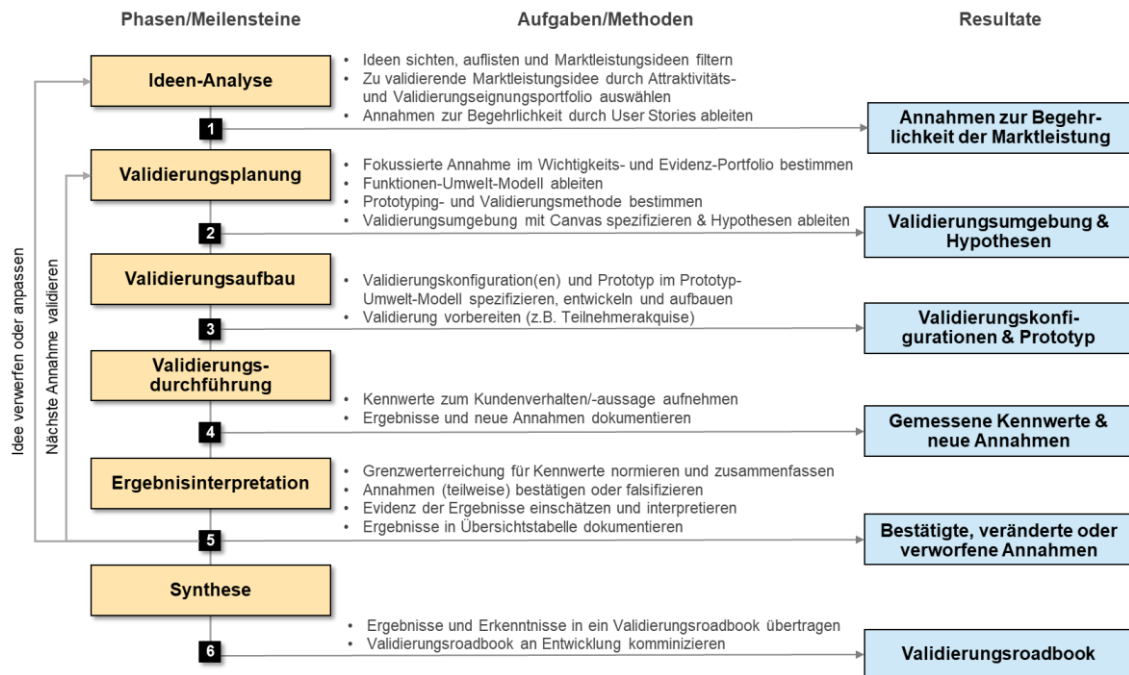


Bild 5-18: Vorgehensmodell zur frühen Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen technischer Systeme in etablierten Unternehmen

Phase 1 - Ideen-Analyse: Ausgangspunkt für das Vorgehensmodell sind bereits gefundene Ideen aus der Produktfindung, die in Ideen-Speichern (Ideen-Backlogs) dokumentiert sind. Für eine erste Analyse werden vorhandene Ideen gesichtet, aufgelistet und entsprechend gefiltert. Ergebnis ist eine Liste mit ausschließlich vorhandenen Ideen zu neuen Marktleistungen für technische Systeme. In einem nächsten Schritt werden Attraktivität und Validierungseignung der gefilterten Marktleistungsideen bewertet, um eine erfolgsversprechende, für die Validierung geeignete Marktleistungsidee auszuwählen. Anschließend werden dazu Kundenannahmen in Form von User Stories zur Nützlichkeit, Gebrauchstauglichkeit, Begehren und Kaufbereitschaft über den Produkt-Lebenszyklus abgeleitet und strukturiert (Begehrlichkeitsaspekte). Danach werden Annahmen zu Funktionen der gewünschten Marktleistung aus den User Stories abgeleitet und eine erste grobe, lösungsneutrale Systemarchitektur aufgestellt.

Phase 2 - Validierungsplanung: Gegenstand ist die Ableitung einer geeigneten Validierungsumgebung zur Validierung priorisierter Annahmen, die als Referenzsystem zur Bestimmung einzelner Validierungskonfigurationen dient. Dafür werden die ermittelten An-

nahmen nach Ihrer Wichtigkeit und Evidenz bewertet. Aufbauend auf der höchst-priorisierten Annahme, ausgeleiteten Funktionen, Systemarchitektur und kontextspezifischen Gegebenheiten im Unternehmen werden die Anforderungen an das frühe Prototyping und die Validierung erhoben und anschließend Methoden zur Umsetzung ausgewählt. Dazu werden vordefinierte Fragen im Hilfswerkzeugtool aus Abschnitt 5.2.5 beantwortet. Das Tool schlägt den Anforderungen entsprechend, geeignete Methoden für das Prototyping und Validierung aus dem in Abschnitt 5.2.4 vorgestellten Lösungswissen vor. Diese werden in der Validierungs-Canvas festgehalten und konkretisiert. Anschließend werden Hypothesen abgeleitet, die Methode, Prototyp und Annahme in eine wenn / dann Beziehung setzen. Sind die Hypothesen zur Überprüfung der höchst-priorisierten Annahme definiert, werden weitere Annahmen und Hypothesen angereichert, die innerhalb der Validierung überprüft werden sollen. Darauf aufbauend werden Make-Or-Buy-Entscheidungen zur Entwicklung und zum Aufbau des Prototypens, der Validierungsumgebung und zur Durchführung der Validierung getroffen.

Phase 3 - Validierungsaufbau: Kern dieser Phase ist die Definition, Design und Aufbau der Validierungskonfigurationen, inklusive notwendiger früher Prototypen. Dazu wird, aufbauend auf der Validierungsumgebung und den abgeleiteten Hypothesen, das Prototyp-Umfeld-Modell für jede Konfiguration spezifiziert. Zusätzlich werden Informationen zum Zeitpunkt, Vorgehen und andere wichtige Daten zur Durchführung der einzelnen Konfigurationen in einem erweiterten Deposit festgehalten. Anschließend werden Prototypen und notwendige Hilfsmittel entwickelt und aufgebaut. Die Ausprägungen der Prototypen können dabei die Bandbreite beschriebener Möglichkeiten in Abschnitt 5.2.2.1 abdecken (fiktionale Geschichte, Vertriebssimulation, virtuelle oder physische Gestalten, konzeptionelle Modelle oder funktionale Repräsentationen). Anweisungen zum Aufbau finden sich in den entsprechenden Steckbriefen zu den Methoden.

Phase 4 - Validierungsdurchführung: In der vierten Phase werden die festgelegten Kennwerte aus den Hypothesen, entsprechend der Validierungskonfiguration, aufgenommen. Je nach ausgewählter Validierungsmethode unterscheidet sich dabei die Art und Weise der Kundeneinbindung und Datenaufnahme. So können beispielsweise Antworten auf sehr konkrete Fragen in Befragungen dokumentiert, Kundenreaktionen zu Prototypen beobachtet, oder ein Klick-Verhalten durch Analytics-Tools in einem Experiment aufgenommen werden. Das erarbeitete Lösungswissen enthält zur methodischen Unterstützung Anweisungen und Blaupausen zur Durchführung der Validierung.

Phase 5 - Ergebnisinterpretation: In dieser Phase werden gemessene Ergebnisse aus den durchgeführten Validierungen interpretiert und wesentliche Entwicklungsentscheidungen getroffen. Dazu werden die gemessenen Kennwerte gemäß der Grenzwertreichung zur Bestätigung der definierten Hypothesen normiert und anschließend gewichtet zusammengefasst. Abhängig vom Ergebnis wird die überprüfte Annahme im Rahmen der durchgeführten Validierung bestätigt, teilweise bestätigt oder falsifiziert. Eine anschließende Neu-Evidenz-Einschätzung ermöglicht die finale Entscheidung zur Interpretation. Dabei kann bei genug Evidenz eine Annahme für die Entwicklung freigegeben, nochmal

validiert, angepasst und entwickelt, oder verworfen werden. Wird eine Annahme verworfen, wird der Abbruch beziehungsweise das Änderungsausmaß festgelegt (Marktleistungsidee-, User Story-, Wertschöpfung- oder Technologie-Pivot). Abhängig von der getroffenen Entscheidung, wird eine neue Marktleistungsidee ausgewählt (Einstieg Phase 1), dieselbe oder weitere Annahmen validiert (Einstieg Phase 2), oder die bestehende Idee synthetisiert und für die Weiterentwicklung vorbereitet (Phase 6).

Phase 6 - Synthese & Definition der Weiterentwicklung: Bei erfolgreicher Validierung der Marktleistungsidee werden in der letzten Phase die ermittelten und interpretierten Validierungsergebnisse, die spezifizierte Marktleistungsidee, erarbeitete Prototypen und weitere relevante Entwicklungsinformationen für die weiterführende Entwicklungseinheit in einer Validierungsroadmap konsolidiert und anschließend übergeben. Ziel ist die nachvollziehbare und transparente Dokumentation und Übergabe wesentlicher Erkenntnisse für die erfolgsversprechende Entwicklung einer Marktleistungsidee.

5.4.1 Phase 1: Ideen-Analyse

Ziel der ersten Phase ist die Dokumentation von Annahmen zu einer für die frühe Validierung geeigneten Marktleistungsidee für technische Systeme. Ausgangspunkt für das Vorgehensmodell sind bereits gefundene Ideen aus der Produktfindung. Anders als Startups, können etablierte Unternehmen auf unterschiedliche Quellen in der Organisation zurückgreifen. Dies sind beispielsweise vorhandene Ideen-Speicher in der durchführenden Innovationseinheit, Ergebnisse aus vergangenen Ideation-Workshops, Kundenbefragungen, Vertriebsgesprächen oder Ideenwettbewerben. Die vorhandenen Ideen werden zunächst tabellarisch aufgelistet. Zur übersichtlichen Dokumentation werden dazu kurze Beschreibungen verfasst, ebenfalls die Quelle und das Datum der Einreichung angehängt. Ideen in etablierten Unternehmen können in der Regel Prozess-, Struktur- oder Marktleistungsinnovationen diverser Wertschöpfung adressieren. Zur Sicherstellung der Adressierung von Marktleistungsinnovationen technischer Systeme (vgl. Anforderung A1 aus Abschnitt 2.6), wird in einem nächsten Schritt eine erste Filterung der aufgelisteten Ideen vorgenommen. Durch die negative Beantwortung der Frage „Ist die Idee eine Marktleistungsidee für technische Systeme?“ werden ungeeignete Ideen im Rahmen des weiteren Vorgehens ausgeschlossen. In einem nächsten Schritt wird der potenzielle Zugang zu vorhandenen Kunden-Personas überprüft, um die prinzipielle Durchführung der Validierung zu gewährleisten. Die negative Beantwortung der Frage „Existiert ein potenzieller Zugang zur dokumentierten Persona“ schließt weitere Ideen für die nähere Betrachtung aus. Ergebnis der ersten Filterung ist eine verkürzte Ideenliste zu Marktleistungsinnovationen für technische Systeme mit potenziellem Kundenzugang (vgl. Bild 5-19).

In einer nächsten Gegenüberstellung der Validierungseignung und der Attraktivität wird die zu fokussierende Marktleistungsidee ausgewählt. Das dafür definierte Auswahl-Portfolio wird in Bild 5-19 dargestellt. Auf der Abszisse ist der aggregierte Wert der Validierungseignung, auf der Ordinate der aggregierte Wert der Attraktivität aufgetragen.

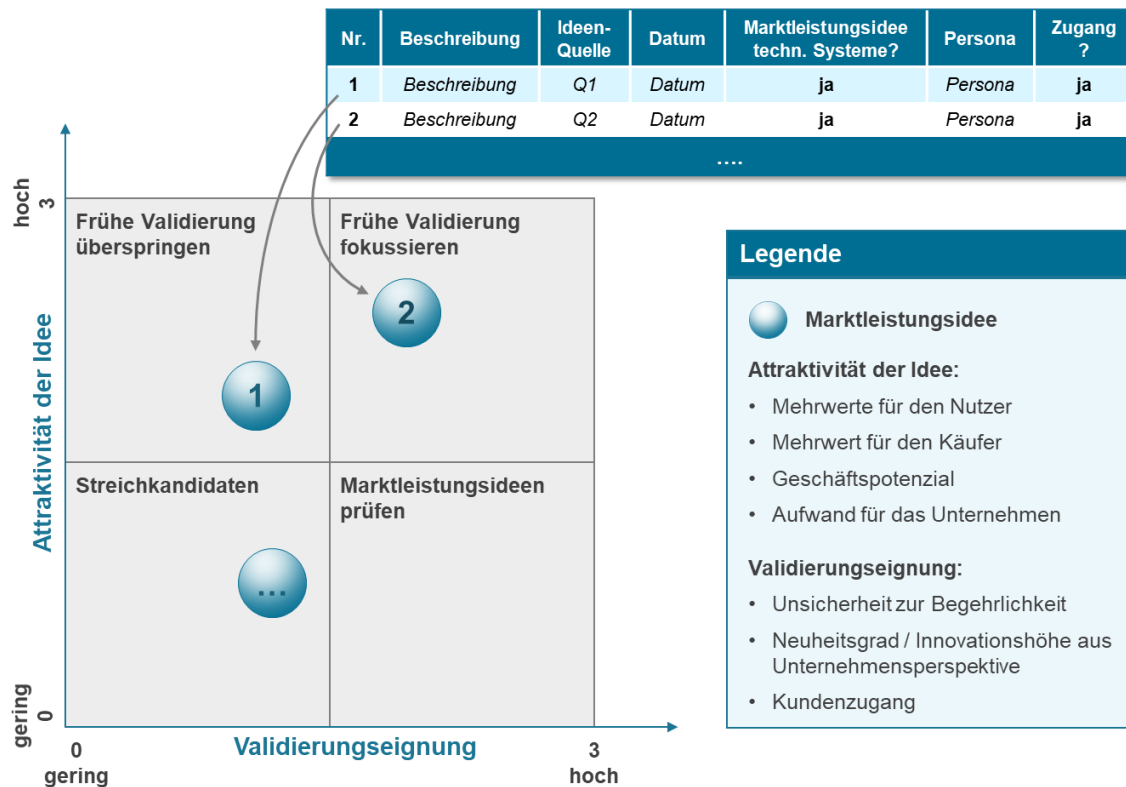


Bild 5-19: Auswahl-Portfolio für die Validierung geeigneter Marktleistungsidee

Die Attraktivität der Idee ergibt sich aus der Kumulation der bewerteten, gewichteten Kriterien für den Nutzer- und Käufermehrwert, das Geschäftspotenzial und den Aufwand für das Unternehmen. Die Validierungseignung wird durch die Kumulation der gewichteten Kriterien Unsicherheit zur Begehrlichkeit, Innovationshöhe aus Unternehmensperspektive und Kundenzugang ermöglicht. Die Gewichtung der einzelnen Kriterien ist entsprechend der Ausgangssituation des Unternehmens individuell vorzunehmen.

Aus der Konstellation im Auswahl-Portfolio resultieren Handlungsempfehlungen für die Auswahl einer Marktleistungsidee. Unter Berücksichtigung von Attraktivität und Validierungseignung lassen sich folgende Konstellationen unterscheiden:

- **Frühe Validierung fokussieren:** Der angenommene Mehrwert, ebenso das Geschäftspotenzial sind in Relation zum angenommenen Aufwand zur Umsetzung besonders hoch. Die Unsicherheiten zur Begehrlichkeit sind besonders hoch, ebenso der Neuheitsgrad der Idee aus der Sicht des Unternehmens. Es existiert ein besonders guter Kundenzugang. Insgesamt sind Marktleistungsideen in diesem Bereich besonders gut für die frühe Validierung der Begehrlichkeit mit Kunden geeignet.
- **Frühe Validierung überspringen:** Es existieren wenig Unsicherheiten zu den Marktleistungsideen, die ebenfalls eine hohe Attraktivität vorweisen. Da Evidenz bereits besteht, können diese Ideen die frühe Validierung überspringen und direkt an die Entwicklung kommuniziert werden.

- **Idee verändern:** Die Marktleistungsidee weist eine geringe Attraktivität, bei geringer Evidenz vor. Die Idee soll angepasst werden, um den angenommenen Mehrwert zu steigern und/oder den angenommenen Aufwand zu reduzieren. Ziel ist die Verbesserung der Gesamtattraktivität.
- **Idee streichen:** Es existiert genug Evidenz zu einer nicht-attraktiven Idee. Die Idee hat mit großer Sicherheit wenig Erfolgchancen auf dem Markt und sollte daher aus dem Ideen-Speicher gestrichen werden.

Die Bewertung schließt mit der Auswahl einer für die frühe Validierung geeigneten, attraktiven Marktleistungsidee. Die ausgewählte Marktleistungsidee wird im Anschluss fokussiert.

Zur ausgewählten Marktleistungsidee werden im nächsten Schritt Kundenannahmen in Form von User Stories über den Produkt-Lebenszyklus spezifiziert und dokumentiert, welche die Nützlichkeit, Gebrauchstauglichkeit und das Begehren der Gesamtidee oder einzelner Produktmerkmale adressieren. Das in Abschnitt 5.3.1 vorgestellte Dokumentationskonzept der User Story Map findet dabei Anwendung. Existierende Dokumentationen der ausgewählten Idee und (nicht-)kommuniziertes Wissen stellen dafür die Grundlage (z.B. Ideenprofile, oder diskutierte, nicht dokumentierte Ideen für Zusatzzeigenschaften). Bild 5-20 zeigt links beispielhaft Annahmen zu einer Marktleistungsidee.

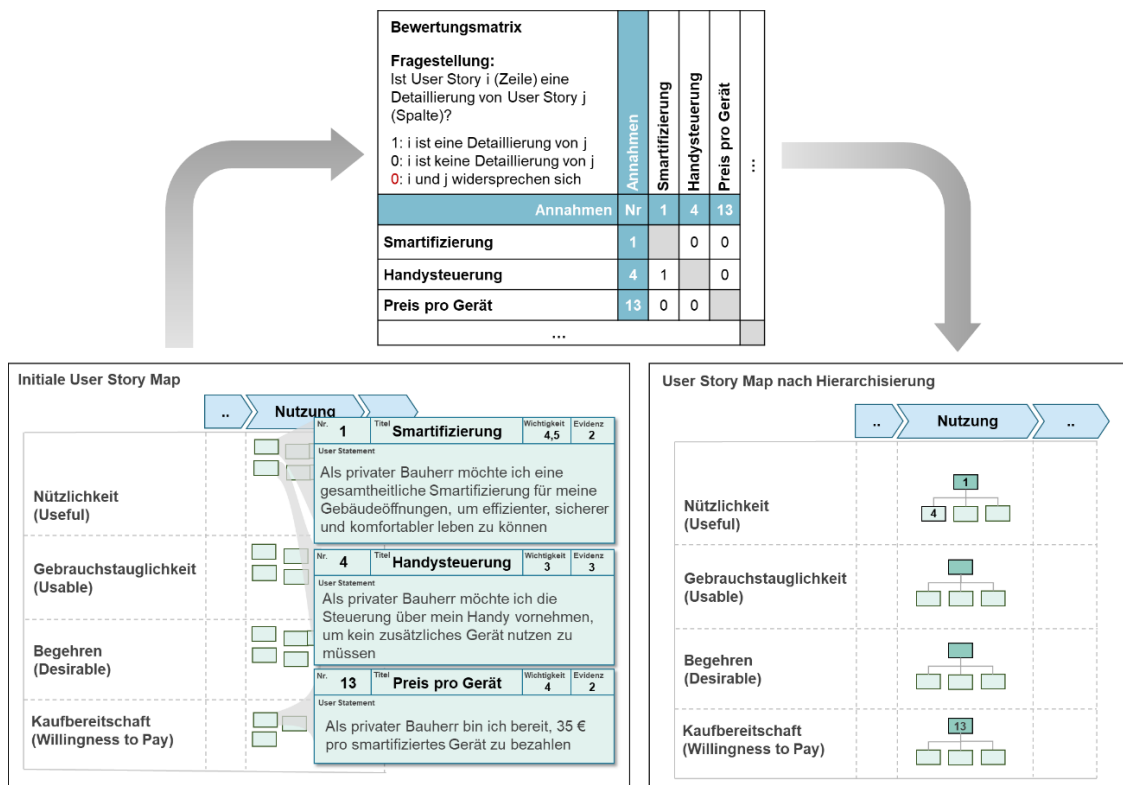


Bild 5-20: Beispielhafte Spezifizierung und Strukturierung von Annahmen zur Begehrlichkeit einer Smart Building Marktleistungsidee

Zur übersichtlichen, hierarchischen Strukturierung der User Stories werden diese in einem nächsten Schritt in einer **Bewertungsmatrix** gegenübergestellt. Ziel ist die Identifikation von Abhängigkeiten, die Einstufung in Haupt- und Teil-User-Stories und das Aufdecken von sich widersprechenden Annahmen. Es wird paarweise bewertet, ob zwischen Annahmen hierarchische Abhängigkeiten bestehen. Die Hierarchisierung erfolgt über den Detaillierungsgrad, indem die Fragestellung „Ist User Story *i* (Zeile), eine Detaillierung der User Story *j* (Spalte)?“ beantwortet wird. Annahmen, die als Detaillierung einer anderen Annahme eingestuft sind, werden in der User Story Map entsprechend untergeordnet und mit einem gerichteten Pfeil visuell in Verbindung gesetzt. Entsteht ein Widerspruch zwischen zwei Annahmen, wird eine der beiden entsprechend der Wichtigkeit und Evidenz ausgewählt. Die nicht-ausgewählte Annahme wird vorerst verworfen, um Konflikte im späteren Prototyping zu vermeiden. Die Ergebnisse der Bewertungsmatrix resultieren in einer Neuordnung und Verbindung der User-Story-Karten in der User Story Map. User-Story-Karten auf den obersten Hierarchie-Ebene werden als Haupt-User-Stories gekennzeichnet. In einem nächsten Schritt werden notwendige Funktionen der Marktleistung, die sich durch die dokumentierten User Stories ergeben, abgeleitet. Durch die Beantwortung der Frage „Ist eine technische Funktion des Systems notwendig, um die User Story zu erfüllen?“ können nicht-funktionale Anforderungen gefiltert werden. Aus den funktionalen Anforderungen werden anschließend Funktionen dokumentiert, die zur Erfüllung der User Stories notwendig sind (vgl. Abschnitt 5.3.1). Dabei bietet es sich an, die Funktionen zunächst hierarchisch zu strukturieren (vgl. CONSENS, Abschnitt 4.3.3), um eine Übersicht der Funktionen der untersten Hierarchie-Ebene zu erhalten.

Ableitung einer ersten groben, lösungsneutralen Systemarchitektur

In einem nächsten Schritt werden die notwendigen Systemelemente abgeleitet, um die definierten Funktionen und User Stories zu erfüllen. Bild 5-22 zeigt die beschriebenen Zusammenhänge.

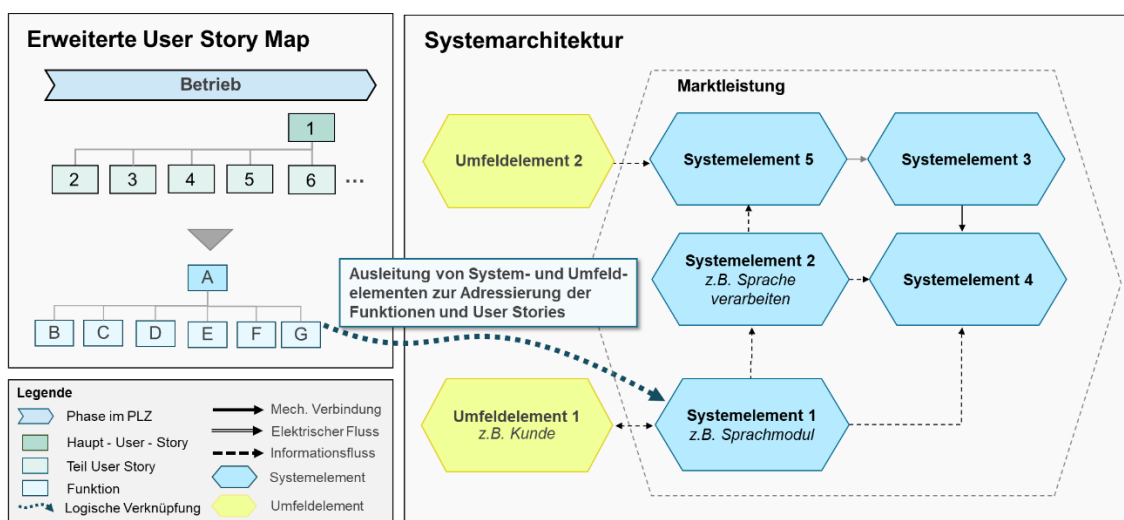


Bild 5-22: Ableitung der Systemelemente aus den Funktionen

In den ersten Iterationen erfolgt die Spezifikation der Systemelemente nur grob und abstrakt, beispielsweise durch die Nutzung der Funktionsbezeichnung. Zusätzlich werden relevante Elemente des Umfelds identifiziert. Danach werden die Interaktionen zwischen den Systemelementen und dem Umfeld spezifiziert. Zur Gewährleistung einer nachvollziehbaren Dokumentation werden den Systemelementen zugehörige Funktionen, User Stories und spezifizierte Lösungselemente im Rahmen des nachgelagerten Prototyping-Prozesses, zugeordnet. Für ein detailliertes Verständnis des Vorgehens wird auf die Spezifikationstechnik CONSENS verwiesen (vgl. Abschnitt 4.3.3).

5.4.2 Phase 2: Validierungsplanung

Anknüpfend an die Ideen-Analyse findet in einem nächsten Schritt die Planung der Validierung der ausgewählten Marktleistungsidee statt. Aufbauend auf den dokumentierten, strukturierten Annahmen zu User Stories, Funktionen und Systemarchitektur findet zunächst eine Priorisierung dieser statt. Neben den bereits ausformulierten Annahmen, in Form von User Stories, können weitere Annahmen ausformuliert werden. Ziel ist die Identifikation von Annahmen zur Begehrlichkeit, die innerhalb der Validierung überprüft werden sollen. Dafür werden zunächst Wichtigkeit und Evidenz der einzelnen Annahmen bewertet und visuell in einem Auswahl-Portfolio gegenübergestellt. Auf der Ordinate ist der Wert der Wichtigkeit aufgetragen (Wie wichtig ist die Annahme für die Gesamtbegehrlichkeit der Marktleistung?). Auf der Abszisse ist der Wert der Evidenz (Wie hoch ist unser Vertrauen, dass tatsächlicher Effekt und Schätzung des Effekts nahe aneinander liegen?). Zur quantifizierten Einstufung kann, neben formulierten Leitfragen in Bild 5-21, die Evidenz-Tabelle aus Abschnitt 5.2.3 hinzugezogen werden.

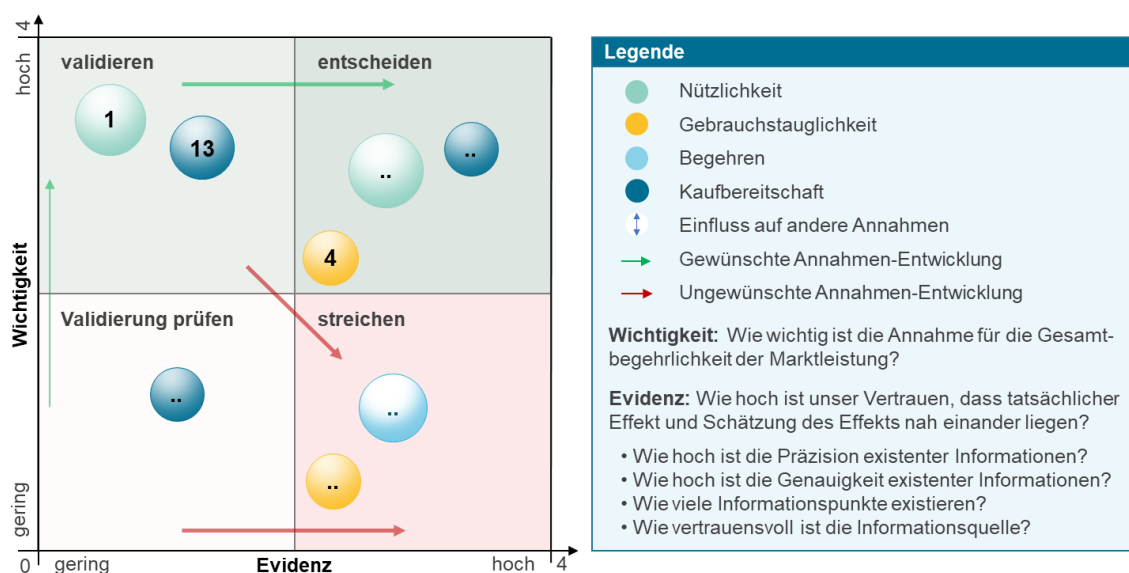


Bild 5-21: Auswahl-Portfolio zur Priorisierung von Annahmen einer Marktleistungsidee

Entsprechend der Konstellation im Auswahl-Portfolio resultiert die Handlungsempfehlung für eine zu fokussierende Annahme. Unter Berücksichtigung von Evidenz und Wichtigkeit lassen sich folgende Konstellationen unterscheiden:

Validieren: Die Wichtigkeit der Annahme ist für die Gesamtbegehrlichkeit der Marktleistung besonders hoch. Das Vertrauen darauf, dass tatsächlicher Effekt und Schätzung des Effekts nah einander liegen, ist im Gegensatz dazu sehr niedrig. Es existiert nur wenig Evidenz zu den Annahmen, also hohe Unsicherheiten. Annahmen in diesem Bereich gilt es in der Validierung zuerst zu fokussieren.

Entscheiden: Sowohl die Evidenz als auch die Wichtigkeit ist hoch eingestuft. Annahmen in diesem Bereich können unterschiedlich behandelt werden:

- 1) Positiv formulierte Annahme bestätigt: Diese Annahmen können als Anforderungen in Form von User Stories für die Entwicklung fixiert und müssen nicht in der nächsten Validierung überprüft werden.
- 2) Positiv formulierte Annahme falsifiziert / negativ formulierte Annahme bestätigt: Diese Annahmen werden verworfen. Es wird entsprechend des Einflusses der notwendigen Pivot vorgenommen (vgl. Abschnitt 5.4.5).
- 3) Teilweise Bestätigung / Falsifizierung der Annahme: Diese Annahme werden angepasst, als Anforderungen für die Entwicklung fixiert und müssen nicht mehr überprüft werden (vgl. Abschnitt 5.4.5).

Streichen: Annahmen in diesem Bereich weisen eine geringe Wichtigkeit bei hoher Evidenz auf. Aus Effizienzgründen empfiehlt es sich Annahmen in diesem Bereich zu streichen, da der Wertbeitrag bei großer Sicherheit sehr gering ausfällt.

Validierung prüfen: Für diese Annahmen existiert eine vermutlich geringe Wichtigkeit, wobei wenig Evidenz dazu existiert. Annahmen, die in diesem Bereich sind, sollten zwar nicht fokussiert, dennoch nachrangig in der Validierung berücksichtigt werden. Bedingung dafür ist eine aufwandsarme Integration innerhalb der Validierungsumgebung.

Ergebnis der Auswahl ist eine zu fokussierende, wichtige Annahme, zu der wenig Evidenz existiert. Die dazu durchgeführten Bewertungen dienen ebenfalls als initialer Wert bei der Neueinschätzung der Evidenz nach durchgeführten Validierungsiterationen (vgl. Abschnitt 5.4.5). Die Positionen der Annahmen können sich dabei bei mehrfachen, hintereinander durchgeführten Validierungen verändern. Relevante Stoßrichtungen in der Annahmen-Entwicklung sind durch Pfeilrichtungen im Portfolio gekennzeichnet. Die roten Pfeile zeigen ungünstige Entwicklungen, die grünen Pfeile gewünschte Vorgänge.

Auf Grundlage der ausgewählten Annahme werden im späteren Planungsprozess weitere Annahmen zur Überprüfung hinzugefügt, die in direktem Zusammenhang zueinander stehen und aufwandsarm in eine Validierungsumgebung integriert werden können.

Definition der Validierungsumgebung

Ausgangspunkt für die Definition der Validierungsumgebung sind die ausgewählte Annahme, die dokumentierte Systemarchitektur, vorhandene Methodensteckbriefe zum Prototyping und zur Validierung (vgl. Abschnitt 5.2.4), ebenso strategische Rahmenbedingungen des Unternehmens (z.B. vorhandenes Budget und Zeit). Zur Planung der Validierungsumgebung existieren im Rahmen der Systematik zwei Stoßrichtungen. Zum einen kann mit der Auswahl der Validierungsmethoden begonnen werden, zu der sich die Kombination mit Prototyping-Methoden anschließt. Zum anderen kann, getrieben durch Restriktionen oder konkreten Vorstellungen zu der Entwicklung von Prototypen, mit der Auswahl geeigneter Prototyping-Methoden begonnen werden. Die Kombination mit Validierungsmethoden erfolgt anschließend.

Stoßrichtung 1 - Validierungs-Methode zuerst: Für die Auswahl der Validierungsmethode stehen innerhalb der vier Cluster *Beobachtung*, *Befragung*, *Experiment* und *Quellenanalyse* insgesamt 38 identifizierte Methoden aus dem erarbeiteten Lösungswissen zur Verfügung. Die Auswahl der Validierungsmethode erfolgt dabei durch das Abfragen von Anforderungen des Unternehmens im Rahmen des Softwarewerkzeugs aus Abschnitt 5.2.5. Zur Entscheidungsunterstützung wird ein Bewertungsschema mit Eignungsindikatoren bereitgestellt, die auf den Arbeiten von identifizierten Quellen zur Strukturierung des Lösungswissens beruhen (vgl. Abschnitt 5.2). Merkmals-orientierte Indikatoren (z.B. Ort der Validierung) sind durch die Auswahl von vordefinierten Ausprägungen zu bewerten (z.B. Testfeld, Realfeld). Attribut-orientierte Indikatoren werden auf einer Likert-Skala (von 1 = sehr niedrig bis 5 = sehr hoch) eingestuft (z.B. Kosten). Einen Auszug des Schemas zeigt Bild 5-23.

Validierungssteckbrief 01: Feld Beobachtung

Merkmal	1	2	3	4	5
Kosten					
Vorbereitungszeit					

Abfragemaske zur Validierungsmethoden-Auswahl im Software-Werkzeug

Annahmetyp und Betrachtungsschwerpunkt	Nützlichkeit	Gebrauchstauglichkeit	Begehren	Kaufbereitschaft
Haupt-User-Story	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unter-User-Story	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nr.	Fragestellung	Werte	Gewichtung	Ignorieren
1	Welcher Zielmarkt wird adressiert?	<input type="checkbox"/> B2B <input type="checkbox"/> B2C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Auf welche Weise können Kunden integriert werden?	<input type="checkbox"/> Direkt (Primärquelle) <input type="checkbox"/> Indirekt (Sekundärquelle)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Welches Cluster eignet sich zur Validierung der Annahme?	<input type="checkbox"/> Befragung <input type="checkbox"/> Experiment <input type="checkbox"/> Beobachtung <input type="checkbox"/> Quellenanalyse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Welche Umgebungsform wird für die Validierung präferiert?	<input type="checkbox"/> schriftlich <input type="checkbox"/> telefonisch <input type="checkbox"/> persönlich <input type="checkbox"/> datenbasiert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Welche Umgebungsreife ist notwendig?	<input type="checkbox"/> Laborfeld <input type="checkbox"/> Realfeld <input type="checkbox"/> Testfeld	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Wie soll die Datenaufnahme durchgeführt werden?	<input type="checkbox"/> informell <input type="checkbox"/> strukturiert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Welcher Datentyp soll erhoben werden?	<input type="checkbox"/> Qualitativ <input type="checkbox"/> Quantitativ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nr.	Fragestellung	1	2	3	4	5	Gewichtung	Ignorieren
8	Wie viel Budget steht für die Durchführung zur Verfügung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Wie viel Zeit steht für die Vorbereitung zur Verfügung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,1	<input type="checkbox"/>
3	Wie viel Zeit steht für die Durchführung zur Verfügung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Wie viele Kunden müssten optimaler Weise integriert werden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Welcher Detaillierungsgrad der Informationen ist notwendig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Wie viel Evidenz ist noch notwendig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abgleich mit vorbewerteten Validierungsmethoden im Softwarewerkzeug

Bild 5-23: Schema zur Anforderungserhebung bei der Validierungsmethoden-Auswahl

Aus dem Ergebnis der durchgeführten Anforderungs-Erhebung resultiert eine Handlungsempfehlung für die Auswahl der Validierungsmethode. Die Handlungsempfehlung beschreibt dabei eine an der Beantwortung der Fragen angelehnte Priorisierung existierender Validierungsmethoden im Lösungswissen. Die Reihenfolge beschreibt die auf den Antworten basierende Eignung der einzelnen Methoden. Dabei können die einzelnen Attribute und Merkmale individuell gewichtet oder ignoriert werden, um individuelle Spezifika von Unternehmen zu berücksichtigen. Der Abgleich erfolgt im Rahmen einer Ähnlichkeitsbewertung. Je ähnlicher die durch den Wissensanwender eingegebenen Kennwerte für Merkmale / Attribute mit den bereits vorbewerteten Methodensteckbriefen sind, desto höher werden die entsprechenden Methoden priorisiert. Ist eine Validierungsmethode ausgewählt, kann aus dem beiliegenden Steckbrief zu kombinierende Prototyping- und weitere Validierungsmethoden ausgewählt werden. Die Empfehlungen in den Steckbriefen stellen dabei voreingeschätzte Bewertungen für die Kombinationen dar.

Stoßrichtung 2 - Prototyp zuerst: Wird zunächst die Entscheidung über die auszuwählenden Prototyping-Methoden getroffen, werden ähnlich zur ersten Stoßrichtung ein Erhebungsschema und zugehöriges Software-Werkzeug zur Entscheidungsunterstützung bereitgestellt. Für die Auswahl der Prototyping-Methode stehen innerhalb der sechs Cluster *Fiktionale Geschichte*, *Vertriebssimulation*, *konzeptionelle Modelle*, *physische und virtuelle nicht-funktionale Gestalt* und *funktionale Repräsentation*, insgesamt 83 identifizierte Methoden aus dem erarbeiteten Lösungswissen zur Verfügung. Die Auswahl erfolgt durch das Abfragen von Anforderungen des Unternehmens im Rahmen des Softwarewerkzeugs aus Abschnitt 5.2.5. Zur Abfrage dieser wird dafür ein Bewertungsschema mit Eignungsindikatoren bereitgestellt, die auf den Arbeiten von identifizierten Quellen zur Strukturierung des Lösungswissens (vgl. Abschnitt 5.2) beruhen. Merkmalsorientierte Indikatoren (z.B. Art der Wertschöpfung) sind durch die Auswahl von vordefinierten Ausprägungen zu bewerten (z.B. Software, Hardware). Attributorientierte Indikatoren (z.B. Kosten) werden auf einer Likert-Skala (von 1 = sehr niedrig bis 5 = sehr hoch) eingestuft. Einen Auszug des Schemas zeigt Bild 5-24.

Prototyping-Steckbrief 40: AR-Prototyp

Annahmetyp und Betrachtungsschwerpunkt	Nützlichkeit	Usability	Begehren	Kaufbereitschaft	Machbarkeit
Haupt-User-Story	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unter-User-Story	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abfragemaske zur Prototyping-Methoden-Auswahl im Software-Werkzeug

Nr.	Fragestellung	Werte	Gewichtung	Ignorieren
1	Welche Wertschöpfung bedingt die Idee?	<input type="checkbox"/> Hardware <input type="checkbox"/> Software	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Welcher Marktleistungstyp wird adressiert?	<input type="checkbox"/> Sachleistung <input type="checkbox"/> PSS <input type="checkbox"/> Dienstleistung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Welches Cluster eignet sich zur Validierung der Annahme?	<input type="checkbox"/> Fiktionale G. <input type="checkbox"/> Physische nicht funkt. Gestalt <input type="checkbox"/> Konzeptmodelle <input type="checkbox"/> Vertriebssimulation <input type="checkbox"/> Virtuelle nicht funkt. Gestalt <input type="checkbox"/> Funkt. Repräsentation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Auf welchen Kompetenzen kann zurückgegriffen werden?	<input type="checkbox"/> Design <input type="checkbox"/> Elektrotechnik <input type="checkbox"/> IT <input type="checkbox"/> Maschinenbau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Existieren bereits technische Grundlagen zur Erstellung des Prototypen?	<input type="checkbox"/> Keine Grundlage <input type="checkbox"/> Interne Lösung <input type="checkbox"/> Wettbewerbslösung <input type="checkbox"/> Bestehende Marktleistung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nr.	Fragestellung	1	2	3	4	5	Gewichtung	Ignorieren
5	Wie viel Budget steht für die Entwicklung zur Verfügung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Wie viel Zeit steht für die Entwicklung zur Verfügung?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,1	<input type="checkbox"/>
7	Wie muss die visuelle Wiedergabetreue des Prototypen sein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Wie muss die auditive Wiedergabetreue des Prototypen sein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Wie muss die haptische Wiedergabetreue des Prototypen sein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Welche Funktionstiefe muss der Prototypen vorweisen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Welchen Funktionsumfang muss der Prototyp vorweisen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Wie interaktiv soll das Eingabeverhalten des Prototypen sein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Wie interaktiv soll das Ausgabeverhalten des Prototypen sein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abgleich mit vorbewerteten Prototyping-Methoden im Software-Werkzeug

Bild 5-24: Schema zur Anforderungserhebung bei der Prototyping-Methoden-Auswahl

Aus dem Ergebnis der durchgeführten Anforderungs-Erhebung resultiert eine Handlungsempfehlung für die Auswahl der Prototyping-Methode. Die Handlungsempfehlung beschreibt dabei eine an der Beantwortung der Fragen angelehnte Priorisierung existierender Prototyping-Methoden im Lösungswissen. Die Reihenfolge bestimmt die auf den Antworten basierende Eignung der einzelnen Methoden. Dabei können die einzelnen Attribute und Merkmale individuell gewichtet oder ignoriert werden, um die Spezifika in Unternehmen zu berücksichtigen. Der Abgleich folgt dabei dem Ähnlichkeitsprinzip. Je ähnlicher die durch den Wissensanwender eingegebenen Kennwerte für Merkmale / Attribute mit den bereits vorbereiteten Methodensteckbriefen sind, desto höher werden die entsprechenden Methoden priorisiert. Ist eine Prototyping-Methode ausgewählt, kann aus dem beiliegenden Steckbrief zu kombinierende Validierungs- und Prototyping-Methoden ausgewählt werden. Die Empfehlungen in den Steckbriefen stellen dabei voreingeschätzte Bewertungen für die Kombinationen dar. Die ausgewählten Prototyping- und Validierungsmethoden werden zusammen mit der fokussierten Annahme in die Validierungs-Canvas übertragen (Bild 5-25).

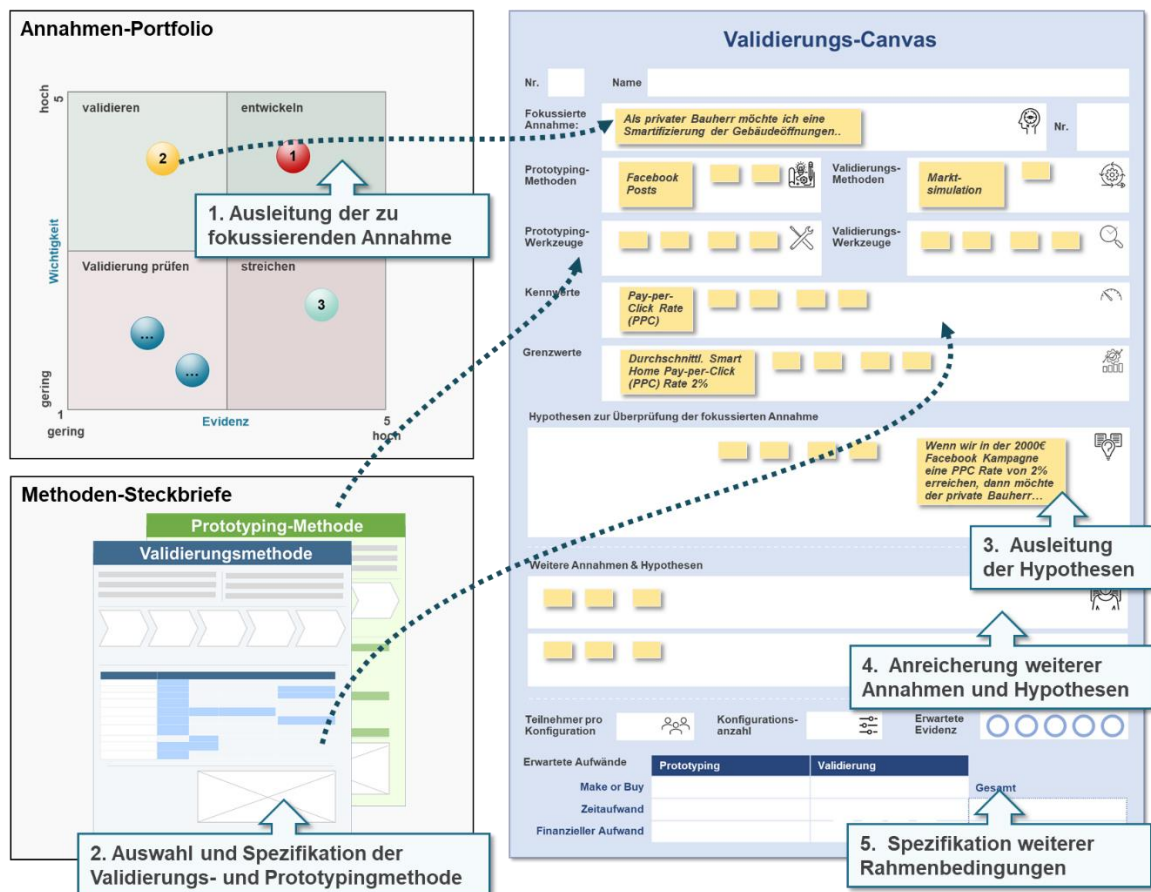


Bild 5-25: Spezifikation der Validierungsumgebung in der Validierungs-Canvas

Anschließend werden die zu messenden **Kennwerte (Key-Performance-Indikatoren, KPIs)** identifiziert, die eine Überprüfung der ausgewählten Annahme im Rahmen der ausgewählten Methoden ermöglichen. Zur Unterstützung der Auswahl werden mögliche KPIs in den Steckbriefen der Validierungs-Methoden im Lösungswissen bereitgestellt

(vgl. Abschnitt 5.2.3). Die folgenden Fragen können bei der Auswahl unterstützen: Welche Kennzahlen deuten auf eine Bestätigung oder Falsifizierung einer zugrunde liegenden Annahme hin? Welche Reaktionen sind unter den gegebenen Voraussetzungen erhebbar? Was ist zu diesem Zeitpunkt eine evidente Reaktion? Es können zur Überprüfung derselben Annahme mehrere KPIs ausgewählt werden. Eine Annahme zum grundsätzlichen Interesse einer Idee kann beispielsweise durch die konsolidierte Messung von KPIs wie Facebook Likes, Conversion-Rate und Website-Besuchszeit, überprüft werden.

Sind die KPIs definiert, werden in einem nächsten Schritt zugehörige **Grenzwerte** definiert, die Aussage darüber treffen, ob eine Annahme durch das Erreichen eines bestimmten Messwerts positiv validiert oder falsifiziert wird. Um eine Hilfestellung bei der Definition notwendiger Grenzwerte für Hypothesen zu geben, werden im Folgenden Bereich **Ansätze zur Bestimmung des Grenzwertes** für die jeweilige Methode zusammengefasst. Dabei können sich die Ansätze durch die Art und Weise des Vergleichs unterscheiden. So kann die Grenzwertsetzung durch eine bestehende **Vergleichsgrundlage** entstehen. Beispiel dafür ist der Vergleich gemessener Kennwerte mit existierenden Statistiken und Studien zu z.B. bestimmten Sales-Funnel-Leistungskennwerten für die fokussierte Branche oder bereits gemessene Kennwerte vorrangegangener, erfolgreicher Produkte des Unternehmens. Eine weitere Möglichkeit ist eine **Schätzung** des Grenzwerts, durch z.B. implizit vorhandenes Wissen der Entwickler aus Vorgängerprojekten oder eine rein intuitive Festsetzung. Des Weiteren ist es möglich, **explorativ** Grenzwerte festzulegen. Dabei ergeben sich die Grenzwerte erst aus der Validierung (z.B. in Experimenten) und sind vorher nicht kalkulierbar. Gründe können z.B. nicht antizipierbare Ursache-und-Wirkungszusammenhänge sein. Beispiele für Ansätze zur explorativen Grenzwertsetzung sind die narrative Analyse, Cluster-Analysen oder Segmentierungen. Eine Übersicht und mögliche Ansätze zur Grenzwertbildung werden in Tabelle 5.1 beschrieben.

Mit Vergleichsgrundlage	Schätzung	Explorativ
<ul style="list-style-type: none"> • z.B. Grenzwertdefinition angelehnt an vorhandene Statistiken / Studien zu ähnlichen Bereichen • Alternative Lösungen (A/B-Test) • z.B. Vergangenheitsdaten / Interne Erfahrungswerte 	<ul style="list-style-type: none"> • z.B. Sean Ellis Test • z.B. Intuitive Grenzwertdefinition • z.B. Innovation Accounting (Grenzwert-herleitung durch interne Bewertungen) 	<ul style="list-style-type: none"> • z.B. Grounded Theory • z.B. Clusteranalyse • z.B. Segmentierung

Tabelle 5.1: Beispielsansätze zur Grenzwertermittlung

Um Synergie-Effekte zu nutzen, werden in einem nächsten Schritt **weitere Annahmen** ausgewählt, die durch einen geringen Aufwand in die Validierung integriert werden können. Die vorgenommene Strukturierung der Annahmen in Abschnitt 5.4.1 kann dazu als Grundlage dienen. Es wird empfohlen, Annahmen, die eine Detaillierung der zu überprüfenden Annahme, oder die sich aus einer Teilmenge ergeben, in die Validierung hinzuziehen. Ebenso eignen sich Annahmen, die in einem direkten Widerspruch zur fokussierten Annahme stehen.

Zur Messung notwendiger Daten und Erstellung der notwendigen Prototypen, werden anschließend notwendige **Tools** abgeleitet, die für den Aufbau und zur Durchführung der

Validierung notwendig sind. In den Steckbriefen der Methoden werden dazu mögliche Tools und zugehörige Anbieter empfohlen.

Sind die Rahmenbedingungen definiert, können konkrete **Hypothesen zur Überprüfung der Annahmen** abgeleitet werden. Zur Unterstützung der Formulierung dient die in Abschnitt 5.3.2 formulierte Satzschablone. Das Ziel ist die Erzeugung unterschiedlicher Hypothesen zur Überprüfung derselben Annahme, die ein gemeinsames schlüssiges Bündel ergeben. Die Hypothesen sollten die unterschiedlichen Dimensionen zur Überprüfung einer Annahme abdecken. Dabei sollten keine sich gegenseitig begünstigende Ergebnisse erzeugt werden. Es werden mindestens zwei und maximal zehn Hypothesen zur Überprüfung einer Annahme empfohlen.

Sind die Hypothesen abgeleitet, werden als nächstes **organisatorische Rahmenbedingungen** definiert. Es werden die Anzahl durchzuführender Validierungskonfigurationen und die Anzahl der Teilnehmer festgelegt und dokumentiert. Aus der Multiplikation der Teilnehmer- und Konfigurationsanzahl wird die Gesamtanzahl der Teilnehmer für die Validierung dokumentiert. Diese dienen als Grundlage zur Abschätzung der entstehenden Aufwände für das Prototyping und der Validierung, ebenso zur Einstufung der entstehenden Neu-Evidenz.

Zur konkreten Umsetzung des Prototypings und der Validierung kann in etablierten Unternehmen auf externe Partner zurückgegriffen werden (z.B. bei fehlenden Kompetenzen). Zur Unterstützung der Make-or-Buy Entscheidung wird ein Kompetenz-Portfolio angelehnt an GAUSEMEIER ET AL. vorgestellt, indem Prototyping und Validierungs-Aktivitäten isoliert bewertet und damit notwendige Umsetzungs-Entscheidungen vorbereitet werden (Bild 5-26) [GDE+19, S.43]. Dafür wird eine mögliche Strukturierung durchzuführender Aktivitäten in den einzelnen Methodensteckbriefen vorgeschlagen. Die Entscheidungen werden anschließend in die Validierungs-Canvas übertragen.

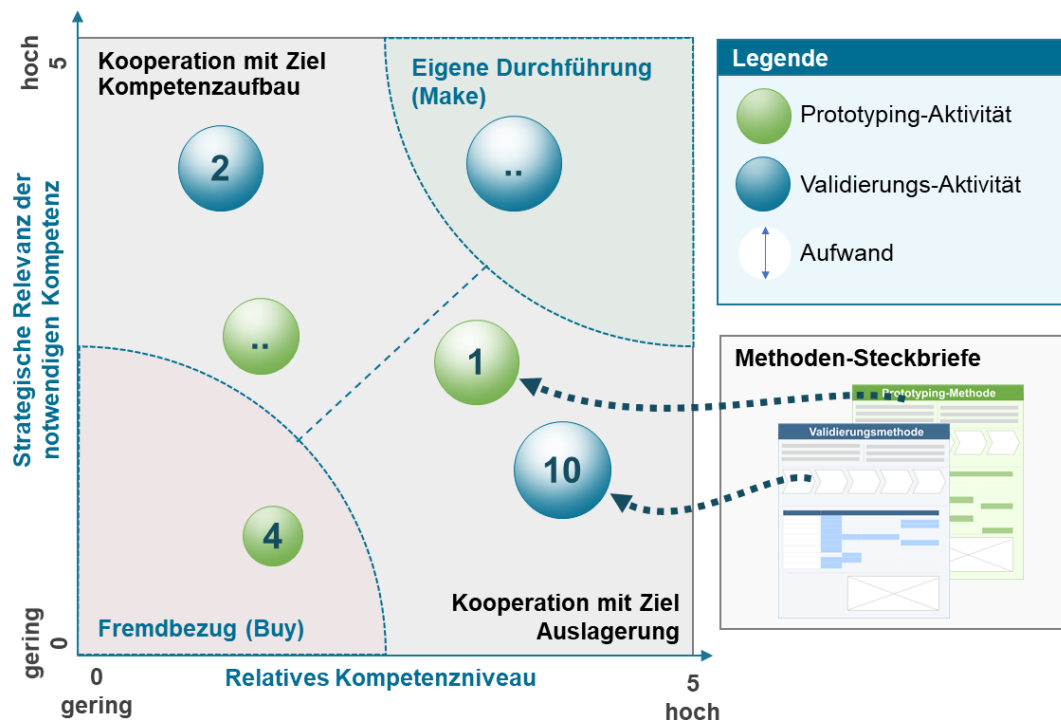


Bild 5-26: Portfolio zur Make-or-Buy-Entscheidung, angelehnt an [GDE+19, S.43]

Auf der Abszisse ist der Wert des relativen Kompetenzniveaus zur Durchführung. Auf der Ordinate wird der Wert der strategischen Relevanz der notwendigen Kompetenz aufgetragen. Insgesamt können die Aktivitäten in einem von vier Bereichen eingestuft werden, die die folgenden Handlungsempfehlungen beinhalten.

Eigene Durchführung (Make): Das Kompetenzniveau im Unternehmen zur Durchführung des Prototypings oder der Validierung ist sehr hoch, ebenso die strategische Relevanz der notwendigen Kompetenz. Es wird empfohlen, das Prototyping oder die Validierung eigenständig durchzuführen.

Fremdbezug (Buy): Sowohl die Kompetenz als auch die strategische Wichtigkeit der Kompetenz sind gering. Das Einbeziehen von Fremdleistungen zur effektiven Durchführung von Prototyping- oder Validierungsaktivitäten wird empfohlen.

Kooperation mit Ziel Kompetenzaufbau: Die notwendigen Kompetenzen sind strategisch relevant, jedoch ist das notwendige Kompetenzniveau niedrig. In diesem Fall empfiehlt sich eine Kooperation, mit dem Ziel, die notwendigen Kompetenzen mittel- bis langfristig aufzubauen (z.B. durch intensiveren Austausch und zusätzlichen Trainings).

Kooperation mit Ziel Auslagerung: In diesem Bereich ist das relative Kompetenzniveau mittel bis hoch, die strategische Relevanz der Kompetenz jedoch sehr niedrig. Ein langfristiger Kompetenzaufbau muss daher nicht angestrebt werden. Es wird empfohlen, Aktivitäten in diesem Bereich langfristig auszulagern (z.B. bei Forschungseinrichtungen oder Startups).

5.4.3 Phase 3: Validierungsaufbau

Aufbauend auf der definierten Validierungsumgebung, dokumentiert in der Validierungs-Canvas, ist das Ziel der dritten Phase die Spezifikation und Umsetzung notwendiger Validierungskonfigurationen. Eine Validierungskonfiguration wird dabei einem festgelegten Ort und Termin bzw. Zeitraum zugewiesen und dokumentiert den konkreten Aufbau der Validierung inklusive spezifizierter Prototypen. Zur Spezifikation der Validierungskonfiguration wird das Prototyp-Umfeld-Modell erarbeitet und konkretisierte Rahmenbedingungen im erweiterten Deposit festgehalten. Bild 5-27 zeigt Aktivitäten und zugehörige Dokumentationskonzepte zur Erarbeitung der Validierungskonfigurationen.

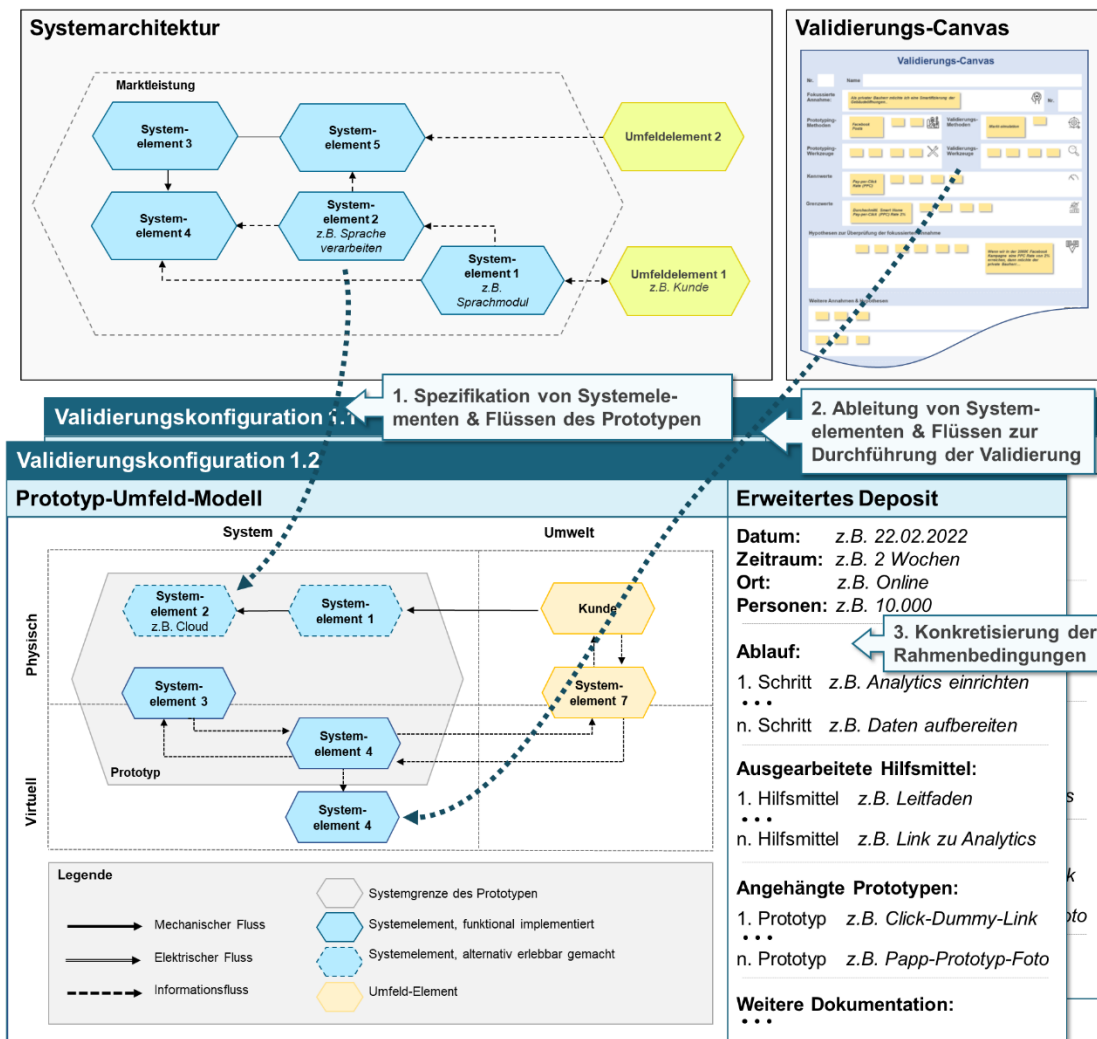


Bild 5-27: Aktivitäten zur Erarbeitung von Validierungskonfigurationen

In einem ersten Schritt werden die Systemelemente der Systemarchitektur, entsprechend des ausgewählten Prototypen und ausgewählter Annahmen, spezifiziert und innerhalb des System-Bereiches des Prototyp-Umfeld-Modells platziert. Die Tiefe der Spezifikation kann dabei auf der Produkt- (z.B. Es existiert ein Systemelement zur Erfüllung aller Funktionen für intelligente Rollläden), Modul- (z.B. Steuerung als Systemelement zur Erfüllung der Funktion „Rollläden steuern“), Systemelement-Ebene (z.B. Die Kombination

von Cloud, Sensor, Aktor zur Erfüllung der Funktion „Rollläden steuern“) sein. Dies hängt vom jeweiligen Wissenstand innerhalb des Projektes ab. Für eine detaillierte Anleitung zur Spezifikation von Systemelementen wird auf bestehende Forschungsarbeiten im Bereich Advanced Systems Engineering des Fraunhofer Instituts für Entwurfstechnik Mechatronik (IEM) und des Heinz-Nixdorf-Instituts (HNI) hingewiesen [GDE+19], [DDG+14, S. 119ff.]. In einem weiteren Schritt wird der Umsetzungstyp der Systemelemente innerhalb der Prototypen festgelegt und dokumentiert. Systemelemente zur Spezifikation des Prototypens können technisch umgesetzt oder alternativ erlebbar gemacht werden (Vgl. Abschnitt 5.3.3).

Da die Validierungskonfiguration den Prototypen eingebettet im Validierungs-Umfeld beschreibt, werden anschließend alle in der Validierung anzuwendenden Hilfsmittel, Tools und weitere Umfeldelemente wie z.B. Testpersonen oder Entwickler, die im Hintergrund Funktionen nachahmen, in das Modell integriert. Abschließend werden alle existierenden Flüsse zur Interaktion zwischen den Systemelementen dokumentiert.

Neben der Dokumentation des Prototyp-Umfeld-Modells findet die erweiterte Dokumentation zum konkreten Ablauf der Validierung statt. Dazu gehören beispielsweise das Datum und der Ort der Durchführung, die Ablaufschritte, erzeugte Dokumente wie beispielsweise Interviewleitfäden und teilnehmende Personen. Die einzelnen Validierungskonfigurationen können sich im Detail unterscheiden (z.B. andere Beschaffenheit des Durchführungs-Ortes oder unterschiedliche Erreichbarkeit der Zielkunden). Aus diesem Grund werden für jeden angelegten Termin eine individuelle Validierungskonfiguration dokumentiert. Sollten sich die Validierungskonfigurationen nicht unterscheiden, werden die Dokumentationen kopiert und parallel abgelegt. Zum späteren Zeitpunkt aufgenommene Messwerte werden ebenfalls im erweiterten Deposit der einzelnen Validierungskonfigurationen nachgepflegt.

Sind die Konfigurationen definiert und dokumentiert, gilt es anschließend die im Prototyp-Umfeld-Modell beschriebenen Elemente zu implementieren. Zum einen sind dies notwendige Werkzeuge zur Erhebung der Kundendaten (z.B. Google-Analytics, Sensoren für die Messung des Augenfokus etc.). Zum anderen gehören dazu auch die Entwicklung der Prototypen und andere notwendige Systemelemente aus dem Prototyp-Umfeld-Modell. Das spezifische Vorgehen für das Prototyping kann sich dabei, je nach ausgewählter Prototyping-Methode, stark unterscheiden. Die einzelnen Schritte zur Durchführung des Prototypings ergeben sich dabei aus den Spezifika der erarbeiteten Methoden-Steckbriefe (vgl. Abschnitt 5.2.4). Die Prototyping-Methoden lassen sich in die sechs hergeleiteten Cluster *Fiktionale Geschichte*, *Vertriebssimulation*, *Physische nicht-funktionale Gestalt*, *Virtuelle nicht-funktionale Gestalt*, *konzeptionelles Modell*, und *funktionale Repräsentation* übergeordnet strukturieren (vgl. Abschnitt 5.2.3). Um dem Nutzer der Systematik eine Übersicht zu notwendigen Schritten in dieser Phase zu geben, wurden zu den Clustern generalisierte Prototyping-Prozesse erarbeitet. Die Prozesse (z.B. Prozess für das Erarbeiten einer Vertriebssimulation) bestehen aus generalisierten Prozessphasen

(z.B. Anforderungen analysieren), denen einzelne Tätigkeiten aus den Prototyping-Methoden zugewiesen werden können (z.B. Anforderungen zur Geometrie definieren). Die Prozessphasen wurden dabei auf Grundlage der Steckbriefe und Erfahrungswissen abstrahiert und stellen ein generalisiertes, beispielhaftes Vorgehen dar (Bild 5-28).

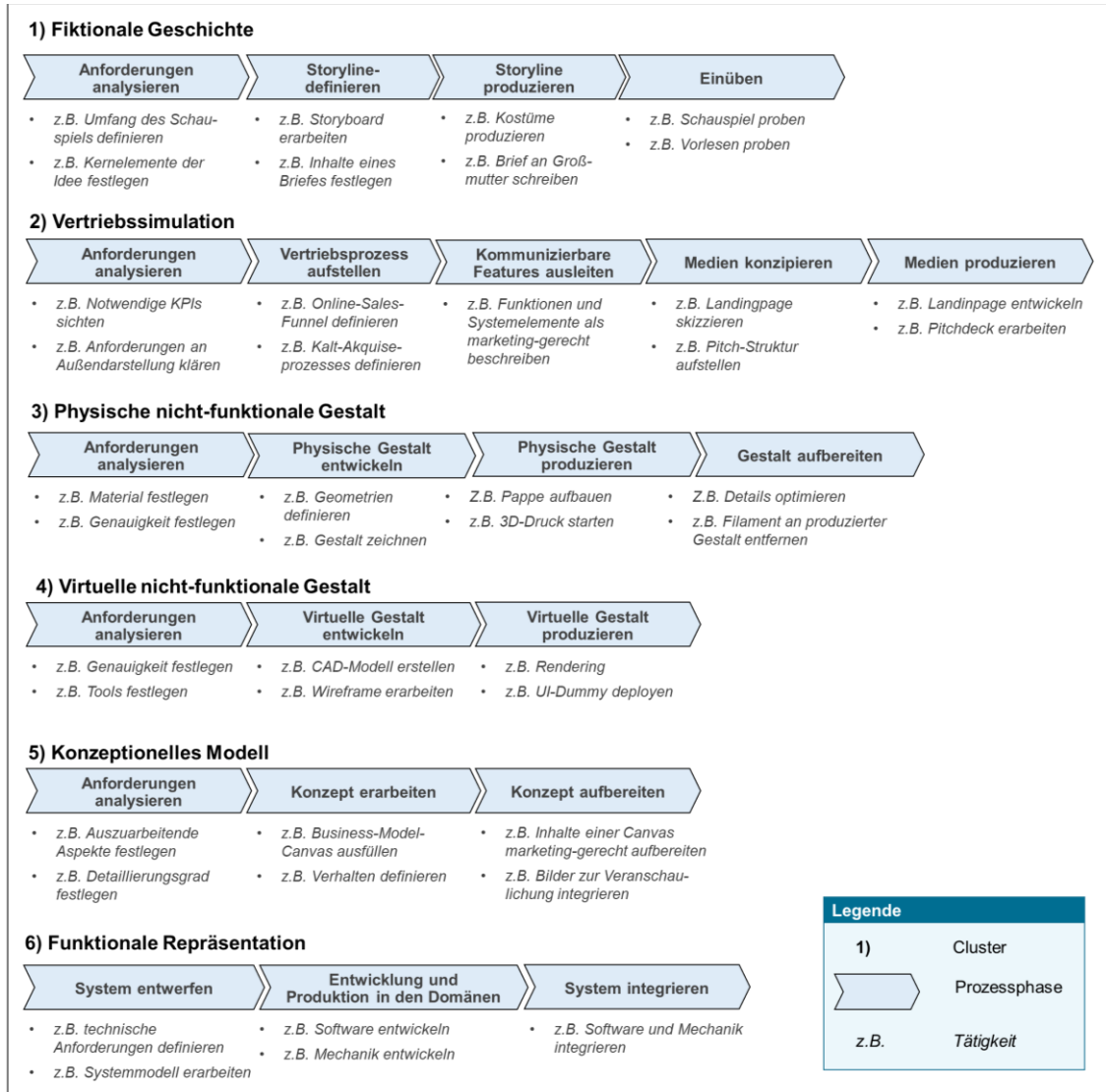


Bild 5-28: Generalisierte Prozessphasen und Tätigkeiten für das frühe Prototyping

Die Prozessphasen zur Beschreibung der Prototyping-Prozesse prägen jeweils unterschiedlich den Analyse- und Synthese-Anteil eines Design-Prozesses nach ALBERS aus (vgl. Abschnitt 3.3.1). Dabei wird immer ein Prozess zur Entwicklung und Produktion von Informationsträgern der Marktleistungsidee beschrieben. Die Unterscheidung erfolgt durch die in Abschnitt 5.2.3 ermittelten Attribute und Merkmale. Hervorzuheben sind dabei vor allem die Unterscheidung durch die Funktionstiefe und -breite, ebenso die technologische Umsetzung der Gestalt. Die Unterscheidung der Prozesse erfolgt zum einen durch die Adressierung von unterschiedlichen Phasen des Produkt-Lebenszyklus (z.B.

fokussieren Vertriebssimulationen den Vertriebsprozess und funktionale Repräsentationen die Nutzung einer Marktleistung). Zum anderen unterscheiden sich die Prozesse durch den darin getätigten Aufwand.

Nicht jede Validierung impliziert eine automatisierte Teilnehmerakquise. Bei manueller Gewinnung existiert die Möglichkeit Teilnehmer durch eine Vermittlung oder direkt zu akquirieren. Angelehnt an SHARON werden im Folgenden verschiedene Möglichkeiten zur Teilnehmerakquise aufgelistet, die den Nutzer der Systematik als Übersicht dienen kann (Tabelle 5-1) [Sha16].

Quellen zur Vermittlung	Quellen zur Direkt-Akquise
<ul style="list-style-type: none"> • Bestehende Kunden • Mitarbeiter des eigenen Unternehmens • Freunde und Familie der Mitarbeiter im Unternehmen • Mitarbeiter von Partnerunternehmen • Recruiting-Agenturen • Universitäten und andere Forschungseinrichtungen • Beratungsunternehmen 	<ul style="list-style-type: none"> • Bestehende Kunden • Emaillisten • Öffentliche Plätze (z.B. Gehweg, Kampus) • Vergangene Validierungsteilnehmer • Kunden-Touchpoints (z.B. Point of Sale) • Konferenzen • Kontaktaufnahme in sozialen Medien (z.B. LinkedIn) • Internet-Foren und Umfrage-Seiten • Teilnahme-Aufruf auf bestehenden Online-Auftritten • Online-Werbung (z.B. Google Adwords) • Physische Werbung (z.B. Zeitung, Werbeplakate) • Werbung im Radio oder TV

Tabelle 5-1: Übersicht auf Quellen zur Teilnehmerakquise angelehnt an [Sha16]

5.4.4 Phase 4: Validierungsdurchführung

Nachdem die Validierungskonfiguration aufgebaut wurde, ist das Ziel der Validierungsdurchführung die Überprüfung der ausgewählten Annahmen zur Begehrlichkeit einer Marktleistungsidee aus Kunden-Sicht. Kunden können dabei direkt, durch z.B. Konzept- oder Prototypentests, oder indirekt, durch z.B. Kundenersatzmodelle, in denen Wissen über diesen aus z.B. Marktanalysen zusammengefasst sind, eingebunden werden [Rod13], [GFS13], [Rei20, S.77]. Als Grundlage für eine valide Bewertung wird im Rahmen dieser Arbeit das Wahrnehmen und Erleben einer Marktleistungsidee durch Prototypen empfohlen [Has06]. Die Bewertung kann objektiv, durch eine Analyse von konkreten Zahlenwerten, oder durch subjektive Einschätzungen auf Basis persönlicher Wahrnehmungen erfolgen [Kli17].

Die konkreten Schritte der Durchführung ergeben sich dabei aus den Spezifika der ausgewählten Validierungsmethode. Die Spezifika und weitere Informationen zu den einzelnen Methoden können den Validierungsmethoden-Steckbriefen aus Abschnitt 5.2.4 entnommen werden. Die Methoden lassen sich übergeordnet in die vier hergeleiteten Cluster *Beobachtungen*, *Befragungen*, *Experimente* und *Spuren* strukturieren (vgl. Abschnitt

5.2.2.2). Um den Nutzer der Systematik eine Übersicht durchzuführender Schritte innerhalb der Cluster zu geben, wurden generalisierte Erhebungs-Prozesse erarbeitet. Die Prozesse (z.B. Prozess für Beobachtungen) bestehen aus generalisierten Prozessphasen (z.B. Kunden in Umgebung platzieren und Kunden konditionieren), denen einzelne Tätigkeiten aus den Validierungsmethoden zugewiesen werden können (z.B. Kunden in das Versuchslabor platzieren oder Kunden auf das Feld platzieren). Die Prozessphasen wurden auf Grundlage der Steckbriefe und Erfahrungswissen abstrahiert und stellen ein generalisiertes, beispielhaftes Vorgehen dar (Bild 5-29).

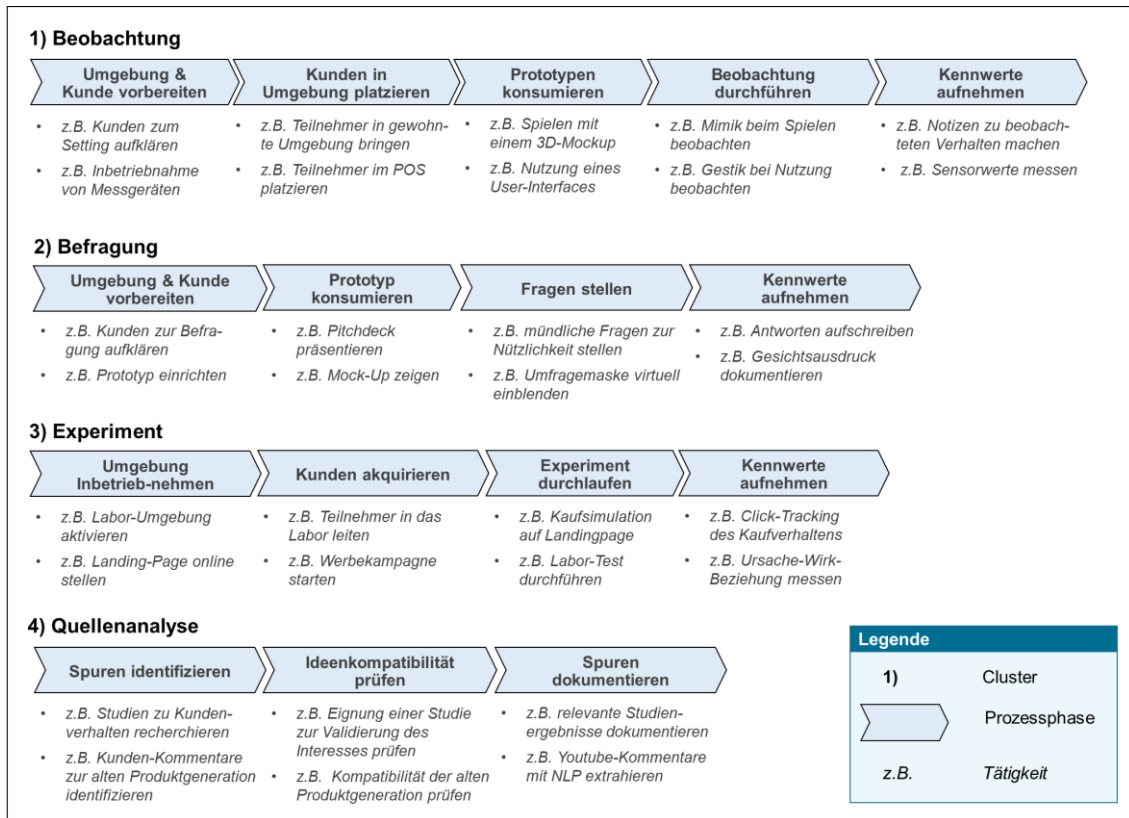


Bild 5-29: Generalisierte Prozessphasen und Tätigkeiten in der Validierung

Alle Prozesse haben als Ziel, die vorher definierten Kennwerte zu ermitteln. Die Prozessphasen der vier Cluster unterscheiden sich dabei grundsätzlich in der **Art und Weise der Kundenintegration**. Die Cluster Beobachtung, Befragung und Experiment beschreiben eine direkte Integration der Kunden. Dieser wird entweder bei seinen Tätigkeiten beobachtet oder befragt bzw. Reaktionen in Experimenten dokumentiert. Im Gegensatz dazu, werden Kunden bei der Quellenanalyse indirekt durch Kundenersatzmodelle integriert. Im Rahmen dieses Clusters sind zur Validierung von Annahmen keine Prototypen notwendig. Dokumentierte Daten liegen bereits in z.B. Studien zu Kundenmeinungen oder bestehenden Produkt-Rezensionen vor. Des Weiteren unterscheiden sich die Prozesse durch die Intensität der Kunden-Aufklärung über aufzunehmende Kennwerte. In Befragungen werden Kunden über das Validierungssetting aufgeklärt und nehmen die Validierung auch als solches wahr. Bei Beobachtungen oder Experimenten hingegen werden oft-

mals für den Kunden unbekannte Daten erhoben, da beispielsweise keine Kenntnis darüber existiert, dass an einem Experiment teilgenommen wird. Im Cluster Spuren können beide Zustände auftreten.

BLAND und OSTERWALDER fassen des Weiteren mögliche **Hindernisse** zusammen, die im Rahmen der Datenerhebung für die Validierung von Marktleistungsideen auftreten können. Diese sollten in der Durchführung **verhindert bzw. reduziert** werden, um eine erfolgsversprechende Messung zu ermöglichen. Unter anderem wird der Terminus *Confirmation Bias* beschrieben, der besagt, dass das Risiko besteht, selektiv Informationen zu erheben, die die eigene Hypothese bestätigen und andere relevante Informationen bewusst oder unbewusst ausgeschlossen werden. Des Weiteren werden Daten oft unpräzise bzw. ungenau aufgenommen, sodass spätere Schwierigkeiten in der Interpretation auftreten können. Eine Aufnahme von ausschließlich qualitativen Aussagen von Kunden kann ebenfalls zu Fehleinschätzungen der Evidenz führen. Auch ist der zeitliche Aspekt eine Herausforderung. Praxisbeispiele zeigen, dass in der Planung einer Validierung zu wenig Zeit für die Aufnahme der Kundendaten eingeplant wird. Entsprechende Daten innerhalb der Validierungsdurchführung können dadurch aus zeitlichen Gründen erst gar nicht erhoben werden. Ein weiteres Problem ist eine zu geringe Anzahl an Datenpunkten und die daraus resultierende geringe Aussagekraft einer Erhebung [BO20].

THOMKE formuliert des Weiteren mögliche **Attribute einer Validierungskultur**, um die Durchführung einer Validierung indirekt zu fördern und somit die **Aufnahme von Daten zu erleichtern**. Eine Organisation sollte beispielsweise neu-auftretenden Ereignissen nicht negativ gegenüberstehen, sondern proaktiv in den Validierungsprozess integrieren. Ebenfalls sollten Misserfolge nicht als Fehler interpretiert werden, sondern als weiterer Wissensgewinn, besonders bei der Falsifizierung von einflussreichen Annahmen. Des Weiteren sollten Ergebnisse von durchgeführten Validierungen auch dann akzeptiert werden, wenn sie nicht den eigenen Überzeugungen und Normen entsprechen (Daten sind stärker als HIPPOs). Ebenfalls sollte die Organisation Raum und Zeit für den Erkenntnisgewinn bereitstellen, da Mitarbeiter oft in andere Aktivitäten eingebunden sind [Tho20, S. 118].

5.4.5 Phase 5: Ergebnisinterpretation

In der fünften Phase werden im Rahmen einer Objektivierung die Messergebnisse der durchgeführten Validierung in Form von neuen oder angepassten Entwicklungszielen in das Zielsystem (z.B. User Stories, Funktionsarchitektur) zurückgeführt. Dies geschieht durch die Überprüfung der objektiven Wiedergabe von Zielsystemen mit den eigentlichen Erwartungen der Kunden und der anschließenden Änderung dieser. Insgesamt soll sichergestellt werden, dass die spätere Marktleistung bei Kunden Begehrlichkeit auslöst (vgl. Abschnitt 3.4.2). In Bild 5-30 werden die durchzuführenden Schritte zusammengefasst.

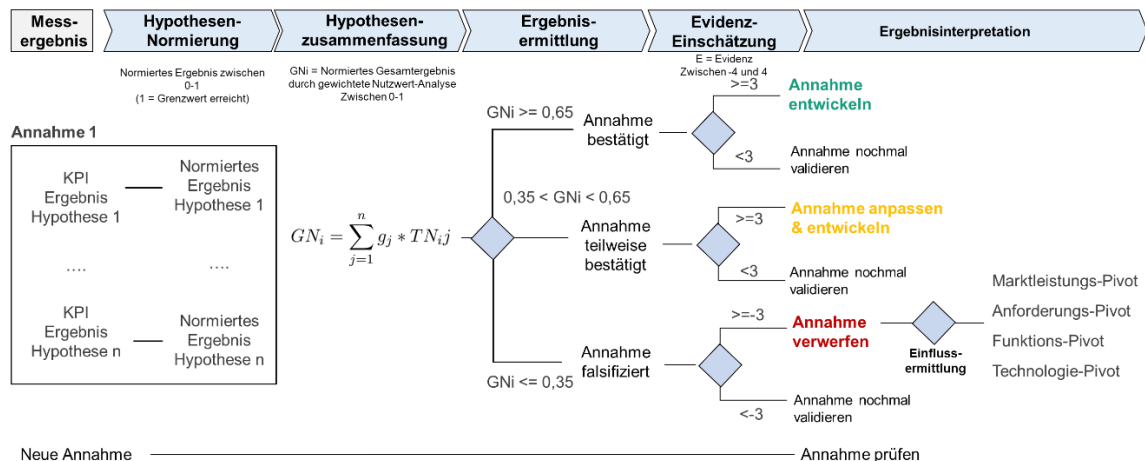


Bild 5-30: Durchzuführende Schritte für die Interpretation der Messergebnisse

Ausgangspunkt der Interpretation sind die aufgenommenen **Messergebnisse** aus der durchgeführten Datenerhebung. Die Daten lassen sich dabei den definierten Hypothesen, darin enthaltenen Key Performance Indicators (KPIs) und Grenzwerten zuordnen. Beispiele für aufgenommene Kennwerte sind verbale Reaktionen von Kunden oder die Cost-Per-Click-Rate einer Social-Media-Kampagne. Die Hypothesen enthalten ebenfalls die in Phase 2 definierten Grenzwerte, die Aussage über die Bestätigung oder Falsifizierung einer Hypothese und damit auch für eine Annahme ermöglichen. Beispiele gesetzter Grenzwerte sind zu erwartende 80% positive Reaktionen bei 100 Befragten oder eine zu erwartende Cost-Per-Click-Rate von 0,5 € / Click bei 10.000 Experiment-Teilnehmern.

Um die gemessenen Kennwerte zu einem Gesamtergebnis zusammenzufassen, welches Aussage über die Bestätigung oder Falsifizierung einer Annahme treffen kann, werden in einem nächsten Schritt die dokumentierten **Messergebnisse normiert**. Die Normierung wird dabei über den Erfüllungsgrad des zu erreichenden Grenzwerts ermittelt. Das normierte Ergebnis kann Werte innerhalb des Bereichs 0-1 annehmen, wobei 1 die volle Erreichung des Grenzwerts darstellt.

Anschließend werden die normierten Teil-Ergebnisse zu einem **Gesamtergebnis** zusammengefasst. Ziel ist die Konsolidierung der Validierungsergebnisse der einzelnen Hypothesen, um eine Aussage zu der Bestätigung oder Falsifizierung der zu überprüfenden Annahme treffen zu können. Für die Zusammenfassung wird eine gewichtete Nutzwertanalyse durchgeführt. Der Gesamtnutzwert (GNI) beschreibt dabei das Gesamtergebnis der Handlungsoption, eine Annahme bestätigen, teilweise bestätigen oder falsifizieren zu können. Dazu werden zunächst die Teilnutzwerte aus den normierten Messergebnissen der formulierten Hypothesen gewichtet, da Messergebnisse existieren, die zur Überprüfung einer Annahme wichtiger sind als andere. Die einzelnen Teilgewichte ergeben insgesamt die Zahl 1. Die Teilnutzwerte werden mit den jeweiligen Gewichtungen multipliziert und anschließend zu einem Gesamtergebnis aufsummiert. Das normierte Gesamtergebnis kann Werte innerhalb des Bereichs 0-1 annehmen. Das Berechnungsverfahren kann in Form der Gleichung 4-1 beschrieben werden.

$$GN_i = \sum_{j=1}^n g_j * TN_{ij}$$

- **GN_i** = Gesamtnutzwert der Handlungsoption i
- **g_j** = Gewicht des Bewertungskriteriums
- **j** = zum Beispiel Gewichtungsfaktor zwischen 0 und 100
- **n** = Anzahl der Bewertungskriterien
- **TN_{ij}** = Teilnutzen der Handlungsoption i in Bezug auf das Bewertungskriterium j;

Gleichung 4-1: Nutzwertanalyse zur Ermittlung des Validierungsergebnisses

Es ergeben sich drei mögliche Handlungsoptionen innerhalb des Bereichs 0-1:

Annahme bestätigt: Die Annahme wurde positiv bestätigt. Die ausformulierten quantifizierten Aussagen in den Hypothesen zur Überprüfung der Annahme sind bewahrheitet worden. Annahmen sind bestätigt, wenn das Gesamtergebnis innerhalb des Wertebereichs 0,65-1 eingeordnet wird.

Annahme teilweise bestätigt: Einige der überprüften Hypothesen wurden insgesamt positiv bestätigt, die Stakeholder waren aber nicht in jeder Hinsicht überzeugt. Das Gesamtergebnis erstreckt sich zwischen den Werten 0,35 und 0,65

Annahme widerlegt: Die Annahmen sind widerlegt, da die dahinterliegenden Hypothesen und dazugehörigen gemessenen Kennwerte ein negatives Ergebnis ergeben. Die Kunden sind demnach nicht überzeugt von den getroffenen Annahmen zu den User Storys. Der Wertebereich liegt zwischen 0,35 und 0.

Sind die Ergebnisse zu den Annahmen ermittelt, gilt es im nächsten Schritt eine Neueinschätzung der Evidenz durchzuführen. Ausgangspunkt bildet die bereits eingeschätzte Evidenz zu den Annahmen aus Phase 2. Eine beispielhafte Darstellung einer Evidenzverschiebung innerhalb des möglichen Wertebereiches ist in Bild 5-31 visualisiert.

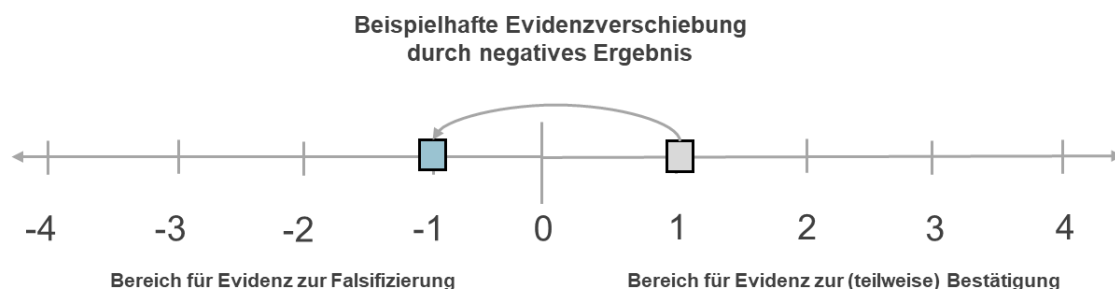


Bild 5-31: Skala zur Neueinschätzung der Evidenzen, angelehnt an GRADE [MLP+12]

Der Wertebereich für die einzuschätzende Evidenz erstreckt sich angelehnt an das GRADE-Modell von -5 (Annahme ist evident widerlegt/falsifiziert) bis 5 (Annahme ist evident bestätigt). Der negative Wertebereich beschreibt dabei eine negierte inhaltliche Umwandlung der Annahme. Das Vorzeichen hat für die Einstufung in das Auswahl-Portfolio in Phase 2 keine Auswirkung. Vielmehr steht es für die inhaltliche Negierung der

Annahme (-1 entspricht der negierten Stufe 1 im Evidenzmodell aus Abschnitt 5.2.3 zur Falsifizierung der Annahme, -4 entspricht der negierten Stufe 4). Die Verschiebung innerhalb der Skala ist durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Zur Auf- und Abstufung können diese anhand der Leitfragen aus Phase 2 strukturiert werden. **1) Präzision:** Wie präzise sind meine Daten? Beispiele für unpräzise Daten sind getätigte Aussagen wie „Ich würde“ und „ich glaube“. Daten, die das Verhalten von Zielkunden dokumentieren sind dagegen präziser und ergeben tendenziell mehr Evidenz. Beispiele sind größere Investments wie eine unterschriebene Absichtserklärung oder ein getätigter Vorverkauf. **2) Richtigkeit:** Wie richtig sind meine Daten? Ist dem Kunden bewusst, dass es sich um eine Validierung handelt oder geht er davon aus, dass das Setting echt ist? Wird über Fakten gesprochen? **3) Datenpunkte-Anzahl:** Wie viele Datenpunkte existieren? Wenig Datenpunkte sind in Relation zu vielen schlechter, wenn vorausgesetzt ist, dass die richtigen Personen einbezogen werden. **4) Vertrauen:** Wie vertrauenswürdig ist die Datenquelle? Wurde eventuell unbewusste Manipulation beobachtet, wie zum Beispiel eine positive Rückmeldung aus Freundlichkeit? Die in den **Methodensteckbriefen** bewerteten Evidenzen können als Richtwert für die Ab- und Aufstufung innerhalb der Skala hinzugezogen werden. Die Bedeutungen der einzelnen Stufen können aus dem Evidenz-Modell in Abschnitt 5.2.3 entnommen werden.

Abhängig von der durchgeführten Nutzwertanalyse und der neueingeschätzten Evidenz ergeben sich **vier Handlungsoptionen** für den weiteren Verlauf.

Annahme entwickeln ($G_{Ni} \geq 6,5$ und $E \geq 3$): Die Annahme wurde durch Hypothesen positiv bestätigt und es existiert genug Evidenz zu dieser. Sie kann als valide Anforderung für die Entwicklung aufgenommen werden.

Annahme anpassen und entwickeln ($0,35 < G_{Ni} < 0,65$ und $E \geq 3$): Wurde eine Annahme durch Hypothesen teilweise bestätigt und existiert genug Evidenz für die positiv validierten Aspekte, so kann die Annahme entsprechend angepasst und als valide Anforderung für die Entwicklung aufgenommen werden.

Annahme nochmal validieren ($-3 > E > 3$): Unabhängig davon, ob eine Annahme bestätigt, teilweise bestätigt oder falsifiziert wurde, wird die Annahme bei nicht genug vorhandener Evidenz in der nächsten Validierung erneut überprüft.

Annahme verwerfen ($G_{Ni} \leq 0,35$ und $E \leq -3$): Wurde eine Annahme durch Hypothesen falsifiziert und existiert genug Evidenz zu diesem Ergebnis, so kann die Annahme verworfen werden. Das Verwerfen einer Annahme kann eine Idee möglicherweise obsolet machen, da Kernaspekte negativ bestätigt bzw. falsifiziert wurden. Aus diesem Grund muss der Einfluss ermittelt werden, den die Annahme auf andere ausübt, um die Größe der Konsequenz zu bestimmen. Die in Abschnitt 5.4.1 ermittelte Bewertungsmatrix kann dabei als Vorlage dienen. In der Literatur wird an dieser Stelle oft von einem „Pivot“ gesprochen [Rie11], [Gar14]. Dabei ist die notwendige Anpassung der Strategieausrichtung gemeint, die aus dem Streichen von z.B. Annahmen zu User Stories resultieren. Je nachdem worauf sich eine Annahme bezieht und wie viel Einfluss sie auf andere hat,

ergeben sich im Rahmen der frühen Validierung der Begehrlichkeit einer Marktleistungsidee in der Produktfindung vier grundsätzliche Pivot-Möglichkeiten:

Marktleistungsidee-Pivot: Die Annahme hat einen so großen Einfluss auf alle anderen Annahmen, sodass bei einer Verwerfung dieser, die Marktleistung weder nützlich, gebrauchstauglich oder begehrenswert sein kann. Es resultiert die Verwerfung der gesamten Marktleistungsidee. Die nächste Phase, die bei diesem Ergebnis resultiert, ist die Ideen-Analyse. Ziel ist die Auswahl einer neuen Marktleistungsidee, die das Vorgehensmodell erneut durchläuft.

Anforderungs-Pivot: Der Einfluss der Annahme begrenzt sich auf eine oder einige wenige User Stories. Insgesamt kann das Wertversprechen aufrecht gehalten werden, sodass lediglich Anforderungen, die mit der falsifizierten Annahme zusammenhängen geändert werden. Der nächste Schritt ist die Neu-Definition und -Bewertung übriger Annahmen.

Funktions-Pivot: Im Rahmen der Validierung wurde deutlich, dass definierte Funktionen zur Umsetzung der User Storys nicht die gewünschte Begehrlichkeit bei Kunden ausgelöst haben. Die zugehörige User Story bleibt erhalten oder wird angepasst. Funktionen oder auszubäuernde Funktionalitäten in der Systemarchitektur und Prototyp-Umfeld-Modell müssen ebenfalls verändert werden.

Technologie-Pivot: Die interpretierten Kundendaten resultieren in Änderungen innerhalb der zu verwendeten Technologien zur Umsetzung gewünschter Funktionen. Beispiele sind Änderungen von Werkstoffen oder Produktionsprozessen aufgrund von Nachhaltigkeitsbedürfnissen von Kunden oder die Änderung der Kommunikationstechnologie von Wifi zu Kabel zur Übermittlung von Daten aufgrund von Sicherheitsbedürfnissen von Bauherren im Hausbau.

Neben den gemessenen Kennwerten können sich außerdem **neue Annahmen** in den Validierungen ergeben, die in der nächsten Iteration berücksichtigt werden müssen. Diese werden in den nächsten Iterationen der Evidenz und Wichtigkeit entsprechend bewertet und anschließend in die User Story Map und das Portfolio aus Abschnitt 5.4.2 aufgenommen.

Die ermittelten Hypothesen, zugehörige Ergebnisse und Interpretationen dieser werden im Anschluss in übersichtlicher Form dokumentiert. Das in Abschnitt 5.3.4 beschriebene Übersichtsboard kann dafür als Vorlage genutzt werden. Bild 5-32 zeigt exemplarisch die durchgeführte Dokumentation.

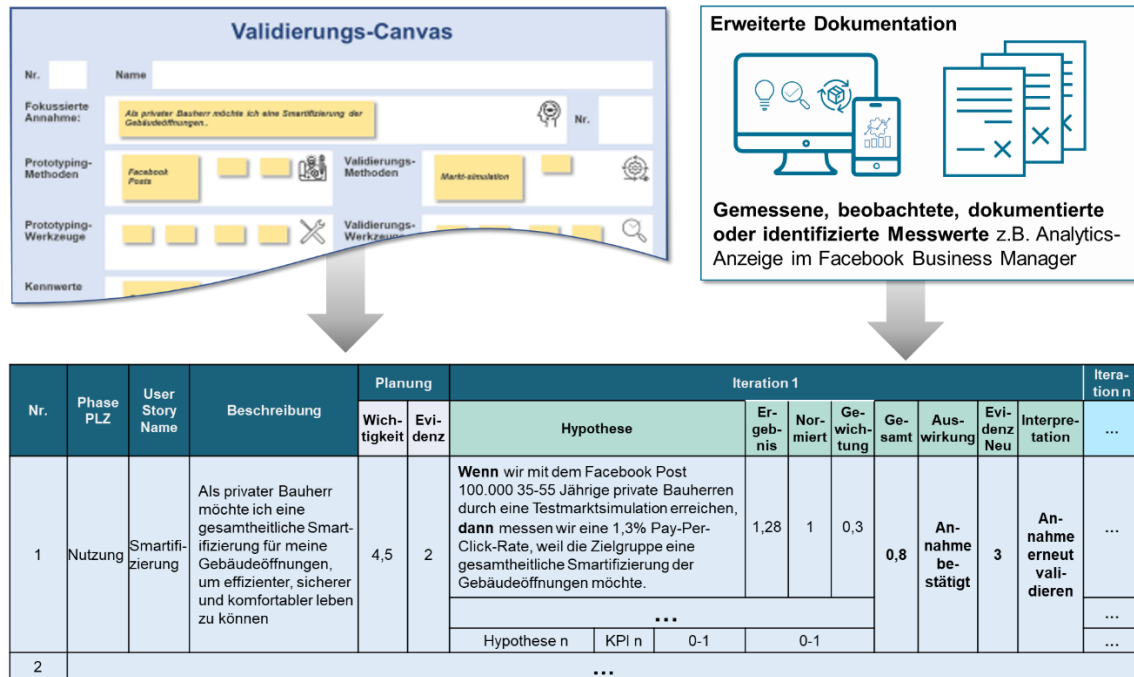


Bild 5-32: Ergebnisdokumentation im Übersichtsboard

5.4.6 Phase 6: Synthese und Übergabe

Wurden die Annahmen im Rahmen der Validierung bestätigt und existiert genug Evidenz zur Absicherung des Erfolgs, können die gesammelten Ergebnisse in einem nächsten Schritt an die nächste Entwicklungseinheit übergeben werden.

Angelehnt an KÖSTER, werden die zentralen, entwicklungsrelevanten Ergebnisse nachvollziehbar in einem Validierungs-Roadbook festgehalten und kommuniziert [Kös14, S.143ff]. Das Roadbook beinhaltet die Dokumentation der validierten Marktleistungsidee, der Validierungsumgebungen und -konfigurationen und die gewonnen Erkenntnisse aus den einzelnen Iterationen. Das Validierungs-Roadbook ist in Bild 5-33 dargestellt.

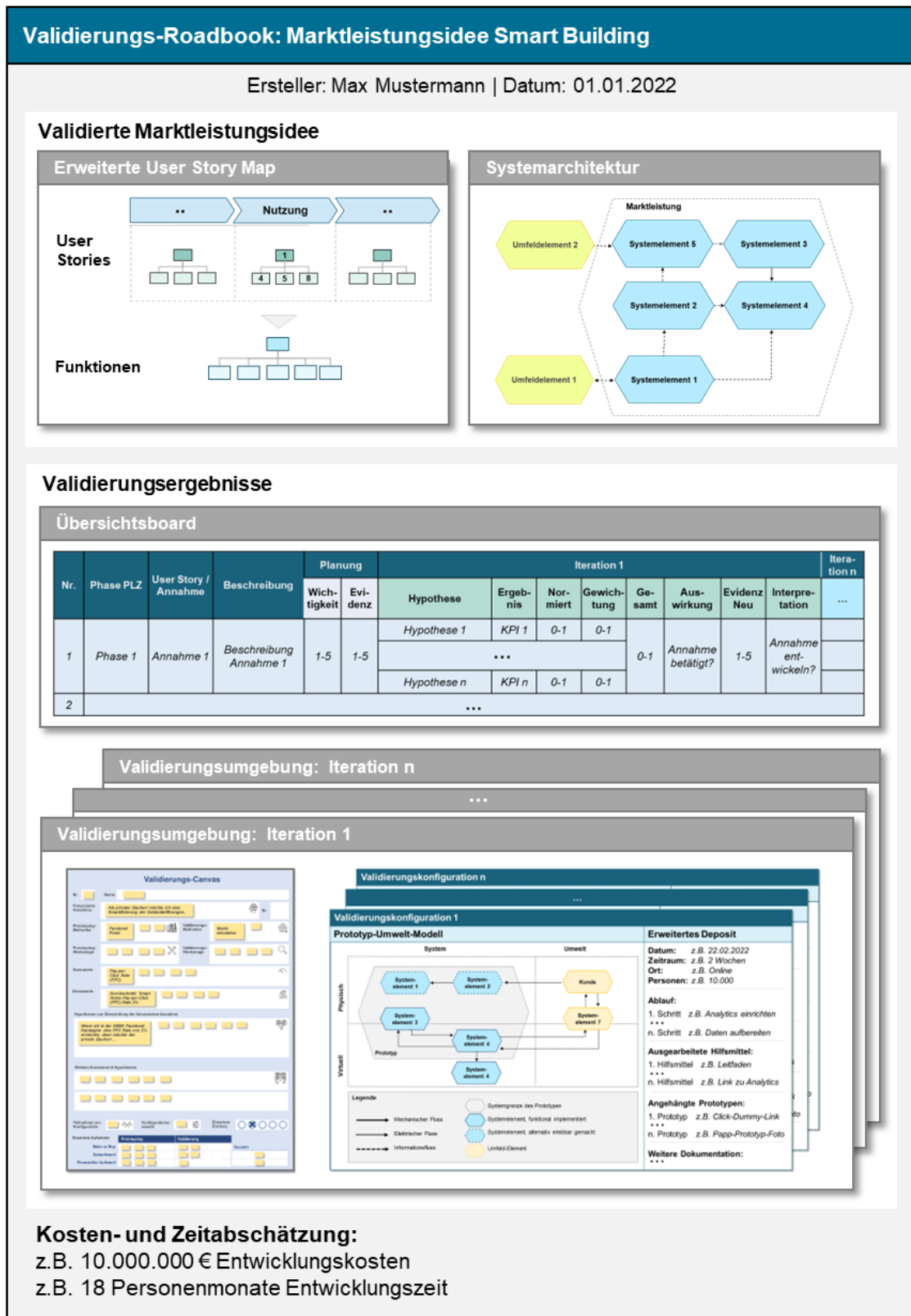


Bild 5-33: Zusammengefasste Ergebnisse im Validierungs-Roadbook

Der Bereich der Marktleistungsidee umfasst die finalen, validierten und priorisierten User Stories in Form der **User Story Map**, die die kundenseitigen Anforderungen strukturiert

und nachvollziehbar zusammenfasst. Die finale **Systemarchitektur** enthält die notwendigen Funktionalitäten zur Erreichung der kundenseitigen Anforderungen und eine Historie der Spezifikation dieser.

Der Bereich der Validierung umfasst zum einen die übersichtliche Dokumentation der Kernergebnisse aus den einzelnen Iterationen durch das **Übersichtsboard**. Die darin dokumentierte Historie von falsifizierten und bestätigten User-Stories geben dem Entwickler die Möglichkeit, Anforderungsentscheidungen nachzuvollziehen und diese in der konkreten Entwicklung zu berücksichtigen. Zum anderen wird in diesem Bereich die erarbeiteten **Validierungsumgebungen und -konfigurationen** für eine Übergabe aufbereitet und dokumentiert. Diese enthalten die Validierungs-Canvas, die Prototyp-Umfeld-Modelle und erweiterten Dokumentationen der Validierungskonfigurationen. Die entstandenen Spezifikationen der Systemelemente und die Verlinkung zu entwickelten Prototypen enthalten nutzbares Wissen für die anschließende Produktkonzipierung- und -entwicklung.

Durch die Nutzung der Spezifikationstechnik CONSENS zur Dokumentation von Marktleistungsidee und Validierungskonfigurationen ist eine verständliche und nachvollziehbare Kommunikation an die Entwicklung sichergestellt. Der Wissenstransfer und die direkte Verwertung in der Konzipierung und Entwicklung sind durch den gewählten Systems-Engineering Ansatz gewährleistet.

Die gewonnenen Erfahrungen in den einzelnen Iterationen resultieren abschließend in einer Kosten- und Zeitabschätzung für die eigentliche Entwicklung der Marktleistung. Das Validierungs-Roadbook beschreibt damit einen Entwicklungsauftrag, der alle notwendigen, nachzuvollziehenden Ergebnisse für die Entwicklung integriert (Anforderungen, Funktionalitäten Kosten- und Entwicklungsziele, vgl. Abschnitt 3.6). Je nach bestehender Organisationsform im Unternehmen folgt im Anschluss an die Systematik der klassische oder agile Entwicklungsprozess, New Business Development, Mergers & Acquisition oder Open Innovation (vgl. Abschnitt 3.3.1) [GDE+19, S. 56]).

6 Anwendung und Bewertung

In diesem Kapitel wird die vorgestellte *Systematik zur frühen Validierung von Marktleistungsideen für technische Systeme in etablierten Unternehmen* auf die konkrete Problemstellung im Transferpilot-Projekt Inventor angewendet. Ausgangspunkt der Anwendung ist ein bestehendes Ideen-Backlog eines etablierten Unternehmens, welches Aluminiumsysteme für Gebäudeöffnungen (z.B. Fenster, Türen, Rollläden) herstellt (vgl. Abschnitt 6.1). Die Systematik wurde im Rahmen des Forschungsprojekts in drei Iterationen angewendet (vgl. Abschnitt 6.1.1-6.1.4). Da eine ausführliche Darstellung aller drei Iterationen den Rahmen der Dissertation übersteigen würde, wird die Anwendung anhand der ersten Iteration gezeigt. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt aus Geheimhaltungsgründen abstrahiert bzw. anhand veränderter Ergebniswerte. Abschließend erfolgt die Bewertung anhand der in der Problemanalyse definierten Anforderungen.

Neben dem nachfolgend gezeigten Anwendungsbeispiel wurden Teile der Systematik in über 20 durchgeführten Makeathons und weiteren Industrieprojekten innerhalb der Innovationslabore IdeenTriebwerk und innovationlabs.my validiert (vgl. Auflistung in Anhang A1 und A2). Der Raum und das Konzept der Labore sind dabei am Vorgehensmodell der Systematik orientiert. Des Weiteren ist auf Grundlage der Systematik ein Schulungsformat für den effektiven Wissenstransfer in die Industrie entstanden, der bereits vier Mal erfolgreich durchgeführt und von Teilnehmern positiv bewertet wurde.

6.1 Anwendungsbeispiel

Das betrachtete Unternehmen ist ein Anbieter von Aluminium-Profilsystemen für Rollläden, Rolltore, Fenster, Türen und Fassaden. Als etabliertes, mittelständisches, produzierendes Unternehmen, sind Innovationen mehr denn je Voraussetzung für den nachhaltigen Geschäftserfolg [GDE+19]. Wesentlicher Treiber für den Innovationsdruck ist die zunehmende, durch die Digitalisierung induzierte Smartifizierung von Gebäuden und der damit verbundene Wandel hin zu intelligenten technischen Systemen. Um den Geschäftserfolg langfristig zu sichern und nachhaltige Wettbewerbsvorteile zu erzielen, ist das Unternehmen darauf ausgerichtet, exakt auf die Kundenbedürfnisse zugeschnittene Lösungen zu entwickeln und anzubieten. Deshalb war das Unternehmen bestrebt die vorgestellte Systematik anzuwenden und den Kunden damit möglichst früh im Innovationsprozess zu integrieren. Übergeordnetes Ziel war dabei die Unsicherheiten für die Begehrlichkeit einer auszuwählenden Marktleistungsidee eines technischen Systems zu reduzieren.

Der Ausgangspunkt für die Anwendung der Systematik im Unternehmen ist ein Ideen-Backlog mit über 100 Ideen. Dieses liegt unstrukturiert, unbewertet und online in einem Ideen-Management-Tool ab. Die darin beschriebenen Ideen resultieren aus verschiedensten Quellen wie Produktfindungs-Workshops, eingereichten Mitarbeiter-Skizzen, aus dem Vertrieb, Marketing, der Entwicklung, Strategie, Geschäftsführung oder weiteren Bereichen des Unternehmens. Aufgrund der Anzahl der Ideen und den existierenden Unsicherheiten zur Begehrlichkeit bestand die Herausforderung einer frühzeitigen Auswahl

der vielversprechendsten Idee und die dazu gehörende Definition von kundenseitig-validierten Anforderungen, Funktionalitäten, Zeit und Kostenzielen. Die im Rahmen der Anwendung ausgewählte Marktleistungsidee beschreibt technologisch ein Retrofit-System zur Smartifizierung bestehender, eingebauter Rollläden des Unternehmens. Diese wird im Folgenden als *Smarter Rollläden* bezeichnet.

6.2 Phase 1: Ideen-Analyse

In einem ersten Schritt werden die Ideen des Unternehmens in einer strukturierten Tabelle inklusive einer Nummerierung, Ideenbeschreibung, Ideen-Quelle und Datum aufgelistet. Anschließend werden alle Ideen, die keine Marktleistungsideen für technische Systeme darstellen, gefiltert. So können Ideen wie die Smartifizierung der Rollläden (Nr. 1) klar in neue Marktleistungen münden. Der B2B-Webshop (Nr. 2) für die eigenen Produkte stellt jedoch eine Idee dar, die die Verbesserung von Prozessen adressiert. Diese ist für die weitere Betrachtung nicht weiter relevant. Anschließend werden Personas zu den Kunden dokumentiert, um den prinzipiellen Zugang zu Kunden zu überprüfen, der für eine Validierung notwendig ist. So ist die Zielgruppe für die Smartifizierung der Rollläden (Nr.1) der wohlhabende Hausbesitzer, zu dem prinzipieller Zugang über z.B. Netzwerk-kontakte oder Facebook gegeben ist. Die Konsolidierung und anschließende Überprüfung finden in einem gemeinsamen virtuellen Workshop mit dem Unternehmen statt. Bild 6-1 zeigt einen vereinfachten Ausschnitt aus der darin erarbeiteten Ideen-Liste.

Nr.	Ideen-Beschreibung	Ideen-Quelle	Datum	Marktleistungsidee für technische Systeme?	Persona des Kunden	Potenzieller Zugang?
1	Plug&Play WLAN-Modul + App für die automatisierte oder manuelle mobile Steuerung von Rollläden	Christian Sommer, Business Development	14.03.2020	ja	Hausbesitzer, Wohlhabend, Männlich, 35-55, B2C	ja
2	B2B Webshop für Rollläden Produkte	Robert Aras, Marketing	12.04.2020	Nein	Wohlhabend, Männlich, 35-55, Hausbesitzer, B2C	ja
3	White-Label-Motor mit WLAN-Anschluss für Rollläden	Emre Sagen, Digital Strategy	08.04.2020	Ja	Investor für große Wohngebäude, 40-63, B2B	ja
3.1					Architekt, der das Gebäude plant	Ja
.....						

Bild 6-1: Vereinfachter Ausschnitt der Ideen-Liste im Inventor-Projekt

Insgesamt werden 104 Ideen gesichtet und gefiltert. Im Anschluss an die erste Filterung werden die übrig gebliebenen 27 Marktleistungsideen in das in Abschnitt 5.4.1 vorgestellte Portfolio eingeordnet. Ziel ist die Auswahl der Marktleistungsidee, die in der Validierung fokussiert werden soll. Bild 6-2 zeigt die erarbeiteten Ergebnisse.

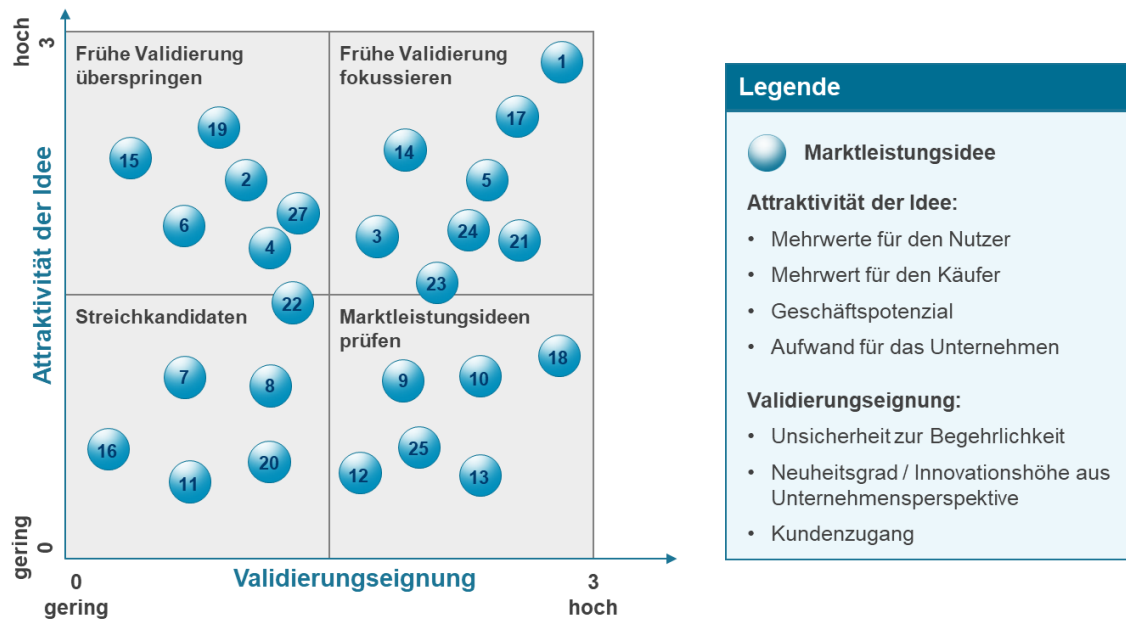


Bild 6-2: Bewertete Ideen aus dem Marktleistungsideen-Portfolio

Attraktivste und gleichzeitig für die Validierung geeignetste Marktleistungsidee ist ein **Retrofit-System zur Smartifizierung der Rollläden** in privaten Bauvorhaben (Smarter Rollläden, Nr. 1). Im Rahmen der **Attraktivitätsbewertung** wird der Mehrwert für den Nutzer und Käufer (In diesem Fall sind beide dieselbe Persona) durch das Unternehmen sehr hoch bewertet, da ein außerordentlicher Comfort, Sicherheit und eine Effizienzsteigerung erwartet wird. Das Geschäftspotenzial wird ebenfalls als sehr hoch eingestuft, da jeder Bauherr für die Lösung in Frage kommt, der bestehende elektrische Rollläden besitzt. Der geschätzte Aufwand zur Markteinführung fällt dagegen gering aus, da angenommen wird, dass das notwendige Retrofit-Konnektivitäts-Modul und die zugehörige Applikation mit geringen Kosten entwickelt werden können. Abschließend werden Mehrwert und Potenzial dem Aufwand gegenübergestellt, mit dem Ergebnis, dass eine sehr hohe Attraktivität für die Idee existiert. Innerhalb der Bewertung der **Validierungseignung** wird die Gesamt-Unsicherheit zur Begehrlichkeit als sehr hoch eingestuft. Grund dafür ist, dass bisher noch keine Kunden gefragt oder Studien für den Wissensaufbau hinsichtlich der Begehrlichkeit der Marktleistungsidee durchgeführt wurden. Der Kundenzugang und der Neuheitsgrad bzw. die Innovationshöhe Seitens des Unternehmens sind sehr hoch eingestuft. Grund dafür sind unter anderem die notwendige Sensorik, Kommunikationsmodule, Cloud-Anbindung und das User-Interface, die das Unternehmen bisher noch nicht im entwickelt und angeboten haben.

Die ausgewählte Marktleistungsidee wird in einem nächsten Schritt durch User-Stories detailliert. Die User Stories beschreiben Annahmen zu Zielen und Wünschen des privaten Bauherrn in Bezug auf den Lebenszyklus der Smarter Rollläden Marktleistungsidee. Im Rahmen mehrerer Workshops wurden mehr als 100 definierte User Stories zu Begehrlichkeitsaspekten der Marktleistungsidee entlang des Produktlebenszyklus aus Kundensicht. Bild 6-3 zeigt einen Ausschnitt aus der erarbeiteten User-Story-Map.

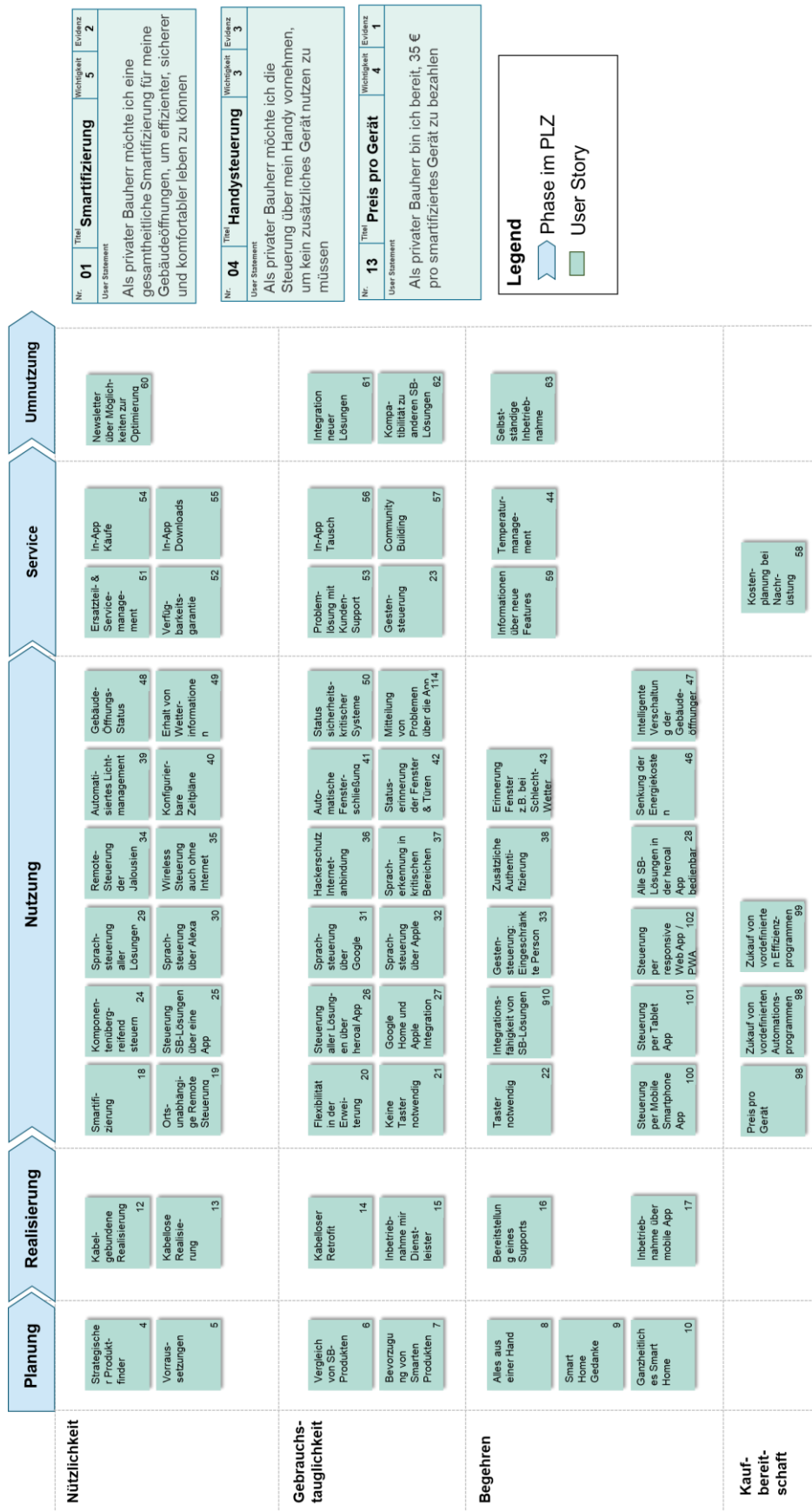


Bild 6-3: Auszug aus der User Story Map für die Smarter Rollläden Marktleistungs-idee

Der Produktlebenszyklus beginnt mit der **Planung** der Smartifizierung der eigenen Rollläden. Für die Planungsphase werden insgesamt 12 User Storys generiert. Ein Beispiel ist die Annahme, dass der private Bauherr bei der Planung der Smartifizierung alles aus einer Hand haben möchte, um eine Kompatibilität der Systeme zu gewährleisten. Es folgt die **Realisierung** des Systems, indem alle Aktivitäten des Baus und der Installation umgesetzt werden. Hier werden insgesamt 6 User Stories generiert. Ein Beispiel ist, dass der private Bauherr die Inbetriebnahme der zukünftigen Marktleistung über eine App laufen lassen möchte, um direkt vor Ort Unterstützung zu erhalten. Im Rahmen des **Betriebs** werden die Gebäudeöffnungen gesteuert. Für die Betrieb-Phase entstehen insgesamt 70 User Storys. Ein Beispiel ist die User-Story, dass prinzipielles Interesse an der Marktleistung besteht, um mehr Comfort, Sicherheit und Effizienz für den privaten Bauherren in der Gebäudenutzung zu erhalten. Des Weiteren werden 11 User Storys in der **Service**-Phase und 5 weitere für die **Umnutzung** dokumentiert.

Die Annahmen werden daraufhin auf gegenseitige Verbindung geprüft, indem die in Abschnitt 5.4.1 beschriebene Matrix angewendet wird. Ziel ist die Strukturierung und Einflussermittlung der einzelnen Annahmen, um einen besseren Überblick zu erhalten und eine Priorisierung durchzuführen. Bild 6-4 zeigt einen Auszug der ausgefüllten Matrix.

Bewertungsmatrix																
Fragestellung: Ist User Story i (Zeile) eine Detaillierung von User Story j (Spalte)? 1: i ist eine Detaillierung von j 0: i ist keine Detaillierung von j 0: i und j widersprechen sich		Annahmen	Smartifizierung	Handysteuering	Preis pro Gerät	Produktfinder	Nachträglich Smart	Vergleich	Bevorzugt Smart	Alles aus einer Hand	Smart Home Gedanke	Ganzheitlichkeit	Entscheidung	Kabelgeb. Realisierung	Kabellose Realisierung	...
		Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	:
Annahmen		Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	:
Smartifizierung		1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Handysteuering		2	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Preis pro Gerät		3	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Produktfinder		4	0	0	0		0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Nachträglich Smartifizierung		5	1	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
Vergleich		6	0	0	0	1	0		0	1	0	0	1	0	0	
Bevorzugt Smart		7	0	0	0	0	0	1		0	0	0	1	0	0	
Alles aus einer Hand		8	0	0	0	1	0	0	0		0	1	0	0	0	
Smart Home Gedanke		9	1	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	
Ganzheitlichkeit		10	1	0	0	0	0	0	0	0	1		0	0	0	
Entscheidung		11	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0		0	0	
Kabelgebundene Realisierung		12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	
Kabellose Realisierung		13	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
...														

Bild 6-4: Gegenseitige Annahmen-Einflüsse der Smarter Rollläden Idee

Es stellt sich heraus, dass Annahme zwei (Der private Bauherr hat grundsätzliches Interesse an eine Smartifizierung der Rollläden, um mehr Komfort, Sicherheit und Effizienz in der Gebäudenutzung zu haben) den größten Einfluss auf andere Annahmen ausübt und

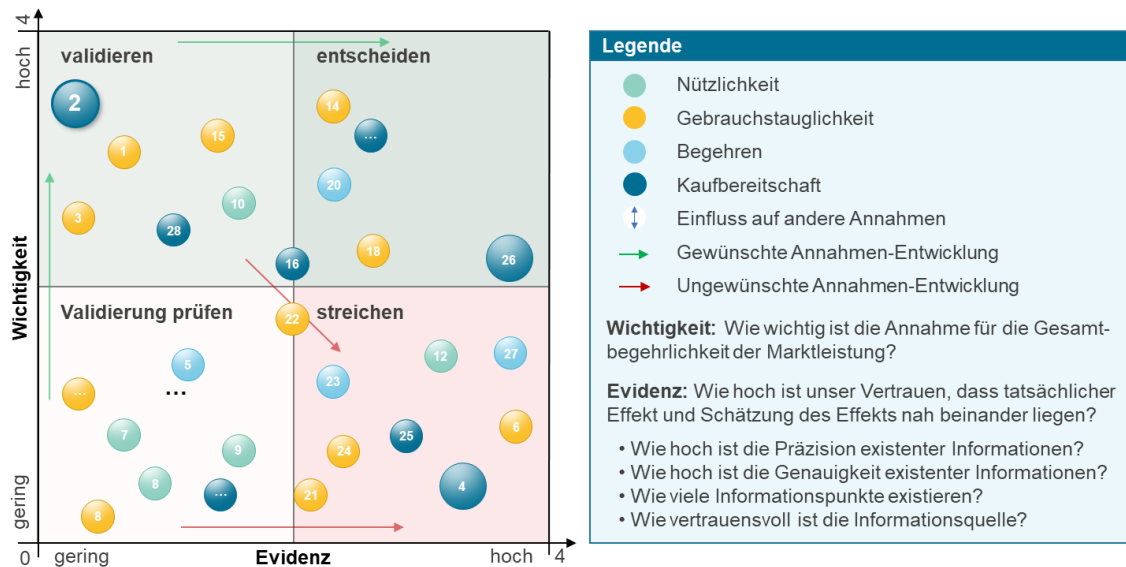


Bild 6-5: Ausgefülltes Auswahl-Portfolio für die Annahmen der Smarter Rollläden Idee

Die Analyse ergibt, dass die Annahme zu **User Story zwei**, die Annahme mit der größten Unsicherheit und Wichtigkeit ist und damit **priorisiert** validiert wird. Es stellen sich zudem Annahmen im Bereich **streichen** heraus, die eine hohe Evidenz bei gleichzeitig sehr geringer Wichtigkeit im Sinne der Gesamtbegehrlichkeit aufweisen. Ein Beispiel dafür ist die ergonomische Form des Konnektivitäts-Moduls. Da dieses versteckt hinter dem Taster installiert ist und keine Ergonomie-Funktionen im Betrieb benötigt werden. Diese Annahme wurde als User-Story gestrichen, um vorhandene Ressourcen auf die Umsetzung der wichtigsten User-Stories zu begrenzen und damit die effiziente Entwicklung von Prototypen zu ermöglichen. Annahmen, die im Bereich **Validierung prüfen** oder **validieren** eingeordnet sind, werden, abhängig von der später definierten Validierungsumgebung, in die Validierung einbezogen. Dazu gehört beispielsweise die Annahme, dass Kunden einen Preis von 35€ pro Modul bezahlen, um ein Produkt zu erwerben. Aufgrund des später definierten Prototypen *Landingpage*, bietet sich die aufwandsarme Überprüfung dieser an und wird deshalb im späteren Verlauf in das Experiment integriert. Die Annahme, dass der Kunde eine Spracherkennung zur Steuerung wünscht, um mehr Comfort im Wohnhaus zu haben, wurde im späteren Experiment nicht integriert. Grund dafür ist, dass zur Überprüfung eine differenzierte Befragung notwendig wäre, die bei der später definierten Validierungsumgebung nicht erfüllt werden kann.

Aufbauend auf den Ergebnissen und gegebenen Rahmenbedingungen im Unternehmen wird anschließend die Auswahl der notwendigen Validierungs- und Prototyping-Methode durchgeführt. Dafür wird das in Abschnitt 5.2.5 vorgestellte Software-Werkzeug angewendet. Aufgrund von Restriktionen, gestellt durch die Geschäftsführung zur Umsetzung von Prototypen, wird mit der Auswahl der Prototyping-Methoden begonnen (Stoßrichtung 2, vgl. Abschnitt 5.4.2). Bild 6-7 zeigt die ausgewählten, gewichteten Kriterien und empfohlene Ergebnisse im Software-Werkzeug.

...

Prototyping-Steckbrief XX: Pitchdeck

Prototyping-Steckbrief XX: Werbevideo

Prototyping-Steckbrief XX: Facebook-Post

Prototyping-Steckbrief 40: Fake Landing Page

Ausgefüllte Abfragemaske zur Prototyping-Methoden-Auswahl im Software-Werkzeug

Annahmetyp und Betrachtungsschwerpunkt	Nützlichkeit	Gebrauchstauglichkeit	Begehren	Kaufbereitschaft
Haupt-User-Story	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Unter-User-Story	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nr.	Fragestellung	Werte	Gewichtung	Ignorieren
1	Welche Wertschöpfung bedingt die Idee?	<input checked="" type="checkbox"/> Hardware <input checked="" type="checkbox"/> Software	0,1	<input type="checkbox"/>
2	Welcher Marktleistungstyp wird adressiert?	<input checked="" type="checkbox"/> Sachleistung <input type="checkbox"/> PSS <input type="checkbox"/> Dienstleistung	0,1	<input type="checkbox"/>
3	Welches Cluster eignet sich zur Validierung der Annahme?	<input type="checkbox"/> Fiktionale G. <input type="checkbox"/> Physische nicht funkt. Gestalt <input type="checkbox"/> Konzeptmodelle <input type="checkbox"/> Vertriebsimulation <input type="checkbox"/> Virtuelle nicht funkt. Gestalt <input type="checkbox"/> Funkt. Repräsentation		<input checked="" type="checkbox"/>
4	Auf welchen Kompetenzen kann zurückgegriffen werden?	<input type="checkbox"/> Design <input type="checkbox"/> Elektrotechnik <input type="checkbox"/> IT <input type="checkbox"/> Maschinenbau		<input checked="" type="checkbox"/>
5	Existieren bereits technische Grundlagen zur Erstellung des Prototypen?	<input type="checkbox"/> Keine Grundlage <input type="checkbox"/> Interne Lösung <input type="checkbox"/> Wettbewerbslösung <input type="checkbox"/> Bestehende Marktleistung		<input checked="" type="checkbox"/>

Nr.	Fragestellung	1	2	3	4	5	Gewichtung	Ignorieren
5	Wie viel Budget steht für die Entwicklung zur Verfügung?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,2	<input type="checkbox"/>
6	Wie viel Zeit steht für die Entwicklung zur Verfügung?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,2	<input type="checkbox"/>
7	Wie muss die visuelle Wiedergabetreue des Prototypen sein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,1	<input type="checkbox"/>
8	Wie muss die auditive Wiedergabetreue des Prototypen sein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
9	Wie muss die haptische Wiedergabetreue des Prototypen sein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
10	Welche Funktionstiefe muss der Prototypen vorweisen?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,1	<input type="checkbox"/>
11	Welchen Funktionsumfang muss der Prototyp vorweisen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0,2	<input type="checkbox"/>
12	Wie interaktiv soll das Eingabeverhalten des Prototypen sein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
13	Wie interaktiv soll das Ausgabeverhalten des Prototypen sein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>

Reihenfolge der empfohlenen Methoden im Software-Werkzeug

Bild 6-7: Ausgefüllte Auswahlmaske und resultierte, empfohlene Prototyping-Methoden

Der in Abschnitt 5.4.2 beschriebenen Auswahl-Logik folgend, empfiehlt das Tool-Werkzeug den Prototypen Fake Landing-Page (PM33). Weitere, niedriger priorisierte Empfehlungen sind ein Werbe-Video (PM37), Social Media Werbung (PM26) und ein Pitchdeck (PM32). Folglich entschied sich das Unternehmen für die Methode **Fake-Landing-Page**.

Auf Grundlage der im Steckbrief enthaltenden Kombinationsmöglichkeiten wurden im Rahmen eines Workshops die notwendige Validierungsmethode und weitere Prototyping-Methoden festgelegt und in der Validierungs-Canvas dokumentiert. Der **Online-Testmarkt** (VM22) wurde als Validierungsmethode ausgewählt. Grund dafür ist, dass dieser, neben der bestehenden Kombinierbarkeit zur ausgewählten Prototyping-Methode, auch den Anforderungen des Unternehmens hinsichtlich zu erreichender Evidenz und möglicher Teilnehmeranzahl entspricht. Im Rahmen eines Testmarkts soll durch die Prototypen der Eindruck bei Kunden entstehen, dass das Produkt bereits zum Verkauf steht. Zur weiteren Ausprägung wurden ebenfalls die kombinierbaren Prototyping-Methoden

Werbevideo und **Facebook** Posts ausgewählt. Aufgrund der Virtualität der Prototypen entscheidet sich das Unternehmen für eine virtuelle Durchführung des Experiments durch beworbenes Werbebudget auf der sozialen Plattform Facebook.

Zur Überprüfung der Annahme werden anschließend **unterschiedliche Kennwerte (KPIs)** festgelegt. Die KPIs werden aus den Validierungssteckbriefen zum Testmarkt entnommen und auf den situativen Kontext der Validierungsumgebung angepasst. Die Kennwerte für die Annahme beziehen sich auf die Erfolgsmessung eines virtuellen Vertriebsfunnels. Ausgewählte Beispiele sind die Pay-per-Click-Rate der Facebook-Posts, oder die Total-Akquisition-Costs zu versuchten Käufen der Marktleistung auf der Fake-Landing-Page. Für die **Grenzwert**-Ermittlung der einzelnen KPIs wurden mögliche Ansätze in den Methoden-Steckbriefen gesichtet. Der vorgeschlagene Ansatz *Grenzwertermittlung durch Statistiken und Studien* wurde ausgewählt. Anschließend werden Durchschnittswerte der Smart-Building-Branche aus Statistiken und Studien online recherchiert. Die ermittelten Durchschnittswerte werden dabei als zu erreichende Grenzwerte der KPIs festgelegt, bei dem eine Hypothese positiv validiert wird.

Auch werden, inspiriert durch Vorschläge aus den Methoden-Steckbriefen, notwendige **Tools** abgeleitet, die eine KPI-Messung ermöglichen. Als Werkzeug zur Messung des Kundenverhaltens auf der Landing-Page wird Website-Analytics, im speziellen Matomo-Analytics gewählt. Weiteres ausgewähltes Analyse-Tool ist der Meta-Business-Manager. Dieser wird zur Einrichtung notwendiger Kampagnen und zur Messung des Kundenverhaltens auf der sozialen Plattform Facebook genutzt. Im Rahmen des Planungsworkshops wird des Weiteren festgelegt, dass ein Budget von 2000€ für die Werbekampagne eingesetzt und ein Durchlauf vorgenommen wird. Auf Grundlage der Steckbriefe wurden ebenfalls Werkzeuge für das Prototyping ausgewählt. Für den Aufbau der Website wurde Wordpress gewählt, da dies in den bestehenden Strukturen des Unternehmens bereits als Standard festgelegt ist. Adobe Photoshop und Premier wurden zur Ausgestaltung notwendiger Medien, wie dem Werbevideo oder den Bildern auf der Website, ausgewählt.

Anschließend werden **weitere Annahmen**, die im Zusammenhang der Kernannahme stehen und aufwandsarm integriert werden können, zur Validierungs-Canvas hinzugefügt. Ein Beispiel ist die Annahme zur Kaufbereitschaft eines Smarter-Rollläden Moduls für 45€. Als Grundlage für die Entscheidung dient die in Abschnitt 5.4.1 gezeigte Bewertungsmatrix und die definierte Validierungsumgebung. Zur Überprüfung der hinzugefügten Annahmen werden notwendige KPIs und Grenzwerte definiert und dokumentiert. Ein Beispiel ist die Total-Akquisition-Cost, als KPI zur Überprüfung der Annahme, dass der Kunde die Marktleistung für 45€ erwerben will. Der Grenzwert zur positiven Validierung wurde, angelehnt an Studienwerten der Smart-Building-Branche, auf 10€ festgesetzt. Der festgehaltene Plan für die Validierungsumgebung wird in der Validierungs-Canvas auf Post-Its dokumentiert und anschließend digitalisiert. Bild 6-8 zeigt anhand des Smarter-Rollläden Beispiels die ausgefüllte Validierungs-Canvas der geplanten Validierung.

Validierungs-Canvas

Nr. **1**

Name **Smarter Rollläden**

Fokussierte Annahme:

Als privater Bauherr möchte ich eine Smartifizierung der Gebäudeöffnungen..

Nr. **2**

Prototyping-Methoden

Fake-Landing-Page

Face-book Posts

Pro-dukt-Bild

Werbe-video

Validierungs-Methoden

Markt-simulation

Prototyping-Werkzeuge

Word-press

Adobe Photo-shop

Adobe Premier

Validierungs-Werkzeuge

Meta-Business-Manager

Matomo-Analytics

Kennwerte

Click-Through-Rate (CTR)

Cost Per Click (CPC)

Pages Per Visit (PPV)

Cost per Lead (CPL)

Website-Zeit (WZ)

Grenzwerte

Durchschn. Smart Home CTR: 3%

Durchschn. Smart Home CPC: 2%

Durchschn. Smart Home PPV: 5

Durchschn. Smart Home CPL: 70€

Durchschn. Smart Home WZ: 5 Min.

Hypothesen zur Überprüfung der fokussierten Annahme

Wenn wir mit dem Facebook Post 100.000 private Bauherren in der Marktsimulation erreichen, dann messen wir 3% CTR, weil die Zielgruppe eine gesamtheitliche Smartifizierung der Gebäudeöffnungen möchte.

Wenn..., dann messen wir 2% CPC, weil

Wenn..., dann messen wir 5 PPV, weil

Wenn..., dann messen wir 70€ CPL, weil

Wenn..., dann messen wir 5 Min. WZ, weil

Weitere Annahmen & Hypothesen

Der private Bauherr möchte 45€ bezahlen, um die Marktleistung zu erwerben

Wenn wir mit dem Facebook Post 100.000 private Bauherren in der Marktsimulation erreichen und diese auf die Landing Page geleitet werden, dann messen wir 4,8€ Product Acquisition Cost (PAC), weil die Zielgruppe die Marktleistung für 45€ erwerben möchte

Wenn..., dann messen wir 4% Lead Conversion Rate, weil

Wenn..., dann messen wir 3,5% Sales Page Conversion Rate, weil

Teilnehmer pro Konfiguration

100.000

Konfigurations-anzahl

1

Erwartete Evidenz

	Prototyping	Validierung	
Make or Buy	Buy	Buy	Gesamt
Zeitaufwand	15 Tage	14 Tage	29 Tage
Finanzieller Aufwand	18.000 €	2.000 €	20.000 €

Bild 6-8: Validierungs-Canvas für die definierte Validierungsumgebung

Nachdem die Validierungsumgebung in der Validierungs-Canvas festgelegt ist, wird in einem nächsten Schritt die Make-or-Buy-Entscheidung zur Umsetzung dieser durchgeführt. Dazu wird das in Abschnitt 5.4.2 beschriebene Kompetenz-Portfolio angewendet. Ergebnis ist, dass für den Aufbau der Validierungsumgebung und die Durchführung der Validierung ein relativ geringes Kompetenzniveau in der Abteilung festgestellt wird. Die strategische Relevanz wird jedoch sehr hoch eingeschätzt, da Pull-Validierungen dieser

Art zukünftig fester Bestandteil in der Organisationseinheit sein sollen. Aus diesem Grund ist eine Kooperation mit einem Forschungsinstitut angestrebt, der die Aufgaben des Aufbaus und der Umsetzung übernimmt, mit dem Ziel langfristig die Kompetenzen eigenständig im Unternehmen zu beherrschen.

6.4 Phase 3: Validierungsaufbau

In der dritten Phase wird zunächst auf Grundlage der Systemarchitektur und der Validierungs-Canvas die notwendige **Validierungskonfiguration** zur Validierungs-Durchführung spezifiziert. Dazu wurden relevante Systemelemente zur Spezifikation der Marktleistungsidee innerhalb des Prototypens (z.B. *WLAN-Modul*, *App*, *Cloud*, welche im Prototypen *Landingpage* beschrieben ist), zur Erhebung notwendiger Daten (z.B. *Matomo Analytics*, *Facebook*) und weitere relevante Konfigurations-Elemente wie *Entwickler* und *Kunde* innerhalb des Prototyp-Umfeld-Modells spezifiziert und in Verbindung gesetzt. Bild 6-9 zeigt einen Ausschnitt des abgeleiteten Prototypen-Umfeld-Modells der Validierungskonfiguration für die Smarter Rollläden Marktleistungsidee.

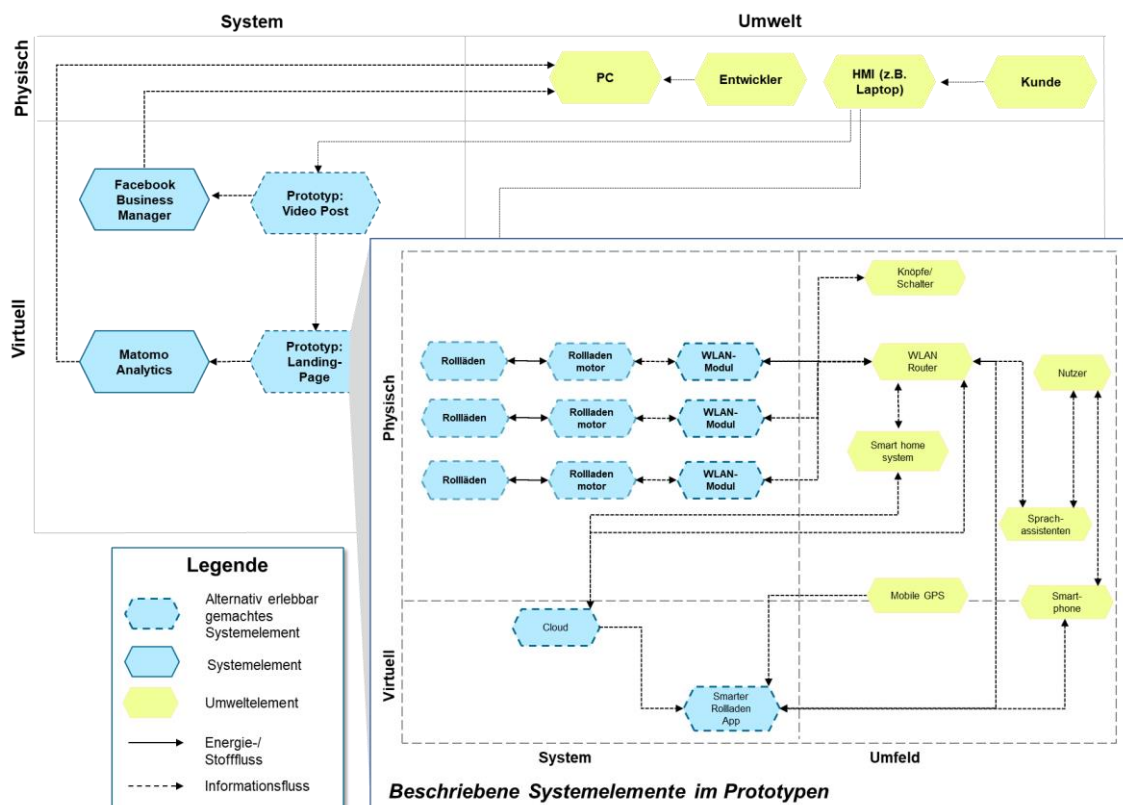


Bild 6-9: Prototyp-Umfeld-Modell für die Smarter Rollläden Idee

Neben dem gezeigten Aufbau wurden des Weiteren der genaue Ablauf des Experiments geplant und im erweiterten Deposit dokumentiert. Im Folgenden wird dieser kurz zusammengefasst.

1. Der private Bauherr wird durch eine bezahlte Video-Werbekampagne auf Facebook über sein Smartphone oder ein anderes Endgerät auf die Marktleistung des Smarter Rollläden-Systems aufmerksam gemacht.
2. Ein Klick an einem am Facebook-Post angehängten Mehr-Button ermöglicht dem potenziellen Kunden auf den Landingpage-Prototypen zu gelangen.
3. Hat der potenzielle Kunde auf den Button geklickt, gelangt er auf den Landing-Page-Prototypen, der die Marktleistungsidee in ihren Systemelementen, Funktionen, Vorteilen und Preis Marketing-gerecht visualisiert und beschreibt. Dem Kunden wird dadurch eine echte, ausgereifte Marktleistung suggeriert.
4. Innerhalb des Landing-Page-Prototypen besteht für den Kunden die Möglichkeit, das Produkt für einen Preis von 60€ zu kaufen.
5. Klickt dieser auf den „Kaufen“-Button, wird das Experiment aufgelöst

Die beschriebenen Prototypen und notwendige Tools wurden gemeinsam mit einer Forschungseinrichtung implementiert. Die Inhalte der jeweiligen Methoden-Steckbriefe dienen dabei als Orientierung bei der Definition der konkreten Abläufe im Projekt. Bild 6-10 zeigt eine vereinfachte Darstellung und Verlinkung der erarbeiteten Prototypen.

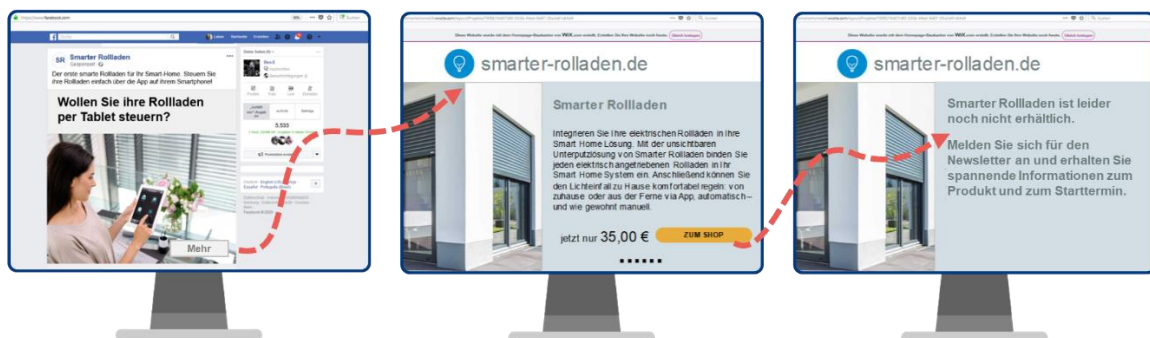


Bild 6-10: Vereinfachte Darstellung der aufgebauten Prototypen für Smarter Rollläden

Im Rahmen Prototyp-Erstellung wurde auf Marketing-, Design-, und Web-Entwicklungs-Kompetenzen zurückgegriffen. Die Erstellung der Landing-Page erfolgte durch die Unterstützung vorkonfigurierter Designs im Elementor-Plugin innerhalb einer Wordpress-Umgebung. Zur Gewährleistung der suggerierten Echtheit wurden realitätsgetreue Mock-Ups für Bedienoberflächen und Hardware erstellt und in die Landing-Page und den Facebook-Posts integriert. Auch wurde ein marketing-gerechter Name der Marktleistung, zugehöriges Logo und Design-Farben definiert und in die Landing-Page implementiert.

Zur Messung der Aktivitäten auf den gezeigten Oberflächen wurden ebenfalls die Analyse-Tools Meta-Business-Manager und Matomo-Analytics eingerichtet. Diese messen die im Experiment anfallenden Daten zur Ermittlung der in der Planung definierten KPIs. So wird beispielsweise jeder getätigte Link und Button-Click, Zeiten auf der Landingpage und versuchte Einkäufe gemessen. Ein letzter Schritt der Vorbereitung ist die Einstellung der Werbekampagnen. Es werden zu erreichende Zielgruppen (35-56, männlich, private

Bauherren), Kampagnen-Start und Ende (Zeitraum zwei Wochen) und verfügbares Budget (1000€) eingestellt und veröffentlicht. Die eingestellten Parameter werden ebenfalls im erweiterten Deposit zur nachvollziehbaren Dokumentation abgelegt.

6.5 Phase 4: Validierungsdurchführung

Die Validierung ist in dem geplanten Zeitraum von zwei Wochen durchgeführt worden. Insgesamt wird ein Werbebudget von 1086€ eingesetzt. Die in Facebook und Matomo-Analytics gemessenen Daten zur Errechnung der KPIs werden in Bild 6-11 zusammengefasst dargestellt.



Bild 6-11: Gemessene Kennwerte im Experiment

Während der Durchführung sind neben den gemessenen Kennwerten, weitere Beobachtungen dokumentiert worden. So wurde das fiktive Unternehmen durch potenzielle Kunden angeschrieben und es fand ein Austausch zur Funktionsweise, Mehrwert, Usability und Kompatibilität statt. Das Feedback mündete in Implikationen für neue Annahmen, die anschließend als neue User Stories in die User-Story-Map aufgenommen wurden.

6.6 Phase 5: Ergebnisinterpretation

Zur Bestätigung oder Falsifizierung der Hypothesen werden anschließend die gemessenen Ergebnisse in die notwendigen KPIs umgerechnet und anschließend normiert (vgl. abschnitt 5.4.5). Insgesamt wurden im durchgeführten Experiment alle definierten Grenzwerte vollumfänglich erreicht. Die normierten Ergebnisse wurden anschließend zu einem Gesamtergebnis zusammengefasst. Das Ergebnis $G_{ni} = 1$ sagt aus, dass die Annahme vollumfänglich bestätigt wurde. Eine anschließende Evidenz-Einschätzung ergab jedoch ein Gesamtergebnis von 2,6. Daraus resultiert, dass die Annahme in einem erneuten Experiment validiert werden muss, bevor eine evidente Bestätigung und damit die Entwicklung der Annahme forciert werden kann. Tabelle 6-1 zeigt die im Projekt ermittelten Kennwerte und errechneten Ergebnisse in dem Übersichtsboard.

Nr.	Phase PLZ	User Story Name	Beschreibung	Planung		Iteration 1: Marktsimulation mit Facebook Posts, Werbevideo und Landing-Page							Iteration n
				Wichtigkeit	Evidenz	Hypothese	Ergebnis	Notiert	Gewichtung	Gesamt	Auswirkung	Evidenz Neu	Interpretation
1	Nutzung	Smartifizierung	Als privater Bauherr möchte ich eine gesamtheitliche Smartifizierung für meine Gebäudeöffnungen, um effizienter, sicherer und komfortabler leben zu können	4,5	2	Wenn wir mit dem Facebook Post 100.000 35-55-Jährige private Bauherren durch eine Marktsimulation erreichen, dann messen wir eine 3% Click-Through-Rate, weil die Zielgruppe eine gesamtheitliche Smartifizierung der Gebäudeöffnungen möchte.	3,1%	1	0,2				...
						Wenn wir mit dem Facebook Post 100.000 35-55-Jährige private Bauherren durch eine Marktsimulation erreichen, dann messen wir eine 2% Cost-Per-Click-Rate, weil die Zielgruppe eine gesamtheitliche Smartifizierung der Gebäudeöffnungen möchte.	1,9	1	0,2				...
						Wenn wir mit dem Facebook Post 100.000 35-55-Jährige private Bauherren durch eine Marktsimulation erreichen und diese auf die Landing Page geleitet werden, dann messen wir eine 5 Pages-Per-Visit, weil die Zielgruppe eine gesamtheitliche Smartifizierung der Gebäudeöffnungen möchte.	5	1	0,1	1	Annahme bestätigt	2,6	Annahme erneut validieren
						Wenn wir mit dem Facebook Post 100.000 35-55-Jährige private Bauherren durch eine Testmarktsimulation erreichen und diese auf die Landing Page geleitet werden, dann messen wir 70€ Cost-Per-Lead, weil die Zielgruppe eine gesamtheitliche Smartifizierung der Gebäudeöffnungen möchte.	69€	1	0,2				...
						Wenn wir mit dem Facebook Post 100.000 35-55-Jährige private Bauherren durch eine Testmarktsimulation erreichen und diese auf die Landing Page geleitet werden, dann messen wir eine 5 Minuten Verweilzeit, weil die Zielgruppe eine gesamtheitliche Smartifizierung der Gebäudeöffnungen möchte.	5,2 Min	1	0,3				...
						Wenn wir mit dem Facebook Post 100.000 35-55-Jährige private Bauherren durch eine Testmarktsimulation erreichen und diese auf die Landing Page geleitet werden, dann messen wir eine 4,8€ Product-Acquisition-Cost, weil die Zielgruppe die Marktleistung für 45€ erwerben möchte.	4,7 €	1	0,6				...
1	Beschaffung	Smartifizierung	Als privater Bauherr möchte ich eine gesamtheitliche Smartifizierung für meine Gebäudeöffnungen, um effizienter, sicherer und komfortabler leben zu können	4,5	2	Wenn wir mit dem Facebook Post 100.000 35-55-Jährige private Bauherren durch eine Marktsimulation erreichen und diese auf die Landing Page geleitet werden, dann messen wir eine 4% Lead-Conversion-Rate, weil die Zielgruppe die Marktleistung für 45€ erwerben möchte.	3%	0,75	0,2	0,9	Annahme bestätigt	2,6	Annahme erneut validieren
						Wenn wir mit dem Facebook Post 100.000 35-55-Jährige private Bauherren durch eine Testmarktsimulation erreichen, dann messen wir eine 3,5% Sales-Page-Conversion-Rate, weil die Zielgruppe die Marktleistung für 45€ erwerben möchte.	3,6%	1	0,2				...
													...

Tabelle 6-1: Dokumentierte und interpretierte Ergebnisse im Übersichtsboard

6.7 Phase 6: Synthese

Im Anschluss an die Ergebnisinterpretation ist weiterer Evidenz-Aufbau notwendig. Aus diesem Grund wurden zwei weitere Iterationen durchgeführt, bevor eine Synthese der Ergebnisse stattfand. Da eine detaillierte Beschreibung dieser den Rahmen der Arbeit übersteigen würde, wird im Folgenden kurz auf die genutzten Methoden eingegangen.

Die zweite Iteration beinhaltete eine **Interview-Reihe** mit 15 Personen, der Prototyping-Methoden **Pitch-Deck** und **UI-Mock-Up**. Im Anschluss darauf wurde zur Validierung von Usability-Annahmen die Validierungsmethode **Lautes Denken** in Kombination mit der Prototyping-Methode **Functional Mockup** mit zehn Personen durchgeführt (vgl. Anhang A-1). Teilergebnisse im Rahmen der Durchführung wurden durch betreute Abschlussarbeiten unterstützt [AAW22], [RAE22].

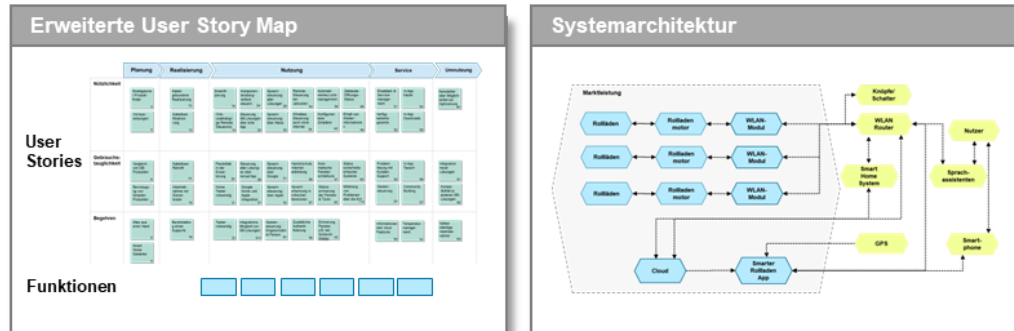
Insgesamt konnte nach der Durchführung der dritten Iteration genug Evidenz zur Bestätigung der zu überprüfenden Annahmen aufgebaut werden. Aus diesem Grund wird die Synthese der Ergebnisse zur nachvollziehbaren Dokumentation und Kommunikation vorbereitet. Die entstandenen Modelle, Prototypen und weitere relevante Ergebnisse aus den einzelnen Iterationen werden für die Entwicklung im Validierungs-Roadbook zusammengefasst. Landing- Page, Pitch-Decks und Click-Dummies inklusive Bilder der Produkt-Boxen werden ebenfalls an den jeweiligen Stellen der Validierungskonfigurationen verlinkt. Des Weiteren dienen die gewonnen Erfahrungen innerhalb der Validierungsiterationen zur Gesamtabschätzung der Kosten und Zeit für die Entwicklung.

Der Entwicklung liegt somit ein validiertes, nachvollziehbares Lastenheft vor. Neben der Dokumentation von validierten Kunden-Anforderungen und groben Funktionalitäten (User Story Map, Systemarchitektur und Prototyp-Umfeld-Modell) werden des Weiteren die aufgebauten Validierungsumgebungen und -konfigurationen in den einzelnen Iterationen nachvollziehbar dokumentiert. Bild 6-12 zeigt eine vereinfachte Darstellung Validierungsroadmap.

Validierungs-Roadbook: Marktleistungs-idee Smarter-Rollläden

Ersteller: Angelika Braun | Datum: 22.02.2022

Validierte Marktleistungs-idee



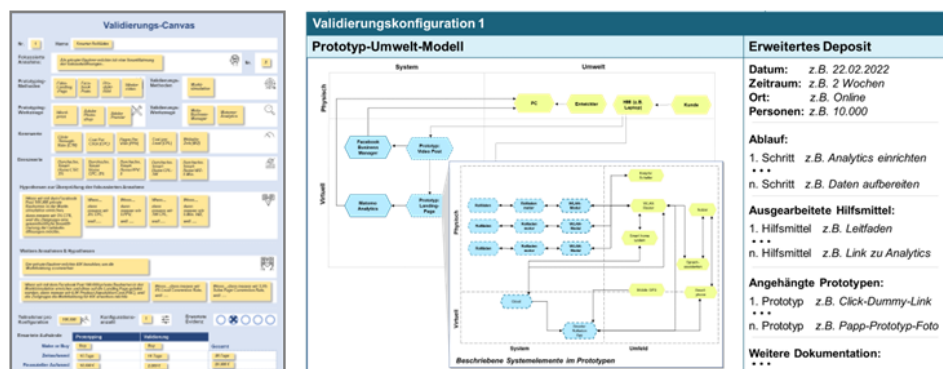
Validierungsergebnisse

Übersichtsboard																
Nr.	Phase PLZ	User Story Name	Beschreibung	Planung		Iteration 1: Marktsimulation mit Facebook Posts, Werbevideo und Landing-Page										Iteration n
				Wich-tigkeit	Evi-denz	Hypothese	Er-geb-nis	Nor-ma-lisiert	Gew-ichtung	Gesamt	Aus-wirkung	Evi-denz Neu	Inter-pretation	...		
1	Nutzung	Smartifi-zierung	Als privater Bauherr möchte ich eine gesamtheitliche Smart-fizierung für meine Gebäudeöffnungen, um effizienter, sicherer und komfortabler leben zu können	4.5	2	Wenn wir mit dem Facebook Post 100.000 35-55-Jährige private Bauherren durch eine Marktsimulation erreichen, dann messen wir eine 3% Click-Through-Rate, weil die Zielgruppe eine gesamtethische Smartifizierung der Gebäudeöffnungen möchte	3,1%	1	0,2	1	An-nahme be-stätigt	2,6	An-nahme erneut val-dieren	...		
						Wenn wir mit dem Facebook Post 100.000 35-55-Jährige private Bauherren durch eine Marktsimulation erreichen, dann messen wir eine 2% Cost-Per-Click-Rate, weil die Zielgruppe eine gesamtethische Smartifizierung der Gebäudeöffnungen möchte	1,9	1	0,2					...		
						Wenn wir mit dem Facebook Post 100.000 35-55-Jährige private Bauherren durch eine Marktsimulation erreichen und diese auf die Landing Page geleitet werden, dann messen wir eine 5 Pages-Per-Visit, weil die Zielgruppe eine gesamtethische Smartifizierung der Gebäudeöffnungen möchte	5	1	0,1					...		
						Wenn wir mit dem Facebook Post 100.000 35-55-Jährige private Bauherren durch eine Testmarktsimulation erreichen und diese auf	0,06	1	0,2					...		

Validierungsumgebung 3: Usability-Test mit Click-Dummy und Produkt-Box

Validierungsumgebung 2: Interviewreihe mit Pitch-Deck und Mock-Up

Validierungsumgebung 1: Marktsimulation mit Facebook-Post, Werbevideo und Landingpage



Kosten- und Zeitabschätzung:

190.000 € Gesamtkosten

18 Monate Entwicklungs – und Validierungszeit

Bild 6-12: Validierungsroadmap der validierten Smarter-Rollläden-Marktleistungs-idee

6.8 Bewertung der Systematik anhand der Anforderungen

Im Folgenden wird die *Systematik zur frühen Validierung von Marktleistungsideen für technische Systeme in etablierten Unternehmen* den gestellten Anforderungen aus Abschnitt 3.6 gegenübergestellt. Es wird für jede Anforderung detailliert begründet, inwiefern die Bestandteile bzw. das Zusammenwirken der Systematik diese erfüllen. Bild 6-13 zeigt übersichtlich die Anforderungen mit Bezug zu Bestandteilen der Systematik.

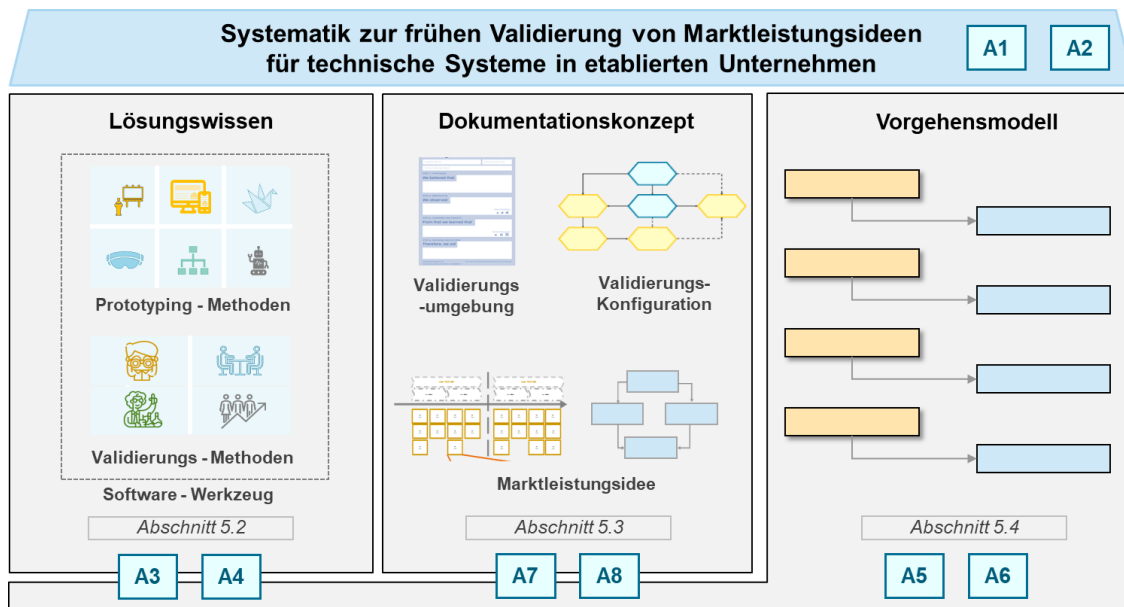


Bild 6-13: Anforderungserfüllung durch die Systematik

A1) Anwendbarkeit für etablierte Unternehmen, die technische Systeme entwickeln:

Alle erarbeiteten Elemente der Systematik sind für die Anwendung auf technische Marktleistungsideen und etablierte Unternehmen ausgerichtet. Es wird die Bandbreite an technologischer (Mechanik, Software, CPS) und geschäftlicher (Produkt, PSS, Service) Vielfalt der Marktleistungsideen abgedeckt. Ebenfalls werden organisationale und strukturelle Aspekte in etablierten Unternehmen durch das Vorgehen aufgefangen, die in den meisten Start-up fixierten Ansätzen vernachlässigt werden. Dazu gehören die Analyse vorhandener Ideen im Unternehmen, die zu treffenden Make-or-Buy-Entscheidungen, die Dokumentation, Vorbereitung und Kommunikation entwicklungsrelevanter Ergebnisse an die nächste Entwicklungseinheit.

A2) Frühe Validierung der Begehrlichkeit: Die Systematik ordnet sich im 4-Zyklus-Modell der Produktentstehung nach GAUSEMEIER in die Produktfindung ein, die als frühe Phase charakterisiert wird (vgl. Abschnitt 3.3.3). Ebenfalls werden in allen Elementen der Systematik die frühe Validierung der Begehrlichkeit (Nützlichkeit, Gebrauchstauglichkeit, Begehren und Kaufbereitschaft) adressiert. Das Lösungswissen wurde entsprechend der Tauglichkeit für die Validierung der Begehrlichkeit strukturiert, ebenfalls richten sich das Dokumentationskonzept und das Vorgehen danach. Die Validierung der Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit wird explizit ausgeschlossen. Zur Validierung der Begehrlichkeit

ist ebenfalls eine Kundenintegration notwendig. Dies wurde ebenfalls in der gesamten Systematik berücksichtigt.

A3) Induktiv-deduktive Herleitung und Erweiterbarkeit: Im Rahmen eines systematischen Vorgehens wurde Lösungswissen zu Methoden des frühen Prototypings und der frühen Validierung identifiziert, durch Klassifikationsschematas einheitlich beschrieben, in Form von Steckbriefen aufbereitet und durch Praxisbeispiele verdichtet (vgl. Abschnitt 5.2). In dem induktiv-deduktiven Vorgehen konnten insgesamt 121 Methoden extrahiert werden. Zur kontinuierlichen Erweiterbarkeit und Reproduzierbarkeit wurde ein umfassendes Vorgehen beschrieben und die Bewertungen transparent dargelegt. Dadurch wird eine fortlaufende Aktualisierung und Erweiterung des Lösungswissens ermöglicht und der hohen Dynamik technologischer Entwicklungen, und damit die steigenden Möglichkeiten innerhalb der frühen Validierung Rechnung getragen.

A4) Auswahl und Kombination von Lösungswissen: Sowohl das Vorgehen als auch das erarbeitete Lösungswissen ermöglichen eine systematische Auswahl und Kombination von Methoden zum frühen Prototyping und der frühen Validierung. Die Klassifikationsschematas und daraus ausgeleitete Fragen lassen eine anforderungsbasierte Bewertung der IST-Situation in etablierten Unternehmen zu und damit die bedarfsgerechte Filterung zur Verfügung stehender Methoden (vgl. Abschnitt 5.4.2). Des Weiteren wurden die strukturierten Methoden auf gegenseitige Kombinationseignung bewertet, sodass die Kombination in der Praxis vorbereitet ist. Das entwickelte Software-Tool stellt die Implementierung der Auswahllogik dar und unterstützt etablierte Unternehmen bei der intuitiven Auswahl der Methoden zum frühen Prototyping und der frühen Validierung.

A5) Systematische, iterative Vorgehensweise: Die Systematik baut auf bestehende Ideen von etablierten Unternehmen und unterstützt die frühe Validierung in der Produktfindung, damit eine evidenzbasierte Entscheidung zur Fortführung einer Marktleistungsidee getroffen werden kann. Das Vorgehensmodell ermöglicht eine systematische Herangehensweise in den frühen Phasen und bettet sich in bestehende Modelle der Produktentstehung ein (vgl. Abschnitt 3.3.1). Es unterteilt sich in sechs wesentliche Phasen. Das Vorgehensmodell beschreibt die durchzuführenden Tätigkeiten und nutzt erarbeitete Hilfsmittel und Lösungswissen. Das Vorgehensmodell ist des Weiteren iterativ. Dies wird durch eine Validierungsabhängige Entscheidung zur Durchführung einer weiteren Iteration oder der Weitergabe der Ergebnisse unterstützt.

A6) Anwendung des Pull-Prinzips der Validierung: Das Vorgehensmodell geht dem beschriebenen Pull-Prinzip in Abschnitt 3.4.3 nach und ermöglicht so eine Unsicherheitsorientierte Herangehensweise, indem jegliche Aktivitäten dem Validierungsziel untergeordnet werden. Die Auswahl und Entstehung von frühen Prototypen dienen dabei einzig und allein dem Zweck der identifizierten Validierungsbedarfe. Ebenfalls wird im Rahmen des Vorgehens die Auswahl der Ideen und Annahmen unter dem Aspekt der Validierungseignung durchgeführt.

A7) Dokumentation der Validierungsumgebung und -Konfiguration: Das vorgestellte Dokumentationskonzept adressiert diese Anforderung vollständig. Die Dokumentation der Validierungsumgebung wird durch die Validierungs-Canvas ermöglicht (vgl. Abschnitt 5.3.2). Die daraus auszuleiteten Validierungskonfigurationen werden durch das Prototyp-Umfeld-Modell und einer erweiterten Dokumentation aus Abschnitt 5.3.3 adressiert. Das Vorgehensmodell integriert die erarbeiteten Konzepte und beschreibt die Anwendung dieser. Insgesamt ist eine nachvollziehbare und transparente Spezifikation und Dokumentation von früh definierter Validierungsumgebung und – Konfiguration ermöglicht und wesentliche Elemente wie Methoden, Stakeholder und Umfeld adressiert.

A8) Dokumentation der Marktleistungsidee: Die beschriebenen Herausforderungen an den Schnittstellen zwischen Produktfindung und Entwicklung wurden durch eine richtige, nachvollziehbare und transparente Dokumentation der Marktleistungsidee adressiert. Die an der Validierung der Begehrlichkeit erweiterte User Story Map ermöglicht die anforderungsgerechte Dokumentation von Kundenanforderungen. Grobe Funktionalitäten werden durch die erweiterte User Story Map und der Systemarchitektur adressiert. Das Dokumentationskonzept integriert diese beiden Ansichten. Die in den Iterationen entstehenden Veränderungen werden ebenfalls durch erweiterte Elemente adressiert. Damit wird eine transparente und nachvollziehbare Dokumentation ermöglicht (vgl. Abschnitt 5.3). Das Übersichtsboard ermöglicht eine Gesamtübersicht über alle relevanten Validierungsaktivitäten- und Ergebnisse innerhalb des Vorgehensmodells.

Fazit: Die vorgestellte *Systematik zur frühen Validierung von Marktleistungsideen technischer Systeme in etablierten Unternehmen* erfüllt alle Anforderungen in vollem Umfang. Sie ermöglicht eine systematische, iterative Auswahl für die Validierung geeigneter Marktleistungsideen, die darauffolgende Planung des frühen Prototypings und der frühen Validierung. Des Weiteren unterstützt sie den Aufbau der Validierungskonfiguration, die anschließende Durchführung der Validierung, nachfolgende Interpretation und Übergabe der Ergebnisse. Dabei wird durchgängig das Ziel verfolgt, existierende Unsicherheiten in Bezug auf die Marktleistungsidee zu reduzieren. Die Anwendbarkeit der Systematik wurde in verschiedenen Projekten und im gezeigten Forschungsvorhaben nachgewiesen.

6.9 Kritische Reflexion

Obwohl die Systematik alle Anforderungen vollumfänglich erfüllt (vgl. Abschnitt 6.8), ergaben die Anwendung und Diffusion der Ergebnisse (vgl. Abschnitt 2.2 und 6.1) verschiedene Herausforderungen. Diese führen zu ökonomischen und epistemologischen Limitationen (L) dieser Forschungsarbeit. Zum einen wurden **Limitationen der Systematik in der praktischen Anwendung** festgestellt. Zum anderen werden **Limitationen des Forschungsansatzes**, der in Abschnitt 2.2 beschrieben wurde, herausgearbeitet.

Limitationen der Systematik in der Anwendung

L1) Beschränkter Anwenderkreis aufgrund erforderlicher Fachkenntnisse: Die Forschungsprojekte und Diskussionen während der Diffusionsphase haben gezeigt, dass das bloße Durchlesen der Systematik-Dokumentation nicht ausreicht, um unerfahrenen Personen einen umfassenden Wissenstransfer zu ermöglichen. Viele Anwender hatten wenig Erfahrung mit der frühen Validierung nach dem Pull-Prinzip, das auch das Prototyping in den Anfangsphasen integriert. Der annahmenorientierte Ansatz, der ebenfalls ein Verständnis für Evidenzbewertung, Hypothesenbildung und -auswertung erfordert, musste diesen Teilnehmern intensiver vermittelt werden (z.B. durch Trainings). Ohne vorherige Schulung durch Experten bleibt der Anwenderkreis daher auf Personen beschränkt, die Hintergrundwissen zur Durchführung der frühen Pull-Validierung haben (z.B. Innovationsentwickler, Technologie- und Innovationsmanager, Intrapreneure oder Personen, die bereits in agilen Teams gearbeitet haben).

L2) Limitierte(r) Kundenzugang und Evidenz bei spezialisierten B2B-Märkten: Bei der Anwendung der Systematik in spezialisierten Märkten im B2B-Kontext (z.B. Sondermaschinenbau) erwies sich die Gewinnung von Kunden als Teilnehmer für die Validierung als herausfordernd. Im Gegensatz zum B2C-Bereich, wo oft eine breite Kundengruppe angesprochen wird, sind im B2B-Kontext die Möglichkeiten der direkten Kundeneinbindung meist auf eine begrenzte Anzahl an vorhandenen Kontakten beschränkt. Zudem erschwert sich der Zugang zu neuen, unerschlossenen Kundenkreisen. Eine weitere Komplexität ergibt sich daraus, dass in B2B-Szenarien oft sowohl Kaufentscheider als auch Anwender, die unterschiedliche Personen sein können, von einer Marktleistungsinnovation überzeugt sein müssen. Diese Herausforderung tritt insbesondere in großen Unternehmen auf. Der Erfolg der Systematik hängt stark davon ab, eine Vielzahl von Kunden in den Validierungsprozess einzubinden, um robuste Evidenz für die Annahmen einer Idee zu generieren. In sehr spezialisierten Branchen, wie der Herstellung von Getrieben für Space-Shuttles, ist dies jedoch nur begrenzt möglich, da es nur wenige potenzielle Kunden gibt. In solchen engen Märkten können einzelne „Fehlmessungen“ in der frühen Phase der Ideenvalidierung die Interpretation stark beeinflussen. Das führt dazu, dass die Glaubwürdigkeit der aufgebauten Evidenz, insbesondere bei einer hohen Einstufung, ernsthaft in Frage gestellt werden kann.

L3) Notwendigkeit der Abstimmung mit Marketing und Vertrieb aufgrund von Markenrisiken durch die Nutzung früher Prototypen: Eine wesentliche Herausforderung in etablierten Unternehmen ist die Sorge vor potenziellem Imageschaden oder Kundenverlust durch die Präsentation früher Prototypen. Insbesondere im B2B-Bereich besteht die Befürchtung, Kunden könnten unfertige Produkte ablehnen und damit das Unternehmen und die Marke schaden. Um dies zu umgehen, wurden oft fiktive Unternehmen, Marken und Produkte für die Validierung genutzt und durch externe Dienstleister beauftragt. Dies soll eine Verbindung zum eigentlichen Unternehmen vermeiden. Allerdings kann dieses Vorgehen die Evidenzqualität aus Sicht eines bestehenden Unternehmens beeinträchtigen, da Markenpräsenzen die Kaufentscheidung beeinflussen können.

Daher kann eine erfolgreiche frühe Validierung in etablierten Unternehmen nur in enger Abstimmung mit dem Marketing und Vertrieb erfolgen.

L4) Notwendigkeit agiler Strukturen oder Change-Prozess: In etablierten Unternehmensstrukturen führen oft lange Entscheidungswege, verzögerte Kommunikationsprozesse, langwierige Beschaffungsprozesse für Prototypenteile oder das Multiprojektmanagement im Tagesgeschäft zu Ineffizienzen im Validierungsprozess. Zusätzlich können Entscheidungen von Manager, die sich über die vorhandene Datengrundlage hinwegsetzen, den Prozess behindern. Um die Anwendung der frühen Validierung langfristig zu ermöglichen, bedarf es strategischer, finanzieller und entscheidungsbezogener Freiräume. Dies gelingt in agilen Strukturen, die schnelle Anpassungen und flexibles Handeln ermöglichen, oder erfordert einen Transformationsprozess, um notwendige Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Durchführung der frühen Validierung zu schaffen.

L5) Grenzen des Evidenzmodells bei der Abbildung der Realität: Die Anwendung des Modells führt zwar zur Reduktion von Unsicherheiten zur Begehrlichkeit einer Marktleistungsidee, garantiert jedoch nicht den Erfolg. Der Evidenz-basierte Ansatz nähert sich der Beweis- und Unsicherheitslage einer Idee an, wobei die Quantifizierung der Evidenz subjektiv durch den Anwender erfolgt und somit wichtige Aspekte übersehen oder falsch eingeschätzt werden können. Aufgrund des primären Fokus auf Unsicherheiten bezüglich der Begehrlichkeit werden des Weiteren andere kritische Faktoren wie Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit nicht hinreichend berücksichtigt. Dies führt dazu, dass Ambiguitäten und potenzielle Verzerrungen in der Evidenzbewertung unberücksichtigt bleiben und das Modell weder das Scheitern von Ideen aufgrund von Machbarkeits- und Wirtschaftlichkeitsunsicherheiten noch die Folgen fehlerhafter Evidenzeinschätzungen vollständig verhindern kann.

Limitationen des Forschungsansatzes

L6) Ausgewähltes Forschungsdesign: Die durchgeführte Arbeit baut auf die Design-Research Ansätze Design-Research-Methodology und Konsortialforschung (vgl. Abschnitt 2.2). Diese weisen übergeordnete Limitationen auf, die aus dem Aufbau dieser Ansätze resultieren. Dies sind beispielsweise die begrenzte Übertragbarkeit, einfließende Subjektivität, oder die im Vergleich zu traditionellen Forschungsansätzen etwas weniger intensive wissenschaftliche Strenge.

L7) Fehlende langfristige Erfolgsmessung der Systematik-Anwendung: Obwohl die Systematik in den Innovationsevents, Trainings und in den Forschungsprojekten insgesamt positiv bewertet wurde, fehlt aufgrund der begrenzt verfügbaren Zeit eine umfassende und nachhaltige Erfolgsmessung. Ansätze wie der Einsatz von Kontrollgruppen oder die langfristige Überwachung des Innovationserfolgs durch die Implementierung der Methode wurden nicht angewandt. Folglich bleibt die langfristige positive Wirkung der Systematik bisher unbewiesen.

L8) Aktualität und Ganzheitlichkeit des Lösungswissens: Das erarbeitete Lösungswissen stellt lediglich einen Ausschnitt des aktuellen und zukünftigen Stands der Forschung dar und erhebt keinen Anspruch auf zukünftige Aktualität und Vollständigkeit. Getrieben durch Entwicklungen wie KI und das Metaverse werden künftig neue Methoden des frühen Prototypings und der frühen Validierung entstehen. Diese sind im aktuellen Lösungswissen noch nicht berücksichtigt und erfordern eine zukünftige Ergänzung, Systematisierung und Integration in das Auswahl-Werkzeug. Das in Abschnitt 5.2.1 beschriebene Vorgehen bildet insgesamt dafür die Grundlage.

L9) Limitierte Generalisierbarkeit: Das in dieser Arbeit präsentierte Lösungswissen, Vorgehen und Dokumentationskonzept sind nicht universell gültig und nicht in allen Domänen anwendbar. Es wurde maßgeblich durch die spezifische Expertise und Perspektive der beteiligten Forscher und Industriepartner geprägt, was seine Anwendbarkeit in anderen Kontexten einschränken kann. Die essenzielle Einbindung von Industriepartnern bringt eine gewisse Abhängigkeit von deren Bedürfnissen und Einschränkungen mit sich. Dies könnte die Übertragbarkeit der Forschungsergebnisse und Methoden auf andere Sektoren oder neuere, weniger etablierte Technologien limitieren.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Im Zuge der Digitalisierung sind für etablierte Unternehmen Marktleistungsinnovationen mehr denn je Voraussetzung für den nachhaltigen Geschäftserfolg. Im Rahmen der **Problemanalyse** wurde der geschichtliche Wandel technischer Marktleistungsinnovationen aus technologischer und geschäftlicher Perspektive in etablierten Unternehmen aufgezeigt. Insgesamt wurde herausgearbeitet, dass eine grenzenlose Vielfalt an Möglichkeiten existiert, um neue Marktleistungen für technische Systeme auszuprägen. Denkbar sind jegliche Kombinationen technologischer Wertschöpfung (mechanisch, CPS bzw ITS, Software-intensive Systeme) mit den Möglichkeiten die geschäftliche Perspektive von Marktleistungen auszuprägen (Produkt, Produkt-Service-System, Service). Das daraus resultierende Unternehmensumfeld kann durch das Konzept VUCA beschrieben werden. Dabei müssen sich Unternehmen auf ein Umfeld einstellen, dass volatil (Volatility), unsicher (Uncertainty), komplex (Complexity) und ambiguid (Ambiguity) (VUCA) ist. Existierende Unsicherheiten in Bezug auf die Begehrlichkeit bei Kunden stellen dabei eine der häufigsten Gründe für das Scheitern neuer Marktleistungen dar. Aus diesem Grund wurden bestehende Produktentstehungsmodelle analysiert, um die aktuelle Situation in etablierten Unternehmen im Hinblick auf die Reduktion von Unsicherheiten aufzufassen und den methodischen Bedarf zu identifizieren. Dabei stellt sich eine frühestmögliche Reduktion im Produktentstehungsprozess (Produktfindung) am vielversprechendsten heraus.

Frühe Validierung nach dem Pull-Prinzip ist hierfür ein **erfolgsversprechender Ansatz**, um Wissenslücken zu schließen und so marktliche Unsicherheiten zu reduzieren. So werden Annahmen und Hypothesen zu Marktleistungsideen früh im Prozess formuliert, anschließend frühe Prototypen (z.B. Click-Dummies, Pitch-Decks etc.) zur Überprüfung dieser entwickelt, dem Kunden zugänglich gemacht, bewertet und anschließende Erkenntnisse objektiviert. Neben der frühen Reduktion von Unsicherheiten verspricht frühe Validierung des Weiteren eine verbesserte Effizienz im Produktentstehungsprozess, eine verbesserte Transparenz, Nachvollziehbarkeit und evidenz-basierte Ergebnisse. Trotz des Erfolgsversprechen der frühen Pull-Validierung, existieren vorrangig in der Startup-Literatur, mit Fokus auf Software und fragmentiert in anderen Domänen, Unterstützungswissen zur frühen Validierung. Diese ist für den etablierten Kontext und der Bandbreite technischer Systeme ungeeignet. Es ergeben sich dadurch folgende **Handlungsfelder**:

- Es fehlt an einer ganzheitlichen, strukturierten Wissensbasis, in Form von Methodenwissen, für die Durchführung früher Pull-Validierung der Begehrlichkeit, inklusive des dafür notwendigen Prototypings.
- Es fehlt an einem systematischen, iterativen Vorgehen für etablierte Unternehmen zur frühen Pull-Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen technischer Systeme.
- Es fehlt an einem Dokumentationskonzept für entwicklungsrelevante Ergebnisse (Anforderungen, Entscheidungen, Validierungsumgebung und Konfiguration)

aus der frühen Validierung, die eine transparente und nachvollziehbare Kommunikation an der Schnittstelle zur Entwicklung ermöglicht.

Im **Stand der Technik** wurden bestehende Ansätze analysiert, die für die drei Handlungsfelder relevant sind und die frühe Pull-Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen technischer Systeme im etablierten Kontext adressieren.

- Die Betrachtung bestehender Strukturierungsrahmen und Sammlungen von Lösungswissen zur frühen Validierung zeigt, dass das existierende Lösungswissen zur frühen Validierung in der Literatur verschiedener Disziplinen unstrukturiert und selten in allen notwendigen Dimensionen der frühen Pull-Validierung, welches das frühe Prototyping einschließt, kohärent beschrieben sind. Der Fokus liegt entweder auf Startups, reiner Software, Geschäftsmodellen oder entweder der reinen Erhebung von Kundenmeinungen oder ausschließlich dem Prototyping.
- Die Untersuchung bestehender Vorgehensmodelle zur Durchführung der frühen Pull-Validierung haben gezeigt, dass die Anwendbarkeit auf etablierte Unternehmen und Marktleistungsideen für technische Systeme, aufgrund des oft vorhandenen Fokus auf Startups oder der Validierung von Geschäftsmodellen und nicht der reinen Marktleistung und ihre Begehrlichkeit, nur bedingt gegeben ist. Des Weiteren werden oftmals die Verwendung und Kombination von Lösungswissen für unterschiedliche Methoden des Prototypings und der Validierung vernachlässigt, da entweder vereinzelte Methoden dediziert betrachtet werden oder ein zu generalisiertes Vorgehen beschrieben wird.
- Untersuchte Ansätze zur Dokumentation von Validierungsumgebung, Konfiguration und Marktleistungsidee betrachten nur vereinzelte Entwicklungsartefakte und sind nicht zusammenhängend verknüpft. Dadurch ist die Herausforderung der transparenten, nachvollziehbaren und Evidenz-orientierten Dokumentation entwicklungsrelevanter Ergebnisse an der Schnittstelle weiterhin gegeben. Diese bieten jedoch eine gute Grundlage zur Adaption und Anpassung innerhalb der zu entwickelnden Systematik.

Zusammengefasst ergibt die Analyse des Stands der Technik, dass keiner der untersuchten Ansätze die Handlungsfelder vollumfänglich adressiert. Dennoch existieren Ansätze und Methoden, die als Lösungsbausteine für relevante Aspekte adaptiert werden können.

Aus diesem Grund greift die entwickelte **Systematik** vereinzelte Ansätze und Methoden auf, erweitert, bzw. ergänzt diese um neu entwickelte Hilfsmittel und verknüpft alles zu einem praktikablen, durchgängigen Ansatz. Grundidee ist die Adressierung der herausgearbeiteten Handlungsfelder mit dem Ziel, etablierten Unternehmen die systematische und iterative Durchführung früher Pull-Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen technischer Systeme, im Rahmen der Produktfindung, zu unterstützen. Zur Umsetzung dieser Durchführung liegt im Ergebnis eine Systematik vor, die im Kern drei übergeordnete Bestandteile beinhaltet:

- Das **Lösungswissen** beschreibt induktiv-deduktiv erarbeitetes, strukturiertes Methodenwissen für das frühe Prototyping und die frühe Validierung, die für die Anwendung der frühen Pull-Validierung von Marktleistungsideen technischer Systeme in etablierten Unternehmen aufbereitet und nutzbar gemacht wurden. Das Lösungswissen wird komplettiert durch eine Auswahllogik und einem Software-Werkzeug, die das vorbereitete Lösungswissen aufgreifen und eine systematische Auswahl und Erweiterbarkeit erlauben.
- Das **Dokumentationskonzept** greift vorhandene Methoden des Stands der Technik auf und ermöglicht eine transparente und verständliche Dokumentation von Validierungsumgebung, Validierungskonfiguration und der Marktleistungsidee. Das Konzept wird zudem durch Regeln und neuen Sprach-Konstrukten ergänzt, um entstandenes Wissen zu dokumentieren und kommunizieren.
- Das **Vorgehensmodell** greift das Lösungswissen und Dokumentationskonzept auf und beschreibt ein iteratives Vorgehen für etablierte Unternehmen. Es beinhaltet eine systematische Anleitung zur frühen Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen technischer Systeme nach dem Pull-Prinzip. Ergebnisse sind validierte Anforderungen und grobe Funktionalitäten zur Entwicklung einer Marktleistungsinnovation.

Die **Anwendung der Systematik** wurde anhand des Beispiels eines Herstellers für Rollläden gezeigt. Hierzu wurde das erarbeitete Vorgehensmodell drei Mal durchlaufen und das Dokumentationskonzept und Lösungswissen angewendet. Das Ergebnis waren validierte Anforderungen, grobe Funktionalitäten für die Smarter Rollläden Idee und weitere relevante Entwicklungsergebnisse, die mit Kunden getestet, iterativ verbessert und an die entsprechende Entwicklungseinheit weitergegeben wurden. Des Weiteren wurde die Systematik durch eine Vielzahl weiterer Projekte (z.B. Makeathons, Industrieprojekte und Trainings) validiert. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die erarbeitete *Systematik zur frühen Validierung von Marktleistungsideen für technische Systeme in etablierten Unternehmen* die aufgestellten Anforderungen vollumfänglich erfüllt und damit die herausgearbeiteten Handlungsfelder der Problemanalyse adressiert. Darüber hinaus ergab die kritische Reflexion eine Herausarbeitung von Limitationen sowohl im Forschungsansatz als auch in der Anwendung der Systematik.

Mit Blick auf die frühe Validierung von Marktleistungsideen für technische Systeme in etablierten Unternehmen ergibt sich **weiterer Forschungsbedarf**, der die Systematik weiterentwickelt und weitere Themenfelder adressiert.

- **Organisationale Transformation zu einer validierungsgetriebenen Produktentstehung:** Die Systematik beschreibt das Vorgehensmodell zur Durchführung der frühen Pull-Validierung. Darüber hinaus stellt sich für etablierte Unternehmen die Frage nach der organisationalen Verankerung des Prozesses innerhalb der eigenen Strukturen und den damit einhergehenden notwendigen Rahmenbe-

dingungen in Aufbau- und Ablauforganisation. Beispielsweise resultiert das Vorgehensmodell in der neuen Definition interdisziplinärer Teams und darin enthaltener Rollen (z.B. Maker, Hacker, Designer etc.). Ebenfalls müssen Aspekte wie eigenverantwortliches Handeln und frei verfügbare, flexible Budgets berücksichtigt, und in die Organisation verankert werden. Abschließend stellt sich die Frage der Integration nicht nur früher, sondern kontinuierlicher Validierung innerhalb der gesamten Entwicklungsorganisation.

- **Frühe Validierung der Nachhaltigkeit von Marktleistungsideen:** Aufgrund des Klimawandels und den damit einhergehenden Änderungen von Kundenbedürfnissen und politisch-gesellschaftlichen Normen wird es in Zukunft immer wichtiger sein, sowohl begehrliche als auch nachhaltige Marktleistungsinnovationen auf den Markt zu bringen. Angelehnt an die Fixierung von 80% der Entwicklungskosten in den frühen Phasen, wird angenommen, dass die Nachhaltigkeit in den frühen Phasen ähnlich fixiert wird. Aus diesem Grund besteht der Bedarf für neue Ansätze zur frühen Validierung der Nachhaltigkeit von Marktleistungsideen, um nicht nur den Erfolg, sondern auch die Nachhaltigkeit im Produktlebenszyklus frühst-möglich und ressourceneffizient sicherzustellen.
- **KI-basierte Methoden für das frühe Prototyping und die frühe Validierung:** Künstliche Intelligenz findet Einzug in alle Lebensbereiche der menschlichen Zivilisation. Das frühe Prototyping und die frühe Validierung bleiben davon nicht unbetroffen. Beispiele wie die Erstellung von Prototypen durch generatives Design oder die KI-basierte Auswertung von Kundenkommentaren skizzieren den aufkommenden Trend. Die dabei entstehenden Forschungsfragen im Querschnittsfeld der Validierung, Prototyping, Methoden- und KI-Forschung gilt es in der Wissenschaft durch Methoden- und Technologieforschung zu beantworten.
- **Erweiterung des Lösungswissen:** Im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung und getrieben durch Trends wie die beschriebene KI oder das Metaverse, wird es langfristig weitere neuartige Methoden des frühen Prototypings und der frühen Validierung geben, die im Rahmen des Lösungswissen ergänzt, systematisiert und in das Auswahl-Werkzeug integriert werden müssen. Das vorgestellte Vorgehen in Abschnitt 5.2.1 bietet dazu die Grundlage.
- **Evaluierung des langfristigen Effekts der Systematik:** Es besteht Bedarf für eine detaillierte und nachhaltige Effekt-Bewertung, beispielsweise durch den Einsatz methodisch fundierter Kontrollgruppen und die langfristige Überwachung des Innovationserfolgs nach der Implementierung der Systematik.

Das FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ENTWURFSTECHNIK MECHATRONIK IEM und das HEINZ NIXDORF INSTITUT greifen diese Themen bereits heute in ihrer weiterführenden Forschung auf. Gemeinsame und übergeordnete Vision ist letztlich eine neue Schule des Advance Systems Engineering (ASE). Die entwickelte Systematik liefert einen Baustein auf dem Weg zu dieser Vision.

Abkürzungsverzeichnis

A	Anforderung
AR	Augmented Reality
ASE	Advanced Systems Engineering
B2B	Business-to-Business
B2C	Business-to-Customer
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CAD	Computer Aided Design
CONSENS	Conceptual Design Specification Technique for Engineering of complex Systems
CPS	Cyber Physical System
DSM	Design Structure Matrix
H	Herausforderung
HF	Handlungsfeld
HW	Hardware
ITS	Intelligentes technisches System
KI	Künstliche Intelligenz
KPI	Key Performance Indicator
L	Limitation
LLM	Large Language Model
MVP	Minimum Viable Product
Nr.	Nummer
PM	Prototyping-Methode
PPC	Pay Per Click
PSS	Produkt-Service-System
SE	Systemelement

SPSS	Statistical Packages for the Social Sciences
SW	Software
US	User Story
USM	User Story Map
Vgl.	vergleiche
VM	Validierungsmethode
VR	Virtual Reality
VRML	Virtual Reality Modeling Language
z.B.	zum Beispiel

Literaturverzeichnis

- [AA21] ALEMI, H.; ASMAR, L. (Betreuer): Systematik zur frühen Validierung der Realisierbarkeit von Produktideen mechatronischer Systeme, Universität Paderborn, unveröffentlichte Studienarbeit, 2021
- [AAW22] ARAS, G.; ASMAR, L. (Betreuer); WEGEL, A. (Betreuer): Validierung der Begehrlichkeit von Marktleistungsideen in etablierten Unternehmen im Kontext Smart Building, Universität Paderborn, unveröffentlichte Masterarbeit, 2019
- [AB11] ALBERS, A.; BRAUN, A.: Der Prozess der Produktentstehung. In F. Henning & E. Moeller (Hrsg.), Handbuch Leichtbau. Methoden, Werkstoffe, Fertigung (S. 3–30). München: Hanser, 2011
- [ÄBB+16] ÄNGESLEVÄ, J.; BÄHR, B.; BECKMANN-DOBREV, B.; EICHMANN, U.; EXNER, K.; GENGNAGEL, C.; NAGY, E.; STARK, R.: The Results of Rethinking Prototyping. Springer, Cham, 2016, pp. 201-210
- [ABK+16] ALBERS, A.; BEHRENDT, M.; KLINGLER, S.; MATROS, K.: Verifikation und Validierung im Produktentstehungsprozess. In: Handbuch Produktentwicklung. München: Carl Hanser Verlag, ISBN 978-3-446-44518-5, 2016
- [ABK+17] ALBERS, A., BEHRENDT, M., KLINGLER, S., REIB, N. & BURSAC, N. (2017). Agile product engineering through continuous validation in PGE. Product Generation Engineering. Design Science, 3 (5), 19. doi:10.1017/dsj.2017.5
- [ABM09] AGHAMANOUKJAN, A.; BUBER, R.; MEYER, M.: Qualitative Interviews. In: Buber, R.; Holz-müller, H.-H.: Qualitative Marktforschung: Konzepte – Methoden – Analysen. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2009
- [AD11] ALBERS, A.; DÜSER, T.: Validierung im Produktentstehungsprozess. In F. Henning & E. Moeller (Hrsg.), Handbuch Leichtbau. Methoden, Werkstoffe, Fertigung (S. 133–141). München: Hanser, 2011
- [AEK+19] ALBERS, A.; ELLERMANN, K. F., KÜHN, A. ; DUMITRESCU, R: Entwicklung einer Suchstrategie für ein medienbasiertes Technologiescanning am Beispiel der Antriebstechnik in: J. GAUSEMEIER, W. BAUER, R. DUMITRESCU, Heinz Nixdorf Institut (Eds.), 15. Symposium Für Vorausschau Und Technologieplanung, Berlin, 2019, pp. 277–291.
- [AGL+19] ASMAR, L; GRIGORYAN, K.; LOW, C.; ROELTGEN, D.; KUEHN, A.; DUMITRESCU R.: Structuring framework for early validation of product ideas, ICME'10, August 29 - 30 2019, Melaka, 2019
- [AH15] ANTWI, S. K.; HAMZA, K.: Qualitative and quantitative research paradigms in business research: A philosophical reflection. In: European journal of business and management 7, Nr. 3, 2015, S. 217–225
- [AHW+18] ALBERS, A.; HEIMICKE, J.; WALTER, B.; BASEDOW, G. N.; REIB, N.; HEITGER, N; OTT. S.; BURSAC, N.: Product Profiles: Modelling customer benefits as a foundation to bring inventions to innovations. 28th CIRP Design Conference, May 2018, Nantes, Procedia CIRP, 2018
- [Alb10] ALBERS, A.: Five Hypotheses about Engineering Processes and their Consequences. In Proceedings of the 8th International Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering (TMCE) (S. 343–356). Ancona, Italien, 2010
- [Alb19] ALBERS, A.: Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung, Dissertation, Universität Paderborn, 2019

- [Alc15] ALCE, G.: Prototyping Methods for Augmented Reality Interaction. Licentiate Thesis, Faculty of Engineering, Lund University, Schweden, 2015
- [AMB+15] ALBERS, A.; MATROS, K.; BEHRENDT, M.; JETZINGER, H.: Das Pull-Prinzip der Validierung. Ein Referenzmodell zureffizienten Integration von Validierungsaktivitäten in den Produktentstehungsprozess. VDI Konstruktion (6), 74–81, 2015
- [AME10] ALBERS, A.; MUSCHIK, S.; EBEL, B.: Einflüsse auf Entscheidungsprozesse in frühen Aktivitäten der Produktentstehung. In Beiträge zum 6. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung (SVT) (S. 276–282). Berlin, 2010
- [AMS10] AURICH, J. C.; MANNWEILER, C.; SCHWEITZER, E.: How To Design And Offer Services Successfully. CIRP Journal Of Manufacturing Science And Technology, Volume 2, Issue 3, Elsevier, Amsterdam, 2010, pp. 136-143
- [AMY+18] ALBERS, A.; MANDEL, C.; YAN, S.; BEHRENDT, M.: System of Systems Approach for the Description and Characterization of Validation Environments. In Proceedings of the 15th International Design Conference (DESIGN) (S. 2799–2810). Dubrovnik, Kroatien, 2018
- [AMY+19] ALBERS, A.; MANDEL, C.; YAN, S.; BEHRENDT, M.: System of Systems approach for the description and characterization of validation environments, International Design Conference, 2018
- [APY+16] ALBERS, A.; PINNER, T.; YAN, S.; HETTEL, R.; BEHRENDT, M.: Koppelsystems. Obligatory Elements within Validation Setups. In Proceedings of the 14th International Design Conference (DESIGN) (S. 109–118). Dubrovnik, Kroatien, 2016
- [AR+17] ALBERS, A.; RAPP, S.; BIRK, C.; BURSAC, N.: Die „Frühe Phase“ der PGE - Produktgenerationsentwicklung. In Beiträge zum 4. Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung (SSP) (S. 1–10). Stuttgart, 2017
- [ARB+14] ALBERS, A.; REISS, N.; BURSAC, N.; URBANEC, J.; LÜDCKE, R.: Situation-appropriate method selection in product development process. Empirical study of method application. In Proceedings of the 2014 NordDesign Conference (S. 550–559). Espoo, Finnland. doi:10.13140/2.1.3924.8164, 2014
- [ARB+16] ALBERS, A.; REISS, N.; BURSAC, N.; RICHTER, T.: iPeM – Integrated Product Engineering Model in Context of Product Generation Engineering, Procedia CIRP, 2016
- [ARB+17] ALBERS, A.; RAPP, S.; BIRK, C.; BURSAC, N.: Die „Frühe Phase“ der PGE - Produktgenerationsentwicklung. In Beiträge zum 4. Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung (SSP) (S. 1–10). Stuttgart, 2017
- [ARF+19] ALBERS, A.; REINEMANN, J.; HIRSCHTER, T.; FAHL, J.; HEITGER, N.: Validation-Driven Design in the Early Phase of Product Development. In Proceedings of the 29th CIRP Design Conference (S. 630–637). Póvoa de Varzim, Portugal. doi:10.1016/j.procir.2019.04.211, 2019
- [ARF19] ALBERS, A.; REINEMANN, J.; FAHL, J.; HIRSCHTER, T.: Augmented Reality for Product Validation. Supporting the Configuration of AR-Based Validation Environments. In Proceedings of 21st HCI International Conference. Part II (S. 429–448). Orlando, FL, USA., 2019
- [ARS18] ALBERS, A.; REVFI, S.; SPADINGER, M.: Extended Target Weighing Approach. Estimation of Technological Uncertainties of Concept Ideas in Product Development Processes. In Proceedings of the 2nd CO2 Reduction for Transportation Systems Conference (S. 367–376). Turin, Italien. doi:10.4271/2018-37-0028, 2018
- [Bai16-ol] PRESSEMITTEILUNG BAIN-STUDIE. Unter: https://www.bain.com/de/ueber-uns/presse/pressemitteilungen/germany/2016/agile_teams_sind_erfolgreicher/

- [Bar15] BARNHAM, C.: Quantitative and Qualitative Research: Perceptual Foundations. In: International Journal of Market Research 57, Nr. 6, 837-854. <http://dx.doi.org/10.2501/IJMR-2015-070>, 2015
- [Bar19.] BARDMANN, M.: Grundlagen der Allgemeinen Betriebswirtschaftslehre – Geschichte, Konzepte, Digitalisierung. 3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden, 2019
- [BB16] BRÜGGEMANN, J.; BIZER, K.: Laboratory experiments in innovation research: a methodological overview and a review of the current literature, Springer Journal of Innovation & Entrepreneurship, 2016
- [BD02] BECKER W.; DIETZ J.: Unternehmensgründungen, etablierte Unternehmen und Innovationsnetzwerke. In: Schmude J., Leiner R. (eds) Unternehmensgründungen. Physica, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-57500-6_8, 2002
- [BD14] BLANK, S.; DORF, B.: Das Handbuch für Startups – Schritt für Schritt zum erfolgreichen Unternehmen. O'Reilly Verlag, Köln, 2014
- [BC09] BLESSING, L. T. M.; CHAKRABARTI, A.: DRM, a Design Research Methodology. Springer Verlag, London, 2009
- [Bec73] BECKER, W.: Beobachtungsverfahren in der demoskopischen Marktforschung – Ein Beitrag zur Methodendiskussion und praktischen Anwendung auf Lebensmittelmärkten. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1973
- [BF14] BONTE, A.; FLETCHER, D.: Scenario-Focused Engineering: A toolbox for innovation and customer-centricity (Developer Best Practices), Microsoft, 2014
- [BGW11] BRACHT, U.; GECKLER, D.; WENZEL, S.: Digitale Fabrik – Methoden und Praxisbeispiele. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2011
- [BH13] BJÖRKDAHL, J.; HOLMÉN, M.: Editorial – Business model innovation – the challenges ahead. International Journal of Product Development 18(3/4), 2013, S. 213-225, 2013
- [BHK+15] BREIDENSTEIN, G.; HIRSCHAUER, S.; KALTHOFF, H.; NIESWAND, B.: Ethnografie: Die Praxis der Feldforschung. 2. Auflage, UVK Verlagsgesellschaft, Konstanz, München, 2015
- [Bil16-ol] BILLINGHURST, M.: Rapid Prototyping for Augmented Reality. Unter: <https://de.slideshare.net/marknb00/rapid-prototyping-for-augmented-reality>, 28. Dezember 2016
- [Bin52] BINIEK, G.: Konstruktionssystematik. Feingerätetechnik – technisch-wissenschaftliche Zeitschrift für Feinmechanik, Optik und Meßtechnik, H. 4, VEB Verlag Technik, Berlin, 1952
- [BKP08] BECKER, J.; KNACKSTEDT, R.; PFEIFFER, D.: Wertschöpfungsnetzwerke - Konzepte für das Netzwerkmanagement und Potenziale aktueller Informationstechnologien. Physica Verlag, Heidelberg, 2008
- [BKS20] BENNER WICKNER, M.; KNEUPER, R.; SCHLÖMER, I.: Leitfaden für die Nutzung von Design Science Research in Abschlussarbeiten. IUBH Discussion Papers, Reihe: IT & Engineering, Iss. Vol. 2, Issue 2, 2020
- [BL14] BENNETT, N.; LEMOINE J.: What VUCA really means for you. Harv Bus Rev 92(1/2):27, 2014
- [Bla10] BLANK, S.: The Entrepreneur's Guide to Customer Development: A cheat sheet to The Four Steps to the Epiphany Taschenbuch, 2010
- [BLE+07] BAINES, T. S.; LIGHTFOOT, H. W.; EVANS, S.; NEELY, A.; GREENOUGH, R.; PEPPARD, J.; ROY, R.; SHEHAB, E.; BRAGANZA, A.; TIWARI, A.; ALCOCK, J. R.; ANGUS, J. P.; BASTL, M.; COUSENS, A.; IRVING, P.; JOHNSON, M.; KINGSTON, J.; LOCKETT, H.; MARTINEZ, V.;

- MICHELE, P.; TRANFIELD, D.; WALTON, I. M.; WILSON, H.: State-Of-The-Art In Product-Service Systems. Proceedings Of The Institution Of Mechanical Engineers, Part B, Journal Of Engineering Manufacture, Volume 221, Issue 10, SAGE Publishing, Thousand Oaks, 2007, pp. 1543-1552
- [BO20] BLAND, D.J.; OSTERWALDER, A.: Testing business ideas. Wiley, Hoboken, 2020
- [Böh18] BÖHMER, A. I.: When digital meets physical – Agile Innovation of Mechatronic Systems. Dissertation, Fakultät für Maschinenwesen, Technische Universität München, München, 2017
- [BPL12] BECKLEY, J. H.; PAREDES, D. ; LOPETCHARAT, K.: Product innovation, 2012
- [BQ03] BEN-ARIEH, D.; QIAN, L.: Activity-based cost management for design and development stage, 2003
- [BR18-ol] BR NACHRICHTEN: Der Dübel wird 60: Die geniale Erfindung des Artur Firscher, <https://www.br.de/nachrichten/wissen/der-duebel-wird-60-die-geniale-erfindung-des-artur-fischer,R8WIQD1>
- [Bro19-ol] BROCKHAUS: Systematik (bildungssprachlich). Unter: <https://brockhaus.de/ecs/permalink/A714072AE5A846F4FD42D8B424A6AD6B.pdf>, 21. Dezember 2019
- [Brü16] BRÜHL, T.: Formulierung von Thesen, Hypothesen und Annahmen. Institut für Politikwissenschaften, Goethe-Universität Frankfurt am Main, Frankfurt am Main, 2016
- [BRW05] BRETTEL, M.; RUDOLF, M.; WITT, P.: Finanzierung von Wachstumsunternehmen. Grundlagen – Finanzierungsquellen – Praxisbeispiele. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2005
- [BS06] BULLINGER, H.-J.; SCHREINER, P.: Service Engineering – Ein Rahmenkonzept für die systematische Entwicklung von Dienstleistungen. In: Bullinger, H.-J.; Scheer, A.-W. (Hrsg.): Service Engineering – Entwicklung und Gestaltung innovativer Dienstleistungen. 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Springer, Berlin, Heidelberg, 2006, S. 53-84
- [BUA16] BRENNER, W.; UEBERNICKEL, F.; ABRELL, T.: Design Thinking as a mindset, process and toolbox. In: Brenner, W.; Uebernickel, F.: Design Thinking for Innovation - Research and Practice, Springer International Publishing, Cham, 2016, pp. 3-21
- [Buf201-ol] [1] Artikel Growthsanwich.com. Unter: <https://www.growthsandwich.com/resources/startup-idea-validation-examples/#buffer>
[2] Artikel Buffer.com. Unter: <https://buffer.com/resources/idea-to-paying-customers-in-7-weeks-how-we-did-it/>
- [Bul94] BULLINGER, H.-J.: Einführung in das Technologiemanagement – Modelle, Methoden, Praxisbeispiele. Teubner Verlag, Stuttgart, 1994
- [Bur16] BURSAC, N.: Model Based Systems Engineering zur Unterstützung der Baukastenentwicklung im Kontext der Frühen Phase der Produktgenerationsentwicklung (IPEK-Forschungsberichte, Bd. 93). Dissertation. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, 2016
- [Bus05] BUSSE, D.: Innovationsmanagement industrieller Dienstleistungen – Theoretische Grundlagen und praktische Gestaltungsmöglichkeiten. D- Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2005
- [CAE06] COHN, J.; AMBADAR, Z.; EKMAN, P.: Observer-based measurement of facial expression with the Facial Action Coding System. In: Coan, J. A., Allen, J. B. (Ed.): The handbook of emotion elicitation and assessment. Oxford University Press, Oxford, New York, 2006, pp. 203 – 221
- [Cav84] CAVUSGIL, S. T.: Differences among exporting firms based on their degree of internationalization. In: Journal of business research 12, Nr. 2, 1984, S. 195–208

- [CBI19-ol] <https://payspacemagazine.com/tech/top-20-reasons-startups-fail-cb-insights/>
- [CG17] COLEMAN, B.; GOODWIN, D.: Designing UX: Prototyping, sitepoint, 2017
- [CGM+16] CORSTEN, H.; GÖSSINGER, R.; MÜLLER-SEITZ, G.; SCHNEIDER, H.: Grundlagen des Technologie- und Informationsmanagements. 2. Auflage, Franz Vahlen Verlag, München, 2016
- [Che07] CHESBROUGH, H.: Business model innovation – It's not just about Technology anymore. *Strategy and Leadership* 35(6), 2007, S. 12-17
- [Chr14] CHRISTL, W.: Kommerzielle digitale Überwachung im Alltag – Erfassung, Verknüpfung und Verwertung persönlicher Daten im Zeitalter von Big Data: Internationale Trends, Risiken und Herausforderungen anhand ausgewählter Problemfelder und Beispiele. Studie im Auftrag der Bundesarbeitskammer, Wien, 2014
- [CK93] COOPER, R. G.; KLEINSCHMIDT, E. J.: Screening new products for potential winners. *Long Range Planning*, 26 (6), 74–81. doi:10.1016/0024- 6301(93)90208-W, 1993
- [CLL10] CHUA, C.; LEONG, K.; LIM, C.: Rapid prototyping: Principles and applications, 3. ed., World Scientific, Singapore, 2010
- [Coo01] COOPER, R.: Winning at New Products: Accelerating the Process from Idea to Launch. 3. New York : Perseus Verlag, 2001
- [Coo16] COOPER, R. G.: Next in New Product Development – Agile-Stage-Gate Hybrids. *CIMS Innovation Management Report*, November, 2016, pp. 10-1
- [Coo94] COOPER, R. G.: Third-Generation New Product Processes. *Journal of Product Innovation Management*, 11 (1), 3–14. doi:10.1111/1540-5885.1110003, 1994
- [CWC09] CHALUPNIK, M. J.; WYNN, D. C.; CLARKSON, P. J.: Approaches to mitigate the impact of uncertainty in development processes. *Proceedings of the 17th International Conference on Engineering Design*, August 24-27 2009, Palo Alto, 2009
- [Czi07] CZICHOS, H.: Mechatronik: Grundlagen und Anwendungen technischer Systeme, Springer Verlag, 2007
- [DDG+14] DOROCIĄK, R.; DUMITRESCU, R.; GAUSEMEIER, J.; IWANEK, P.: Specification Technique CONSENS for the Description of Self-optimizing Systems. In: J. Gausemeier, F. Rammig, W. Schäfer (Hrsg.) *Design Methodology for Intelligent Technical Systems*, S. 119–127. Springer, Berlin, 2014
- [DEH+16] DABALEN, A.; ETANG, A.; HOOGEVEEN, J.; MUSHI, E.; SCHIPPER, Y.; VON ENGELHARDT, J.: Mobile Phone Panel Surveys in Developing Countries – A Practical Guide for Microdata Collection. World Bank Group, Washington DC, 2016
- [DGC11] DYER, J.; GREGERSEN, H.; CHRISTENSEN, C.: The Innovators DNA, Mastering the five skills of disruptive Innovators, Harvard Business Review Press, 2011
- [DH94] DAENZER, W. F.; HUBER, F.: Systems Engineering. Methodik und Praxis (8. Aufl.). Zürich: Verl. Industrielle Organisation, 1994
- [Dis05] DISSELKAMP, M.: Innovationsmanagement – Instrumente und Methoden zur Umsetzung im Unternehmen. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2005
- [Dis12] DISSELKAMP, M.: Innovationsmanagement – Instrumente und Methoden zur Umsetzung im Unternehmen. 2. Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden, 2012
- [DLO+05] DOW, S.; LEE, J.; OEZBEK, C.; MACINTYRE, B.; BOLTER, J. D.; GANDY, M.: Wizard of Oz Interfaces for Mixed Reality Applications. In *Proceeding CHI Extended Abstracts on Human Factory in Computing Systems*, Portland, USA, 2005, S. 1339-1342

- [Dör79] DÖRNER, D.: Problemlösen als Informationsverarbeitung. 2. Auflage, W. Kohlhammer, Stuttgart, 1979
- [Dou15] Douglass, Agile Systems Engineering, Bruce Powel Douglass, 2015
- [Dou16] Douglass, 2016
- [Dou21] DOUGLASS: Agile Model-Based Systems Engineering Cookbook: Improve system development by applying proven recipes for effective agile systems engineering Taschenbuch, 2021
- [DRG+21] DUMITRESCU, R.; RIEDEL, O.; GAUSEMEIER, J.; ALBERS, A.; STARK, R.: Advanced Systems Engineering, Wertschöpfung im Wandel – Engineering in Deutschland – Status quo in Wirtschaft und Wissenschaft, 2021
- [DRP+20] DUC, A.; RAFAEL, J.; PRIKLADNICKI, X.; ABRAHAMSSON, P.: Fundamentals of Software Startups, 2020
- [Dud22a-ol] DUDEN: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Annahme>, September 2022
- [Dud23a-ol] DUDEN: <https://www.duden.de/rechtschreibung/validieren>, Oktober 2023
- [Dud23b-ol] DUDEN: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Idee>, Oktober 2023
- [Dud23c-ol] DUDEN: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Prototyp>, Oktober 2023
- [Dud23d-ol] DUDEN: <https://www.duden.de/rechtschreibung/System>, Oktober 2023
- [Dud23e-ol] DUDEN: <https://www.duden.de/rechtschreibung/etabliert>, Oktober 2023
- [Dud23f-ol] DUDEN: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Funktionalitäten>, Oktober 2023
- [Dum10] DUMITRESCU, R.: Entwicklungssystematik zur Integration kognitiver Funktionen in fortgeschrittene mechatronische Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 286, Paderborn, 2010
- [Ebe12] EBERT, C.: Systematisches Requirements Engineering – Anforderungen ermitteln, spezifizieren, analysieren und verwalten. dpunkt.verlag, Heidelberg, 2012
- [Ebe15] EBEL, B.: Modellierung von Zielsystemen in der interdisziplinären Produktentstehung (IPEK-Forschungsberichte, Bd. 85). Dissertation. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, 2015
- [Ech14] ECHTERHOFF, N.: Systematik zur Planung von Cross-Industry-Innovationen. Dissertation, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 332, Paderborn, 2014
- [Ech17] ECHTERHOFF, O.: Systematik zur Erarbeitung modellbasierter Entwicklungsaufträge. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Band 362, Jan. 2017
- [Ech18] ECHTERHOFF, B.: Methodik zur Einführung innovativer Geschäftsmodelle in etablierten Unternehmen. Dissertation, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 387, Paderborn, 2018
- [Eck98] ECKSTEIN, J.: Echtzeitfähige Kollisionserkennung für Virtual Reality Anwendungen. Dissertation, Universität des Saarlandes, Herbert Utz Verlag, München, 1998
- [EFA+12] EL-HAJI, M.; FREUDENMANN, T.; ALBERS, A.; GAUTERIN, F.: Ontology-Grounded Test Facility Requirements Definition. In: Tools and Methods of Competitive Engineering (TMCE), Nr. 9, 2012

- [EFA+14] EL-HAJI, M.; FREUDENMANN, T.; ALBERS, A.; GAUTERIN, F.: Ontology-Grounded Validation Methodology for Innovative Automobile Development Projects. In: International Journal of Innovation and Technology Management (IJITM), 2014
- [Ehr09] EHRENSPIEL, K.: Integrierte Produktentwicklung. Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit (4. Aufl.). München: Hanser, 2009
- [Eig14] EIGNER, M.: Überblick Disziplin-spezifische und -übergreifende Vorgehensmodelle. In M. Eigner, D. Roubanov & R. Zafirov (Hrsg.), Modellbasierte virtuelle Produktentwicklung (Bd. 1, S. 15–52). Berlin: Springer. doi:10.1007/978-3-662-43816-9_2, 2014
- [Eis21] EISENMANN, T.: Why Startups Fail: A New Roadmap for Entrepreneurial Success Gebundene Ausgabe, 2021
- [EJE05] EARL, C.; JOHNSON, J.; ECKERT, C. M.: Complexity. In J. Clarkson & C. M. Eckert (Hrsg.), Design process improvement (S. 174–197). London: Springer. doi:10.1007/978-1-84628-061-0_8, 2005
- [EKR93] ENGELHARDT, W. H.; KLEINALTENKAMP, M.; RECKENFELDERBÄUMER, M.: Leistungsbündel als Absatzobjekte – Ein Ansatz zur Überwindung der Dichotomie von Sach- und Dienstleistungen. Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, Volume 45, Springer Gabler, Wiesbaden, 1993, S. 395-426
- [EM13] EHRENSPIEL, K.; MEERKAMM, H.: Integrierte Produktentwicklung – Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit. Hanser, München, 5., überarbeit. und erw. Auflage, 2013
- [ERZ14] EIGNER, M.; ROUBANOV, D.; ZAFIROV, R.: Modellbasierte virtuelle Produktentwicklung. Springer-Verlag, Berlin, 2014
- [Est08] ESTEFAN, J. A.: Survey of Model-Based Systems Engineering (MBSE) Methodologies. INCOSE MBSE Focus Group, 2008
- [EW15] ELVERUM, C.W.; WELO, T.: “On the use of directional and incremental prototyping in the development of high novelty products. Two case studies in the automotive industry”, Journal of Engineering and Technology Management, Vol. 38, 2015, pp. 71–88
- [Fas16-ol] FASTCOMPANY Artikel. Unter: <https://www.fastcompany.com/3063846/why-these-tech-companies-keep-running-thousands-of-failed>
- [FG11] FLIGSTEIN, N.; BERGER, U.: Die Architektur der Märkte (Wirtschaft und Gesellschaft, 1. Aufl.). Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss, 2011
- [FG13] FELDHUSEN, J.; GROTE, K.-H.: Der Produktentstehungsprozess (PEP). In: Feldhusen, J.; Grote, K.-H. (Hrsg.): Pahl/Beitz Konstruktionslehre – Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung. 8., vollständig überarbeitete Auflage, Springer, Berlin, Heidelberg, 2013, S. 11-24
- [FGN+13] FELDHUSEN, J.; GROTE, K.-H.; NAGARAJAH, A.; PAHL, G.; BEITZ, W.; WARTZACK, S.: Vorgehen bei einzelnen Schritten des Produktentstehungsprozesses. In: Feldhusen, J.; Grote, K.-H. (Hrsg.): Pahl/Beitz Konstruktionslehre – Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 8. Auflage, 2013, S. 291-410
- [Fre14] FREUDENMANN, T.: Ontologien zur Validierung von Produkten basierend auf dem Contact & Channel-Ansatz (C&C2-Ansatz). Dissertation, Forschungsberichte des IPEK – Institut für Produktentwicklung, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Band 78, Karlsruhe, 2014
- [Fri18-ol] FRITZ, M.: AR/VR Prototyping. Unter: <https://medium.com/inborn-experience/ar-vr-prototyping-cd765bad650f>, 28. Dezember 2018
- [FS05] FRICKE, E.; SCHULZ, A.: Design for Changeability (DfC): Principles To Enable Changes in Systems Throughout Their Entire Lifecycle. Systems Engineering, 8(4), 2005, S. 342-359

- [FT16] FROBÖSE, M.; THURM, M.: Marketing. Springer Gabler Verlag, Wiesbaden, 2016
- [Gab18-ol] GABLER WIRTSCHAFTSLEXIKON (Hrsg.): Systematik. Unter: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/systematik-50801/version-274017>, 19. Februar 2018
- [GAC+13] GAUSEMEIER, J.; ANACKER, H.; CZAJA, A.; WABMANN, H.; DUMITRESCU, R.: AUF DEM WEG ZU INTELLIGENTEN TECHNISCHEN SYSTEMEN. IN: GAUSEMEIER, J.; DUMITRESCU, R.; RAMMIG, F.-J.; SCHÄFER, W.; TRÄCHTLER, A. (Hrsg.): 9. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme, 18.-19. April., HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 310, Paderborn, 2013
- [GAD+14] GAUSEMEIER, J.; AMSHOFF, B.; DÜLME, C.; KAGE, M.: Strategische Planung von Marktleistungen im Kontext Industrie 4.0. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung – 10. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 20.-21. November, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 334, Paderborn, 2014, S. 5-36
- [Gal73] GALBRAITH, J.: Designing complex organizations. Boston: Addison-Wesley, 1973
- [GAN19] GRIGORYAN, K.; ASMAR, L. (Betreuer); NIEWÖHNER, N. (Betreuer): Strukturierungsrahmen für eine kundenintegrierte Validierung von Produkt-Service-Systemen, Universität Paderborn, unveröffentlichte Masterarbeit, 2019
- [Gar14] GARBUGLI, E.: Lean B2B, Build Products Businesses want, 2014
- [Gar20] GARBUGLI, E.: Solving Product, Reveal Gaps, Ignite Growth, and Accelerate Any Tech Product with Customer Research, 2020
- [Gar98] GARBE, B.: Industrielle Dienstleistungen – Einfluß und Erfolgsfaktoren. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 1998
- [Gau10] GAUSEMEIER, J.: Frühzeitige Zuverlässigkeitsanalyse mechatronischer Systeme. Carl Hanser Verlag, München, 2010
- [GB12] GERICKE, K.; BLESSING, L.: An analysis of design process models across disciplines. In: Marjanović, D.; Štorga, M.; Pavković, N.; Bojčetić, N.; Škec, S. (Eds.): Proceedings of the DESIGN 2012, 12th International Design Conference, Dubrovnik, 2012
- [GBV+09] GRONAU, N.; BAHRS, J.; VLADOVA, G.; BAUMGRASS, A.; MEUTHRATH, B.; PETERS, K.: Anwendungen und Systeme für das Wissensmanagement – Ein aktueller Überblick. 3. Auflage, GITO Verlag, Berlin, 2009
- [GDE+18] GAUSEMEIER, J.; DUMITRESCU, R.; ECHTERFELD, J.; PFÄNDER, T.; STEFFEN, D.; THIELEMANN, F.: Innovationen für die Märkte von morgen, Carl Hanser Verlag, München, 2018
- [GDE+19] GAUSEMEIER, J.; DUMITRESCU, R.; ECHTERFELD, J.; PFÄNDER, T.; STEFFEN, D.; THIELEMANN, F.: Innovationen für die Märkte von morgen – Strategische Planung von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen. Carl Hanser Verlag, München, 2019
- [GFS13] GÄNGL-EHRENWERTH, C.; FAULLANT, R.; SCHWARZ, E. J.: Kundenintegration in den Neuproduktentwicklungsprozess. In D. E. Krause (Hrsg.), Kreativität, Innovation, Entrepreneurship (Bd. 11, S. 371–384). Wiesbaden: Springer Gabler. doi:10.1007/978-3-658-02551-9_19, 2013
- [GEK01] GAUSEMEIER, J.; EBBERSMEYER, P.; KALLMEYER, F.: Produktinnovation – Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen. Carl Hanser Verlag, München, 2001
- [Ger08] GERST, M.: Strategische Produktentscheidungen in der integrierten Produktentwicklung. München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 52). Zugl. München: TU, 2002
- [Geu96] GEUER, A.: Einsatzpotential des Rapid Prototyping in der Produktentwicklung. Springer, Berlin, Heidelberg, 1996

- [GFC13b] GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle entwickeln – 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. Hanser Verlag, München, 2013
- [GFD+08] GAUSEMEIER, J.; FRANK, U.; DONOTH, J.; KAHL, S.: Spezifikationstechnik zur Beschreibung der Prinzipiellösung selbstoptimierender Systeme des Maschinenbaus (Teil 1). In: Konstruktion Juli/August 7/8-2008, Springer VDI Verlag, Düsseldorf, 2008
- [GFF05] GEBAUER, H.; FLEISCH, E.; FRIEDLI, I.: Overcoming the service paradox in manufacturing companies. *European Management Journal*, Volume 23, Issue 1, Elsevier, Amsterdam, 2005
- [GH99] GRUNER, K. E.; HOMBURG, C.: Innovationserfolg durch Kundeneinbindung. Eine empirische Untersuchung. *Innovation und Investition*, 69 (1), 119–142., 1999
- [GJS+12] GEIER, M.; JÄGER, S.; STIER, C.; ALBERS, A.: Combined real and virtual domain product validation using top-down strategies. In *Proceedings of the ASME 2012 Verification and Validation Symposium (V&V)* (S. 1–10). Las Vegas, NV, USA, 2012
- [GJS16] GEBAUER, H.; JONCOURT, S.; SAUL, C.: Der Wandel vom Produzenten zum Dienstleister – Eine konzeptionelle Analyse der Servicetransformation im Wassersektor. In: Bruhn, M.; Hadwich, K. (Hrsg.): *Servicetransformation – Entwicklung vom Produktanbieter zum Dienstleistungsunternehmen*. Springer Gabler, Wiesbaden, 2016, S. 750-771
- [GK09] GRÖPPEL-KLEIN, A.; KÖNIGSTORFER, J.: Projektive Verfahren in der Marktforschung. In: Buber, R.; Holzmüller, H.-H. (Hrsg.): *Qualitative Marktforschung: Konzepte – Methoden – Analysen*. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2009
- [GNS16] GENGNAGEL, C.; NAGY, E.; STARK, R. (Hrsg.): *Rethink! Prototyping: Transdisciplinary Concepts of Prototyping*. Springer International, Cham, 2016
- [GP14] GAUSEMEIER, J.; PLASS, C.: *Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung – Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. 2.*, Hanser, München, 2014
- [Gra10] MCGRATH, R. G.: Business Models: A Discovery Driven Approach. *Long Range Planning* 43, 2010, S. 247-261
- [Gra19] GRAVE, J.-F.: What KPIs are key? Evaluating performance metrics for social media influencers. In: *Social Media+ Society* 5, Nr. 3, S. 2056305119865475, 2019
- [Gro05] GRONAU, N.: Marktüberblick: Anwendungen und Systeme für das Wissensmanagement. In: *Industrie Management*, 2005 S. 53-59
- [GRS+15] GAUBINGER, K.; RABL, M.; SWAN, S.; WERANI, T.: “The New Product Development”, in GAUBINGER, K.; RABL, M.; SWAN, S.; WERANI, T.: *Innovation and product management: A holistic and practical approach to uncertainty reduction*, Springer Texts in Business and Economics, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, s.l., 2015, pp. 175– 206.
- [Gru18] GRUNDNER, H.: *Produkt Innovation entwickeln: von klassisch bis agil*. Books on Demand, Norderstedt, 2018
- [GRW19] GROTE, E.; ROELTGEN, D. (Betreuer), WORTMANN, F. (Betreuer): *Systematik zur kundenintegrierten Validierung von Geschäftsmodellen für Augmented Reality*, Universität Paderborn, unveröffentlichte Masterarbeit, 2019
- [GTD13] GAUSEMEIER, J.; TSCHIRNER, C.; DUMITRESCU, R.: Der Weg zu Intelligenten Technischen Systemen. *Industriemanagement*, 29/2013, Gito, Berlin, 2013, S. 49-52
- [GTS+14] GAUSEMEIER, J.; TRÄCHTLER, A.; SCHÄFER: *Semantische Technologien im Entwurf mechatronischer Systeme*, 2014
- [Gue14] GUERCINI, S.: *New qualitative research methodologies in management*, 2014

- [GW16] GAUSEMEIER, J.; WIEDERKEHR, O.: Im Spannungsfeld zwischen Strategischer Planung und Entwicklung. In: GAUSEMEIER, J.; OVTCHAROVA, J.; AMSHOFF, B.; ECKELT, D.; ELSTERMANN, M.; PLACZEK, M.; WIEDERKEHR, O. (Hrsg.): Strategische Produktplanung – adaptierbare Methoden, Prozesse und IT-Werkzeuge für die Planung der Marktleistungen von morgen, Heinz Nixdorf Institut, Paderborn, 2016, S. 20-25
- [GWR09] GAUBINGER, K.; WERANI, T.; RABL, M.: Praxisorientiertes Innovations- und Produktmanagement. Grundlagen und Fallstudien aus B-to-B-Märkten. Wiesbaden: Springer Gabler. doi:10.1007/978-3-8349-8780-8, 2009
- [Hal06] HALLER, M.: Emerging Technologies of Augmented Reality: Interfaces and Design. Idea Group, 2006
- [Han68] HANSEN, F.: Konstruktionssystematik – Grundlagen für eine allgemeine Konstruktionslehre. VEB Verlag Technik, Berlin, 3., durchgesehene Auflage, 1968
- [Har19-ol] ROSCHIG, F.: Reasons why innovations fail Unter: <https://fabianroschig.com/de/blog/95-of-innovations-fail-understand-the-4-main-reasons-why-and-learn-how-you-can-do-better-be9e5f5e5711>
- [Has06] HASSENZAHL, M.: Interaktive Produkte wahrnehmen, erleben, bewerten und gestalten. In M. Eibl, H. Reiterer, P. F. Stephan & F. Thissen (Hrsg.), Knowledge Media Design. Theorie, Methodik, Praxis (2. Aufl., S.147–167). Mün-chen: Oldenbourg. doi:10.1524/9783486593433.147, 2006
- [Has10] HASSLER, M.: Web Analytics: Metriken auswerten, Besucherverhalten verstehen, Website optimieren. 2., Auflage, Verlagsgruppe Hüthig-Jehle-Rehm, Heidelberg, 2010
- [Haß83] HAß, J.: Die Messung des technischen Fortschritts; München, 1983
- [HBL+17] HOSTETTLER, R.; BÖHMER, A.I.; LINDEMANN, U; KNOLL, A.: “TAF Agile Framework”, 23th International ICE Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE'17), Vol. 23, 2017, pp. 788–796.
- [HC10] HEVNER, A. R.; CHATTERJEE, S.: Design Research in Information Systems – Theory and Practice. Volume 22, Springer Verlag, New York, 2010
- [HCD08] HOWARD, T. J.; CULLEY S. J.; DEKONINCK, E.: Describing the creative design process by the integration of engineering design and cognitive psychology literature. In: Design Studies 29 (4), 2008
- [HE88] HUBKA, V.; EDER, E.: Theorie technischer Systeme, Buch, 1988
- [Hei08] HEINRICHS, N. Bewertung von Wachstums- und Startup-Unternehmen. Analyse traditioneller Bewertungsverfahren und des stochastischen Modells von Schwartz und Moon (1. Auf.). Univ., Magisterarbeit, Köln, 2008
- [Hel01] HELM, R.: Planung und Vermarktung von Innovationen. Die Präferenz von Konsumenten für verschiedene Innovationsumfänge unter Berücksichtigung des optimalen Simulationsniveaus und marktbezogener Einflussfaktoren (Betriebswirtschaftliche Abhandlungen). Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2001
- [Hev07] HEVNER, A. R.: A Three Cycle View of Design Science Research. In: Scandinavian Journal of Information Systems, Volume 19, Issue 2, 2007
- [HH94] HÄDER, M.; HÄDER, S.: Die Grundlagen der Delphi-Methode: ein Literaturbericht, ZUMA-Arbeitsbericht, Mannheim: Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen, 1994
- [HH97] HOUDE, S.; HILL, C.: What do Prototypes Prototype?. In: Helander, M; Landauer, T. K.; Prabhu, P.V. (Hrsg.), Handbook of human-computer interaction. Elsevier, Amsterdam, New York, 1997, pp. 367-381

- [HHM04] HAGUE, P. N.; HAGUE, N.; MORGAN, C.-A.: Market research in practice: a guide to the basics. Kogan Page Publishers, 2004
- [HM10] HERATH, S.; MAIER, G.: The hedonic price method in real estate and housing market research: a review of the literature, 2010
- [HMP+04] HEVNER, A. R.; MARCH, S. T.; PARK, J.; RAM, S.: Design Science in Information Systems Research. In: MIS Quarterly, 2004
- [HNA+12] HOLMQVIST, K.; NYSTROM, M.; ANDERSSON, R.; DEWHURST, R.; JARODZKA, H.; VAN DE WEIJER, J.: Eye Tracking: A Comprehensive Guide to Methods and Measures. Oxford University Press, 2012
- [HNZ+19] HEIMICKE, J.; NIEVER, M.; ZIMMERMANN, V.; KLIPPERT, M.; MARTHALER F.; ALBERS, A.: Comparison of Existing Agile Approaches in the Context of Mechatronic System Development: Potentials and Limits in Implementation, CIRP, 2019
- [Höh11] HÖHNE, G.: Die Konstruktionssystematik – eine Thüringer Ingenieurleistung. In: VDI Thüringer Mitteilungen – Dem Fortschritt verpflichtet – 150 Jahre VDI in Thüringen. Sonderheft, Public Verlagsgesellschaft und Anzeigenagentur mbH, Bingen, 2011, S. 78-81
- [Hom15] HOMBURG, C.: Marketingmanagement – Strategie – Instrumente – Umsetzung – Unternehmensführung. 5. Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden, 2015
- [Hor01] HORVÁTH I.: A contemporary survey of scientific research into engineering design. In: Culley S, et al. (eds) International Conference on Engineering Design (ICED'01). Glasgow, 2001, pp 13–20
- [HS07] HAUSCHILDT, J.; SALOMO, S.: Innovationsmanagement. Vahlen Verlag, München, 4. Auflage, 2007
- [HS09] HERZOG, O.; SCHILDHAUER, T.: Intelligente Objekte – Technische Gestaltung, wirtschaftliche Verwertung, gesellschaftliche Wirkung. Springer, Berlin, 2009
- [HV07] HERSTATT, C.; VERWORN, B.: Management der frühen Innovationsphasen: Grundlagen — Methoden — Neue Ansätze, 2., überarbeitete und erweiterte Auflage, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler | GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden, Wiesbaden, 2007
- [HW15] HOFBAUER; WILHELM: Innovationsprozesse erfolgreich managen – ein Praxisabgleich für die frühe Phase des Innovationsmanagements, 2015
- [HWF+12] HABERFELLNER, R.; WECK DE, O. L.; FRICKE, E.; VÖSSNER, S.: Systems Engineering – Grundlagen und Anwendung. Orell Füssli, Zürich, 2012
- [IDK+13] IWANEK, P.; KAISER, L.; DUMITRESCU, R.; NYBEN, A.: Fachdisziplinübergreifende Systemmodellierung mechatronischer Systeme mit SysML und CONSENS. In: Maurer, M.; Schulze, S.-O. (Hrsg.): Tag des Systems Engineering – Der Weg zu den technischen Systemen von morgen. Stuttgart 6.-8. November 2013, Carl Hanser Verlag, 2013, 337-346
- [Ink16] INKNOWATION STUDIE: Gründe für das Scheitern von Innovationen, Maria Tagwerker-Sturm, <https://www.inknowaction.com/blog/Innovationsmanagement/gruende-fuer-das-scheitern-von-innovationen-6091/>, 2016
- [its-owl22-ol] IT'S OWL. Unter: <https://www.its-owl.de/projekte/transferprojekte/details/back-643/integration-der-fruehen-validierung-von-intelligenten-technischen-systemen-am-beispiel-eines-aluminiumsystemherstellers/>, 2022
- [JD14] JERVIS, M. G.; DRAKE, M.: The use of qualitative research methods in quantitative science: A review. In: Journal of Sensory Studies 29, 2014

- [JJD13] JESCHKE, S.; JAKOBS, E.-M.; DRÖGE, A. (HRSG.): Exploring uncertainty. Ungewissheit und Unsicherheit im interdisziplinären Diskurs. Wiesbaden: Springer Gabler, 2013
- [Joh10] JOHNSON, M. W.: Seizing the White Space – Business Model Innovation for Growth and Renewal. Harvard Business Press, Boston, 2010
- [Jue17] JUERGENHAKE, C.: Systematik für eine prototypenbasierte Entwicklung mechatronischer Systeme in der Technologie MID (Molded Interconnect Devices), Dissertation, Universität Paderborn, 2017
- [Kai13] KAISER, L.: Rahmenwerk zur Modellierung einer plausiblen Systemstruktur mechatronischer Systeme, Dissertation, Universität Paderborn, 2013
- [Kag14] KAGERMANN, H.: Industrie 4.0 und die Smart Service Welt – Dienstleistungen für die digitalisierte Gesellschaft. In: BOES, A. (Hrsg.): Dienstleistung in der digitalen Gesellschaft – Beiträge zur Dienstleistungstagung des BMBF im Wissenschaftsjahr 2014. Campus Verlag, Frankfurt, New York, 2014
- [KHD+13] KOHLER, K.; HOCHREUTER, T.; DIEFENBACH, S.; LENZ, E.; HASSENZAHL, M.: Durch schnelles Scheitern zum Erfolg. Eine Frage des passenden Prototypen? In Beiträge zur Usability Professionals Konferenz (S. 78–84). Bremen, 2013
- [Kic95] KICKERMANN, H.: Rechnergestützte Verarbeitung von Anforderungen im methodischen Konstruktionsprozess. Dissertation, Technische Universität Braunschweig, 1995
- [Kim13] KIM, D.: The State of Scrum. Benchmark and Guidelines. Zugriff am 30.08.2019. Unter: https://www.scrumalliance.org/ScrumRedesignDEVSite/media/ScrumAllianceMedia/Files%20and%20PDFs/State%20of%20Scrum/2013-State-of-Scrum-Report_062713_final.pdf, 2013
- [KK13] KELLEY, T.; KELLEY, D.: Creative confidence: Unleashing the creative potential within us all, 1. ed., Crown Business, New York, 2013
- [KK16] KOTLER, P.; KELLER, K. L.: Marketing Management, Pearson Education, Harlow, 15th Edition, 2016
- [Kli16] KLINGLER, S.: Eine Methode zur effizienten und effektiven Unterstützung der kontinuierlichen Validierung im Kontext der PGE – Produktgenerationsentwicklung (IPEK-Forschungsberichte, Bd. 101). Dissertation. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, 2016
- [Kli17] KLINGLER, S.: Eine Methode zur effizienten und effektiven Unterstützung der kontinuierlichen Validierung im Kontext der PGE
- [KNP17] KREUTZER, R.; NEUGEBAUER, T.; PATTLOCH, A.: Digital Business Leadership – Digitale Transformation – Geschäftsmodell – Innovation – agile Organisation – Change-Management. Springer Gabler Verlag, Wiesbaden, 2017
- [Kol21] KOLDEWEY, C.: Systematik zur Entwicklung von Smart Service-Strategien im produzierenden Gewerbe, Dissertation, Verlagsschriftenreihe des Heinz-Nixdorf-Instituts, Band 399, Universität Paderborn, 2021
- [Koz02] KOZINETS, R.: The Field Behind the Screen: Using Netnography for Marketing Research in Online Communities. Journal of Marketing Research, February 2002, Vol. 39, No. 1, 2002, pp. 61 – 72
- [KPW08] KNACKSTEDT, R.; PÖPPELBUß, J.; WINKELMANN, A.: Integration von Sach- und Dienstleistungen – Ausgewählte Internetquellen zur hybriden Wertschöpfung. Wirtschaftsinformatik, Band 50, Ausgabe 3, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2008, S. 235-247
- [KR16] KLEIN, P.; REINHART, G.: Towards Agile Engineering of Mechatronic Systems in Machinery and Plant Construction, CIRP, 2016

- [KR22] KNOLL, M; STIEGLITZ S.: Augmented Reality und Virtual Reality – Einsatz im Kontext von Arbeit, Forschung und Lehre, 2022
- [Kue16] KÜHN, A.: Systematik zur Release-Planung intelligenter technischer Systeme, Dissertation, Universität Paderborn, 2016
- [Lat17] LATTENKAMP, K.: Das richtige Entwickeln: Pretotyping vor Prototyping. Itemis, Hamburg, 2017
- [Law09] LAW, J.: A Dictionary of Business and Management (5. Ed), in Oxford University Press, 2009
- [LB20] LUCA, M.; BAZERMAN, M.: The Power of Experiments, Decision Making in a Data-driven World, 2020
- [LCW+14] LINDEMANN, U.; CHUCHOŁOWSKI, N.; BEHNCKE, F.: Änderungsmanagement in Entwicklungsprozessen. In: Vogel-Heuser, B.; Lindemann, U.; Reinhart, G. (Hrsg.): Innovationsprozesse zyklusorientiert managen – Verzahnte Entwicklung von Produkt-Service Systemen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2014, S. 123-1
- [Lee08] LEE, E. A.: Cyber Physical Systems: Design Challenges. Technical Report No. UCB/EECS2008-8, Electrical Engineering and Computer Sciences, University of California at Berkley, Berkley, USA, 2008
- [LG04] LOVELOCK, C.; GUMMESSON, E.: Whither Services Marketing? - In Search of a New Paradigm and Fresh Perspectives. Journal of Service Research, Vol. 7, Iss. 1, 2004
- [LG14] LERCH, C.; GOTSCH, M.: Die Rolle der Digitalisierung bei der Transformation vom Produzenten zum produzierenden Dienstleister. Die Unternehmung – Swiss Journal Of Business Research And Practice, Jahrgang 68, Heft 4, Nomos, Baden-Baden, 2014, S. 250-267
- [Lin05] LINDEMANN, U.: Methodische Entwicklung technischer Produkte – Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden, Springer, Berlin, Heidelberg, 2005
- [Lin14] LINK, P.: Agile Methoden im Produkt-Lifecycle-Prozess – Mit agilen Methoden die Komplexität im Innovationsprozess handhaben. In: Schoeneberg, K.-P. (Ed.): Komplexitätsmanagement in Unternehmen, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2014
- [Lin15] LIND, P.: Monitoring Business Performance – Models, Methods and Tools. Routledge, New York, 2015
- [Lin17] LINDEMANN, U. (Hrsg.): Handbuch Produktentwicklung, Hanser, München, 2017
- [LK09] LAPLACA, P. J.; KATRICHIS, J. M.: Relative presence of business-to-business research in the marketing literature. In: Journal of Business-to-Business Marketing 16, Nr. 1-2, 2009, S. 1–22
- [LL06] LECOINTRE, G.; LE GUYADER, H.: Biosystematik – Alle Organismen im Überblick. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006
- [LL08] LINDEMANN, U.; LORENZ, M.: Uncertainty handling in integrated product development. In Proceedings of the 10th International Design Conference (DESIGN) (S. 175–182). Dubrovnik, Kroatien, 2008
- [LL09] LANDE, M.; LEIFER, L.: “Prototyping to Learn. Characterizing Engineering Students’ Prototyping Activities and Prototypes”, in Norell Bergendahl, M. (Ed.), Product and systems design, DS / Design Society, DS 58-1, Design Society, Glasgow, 2009, pp. 507–516.
- [LMB09] LINDEMANN, U.; MAURER, M.; BRAUN, T.: Structural complexity management. Springer Verlag, München, 2009

- [LMD19] LEWIS, T.; METZ, I. D.; DEBBAUDT, L.: Validation Guide - 24 ways to test your business ideas, 2019
- [Low07] LOWHORN, G. L.: Qualitative and quantitative research: How to choose the best design. In: Academic Business World International Conference, 2007
- [LPP+06] LIM, Y.-K., PANGAM, A., PERIYASAMI, S. & ANEJA, S.: Comparative analysis of high- and low-fidelity prototypes for more valid usability evaluations of mobile devices. In Proceedings of the 4th Nordic Conference on Human-Computer Interaction Changing Roles (NordiCHI) (S. 291–300). Oslo, Norwegen. doi:10.1145/1182475.1182506, 2006
- [Lud19] LUDWIG, C.: Unternehmensführung in einem volatilen Umfeld: Ist strategische Führung in Zeiten von VUCA-Bedingungen obsolet? In: Gestaltung und Management der digitalen Transformation, 2019
- [MAK+16] MACK, O.; ANSHUMAN, K.; KRÄMER, A; BURGARTZ, T.: Managing in a VUCA World, Springer, 2016
- [Man02] MANUEL, G.: Strategische Produktentscheidungen in der integrierten Produktentwicklung, Dissertation, Technische Universität München, 2002
- [Man19-ol] [1] Online-Beitrag MAN – Truck and Bus. Unter: <https://www.mantruckandbus.com/de/innovation/wasserstoff-meets-lkw-man-baut-erste-prototypen.html>
[2] Online-Beitrag EUROTRANSPORT.DE. Unter: <https://www.eurotransport.de/artikel/praxis-test-hamburg-truck-pilot-auf-der-a-7-man-und-hhla-starten-autonom-fahrende-lkw-10469313.html>
- [Mat16] MATROS, K.: Entwicklung von Hybridantriebssystemen auf Basis des PullPrinzips der Validierung und des IPEK-X-in-the-Loop-Ansatzes (IPEK-Forschungsberichte, Bd. 95). Dissertation. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, 2016
- [MB12] MACKAY, W., BEAUDOUIN-LAFON, M.: “Prototyping Tools and Techniques”, in Jacko, J.A. (Ed.), The human-computer interaction handbook: Fundamentals, evolving technologies and emerging applications, Human factors and ergonomics, Vol. 20094116, 3. ed., CRC Taylor & Francis, Boca Raton, Fla., 2012, pp. 121–143.
- [MBK08] MEFFERT, H.; BURMANN, C.; KIRCHGEORG, M.: Marketing – Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung. 10., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Gabler, Wiesbaden, 2008
- [MBK15] MEFFERT, H.; BURMANN, C.; KIRCHGEORG, M.: Marketing – Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung, Konzepte – Instrumente – Praxisbeispiele. 12. Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden, 2015
- [McE17] MCELROY, K.: Prototyping for Designers, Developing the best digital & physical products, O'Reilly, 2017
- [McG09] MCGIVERN, Y.: The practice of market research: an introduction. Pearson Education, 2009
- [MD01] MILLER, T. W.; DICKSON, P. R.: On-line market research, 2001
- [Meb08] MEBOLDT, M.: Mentale und formale Modellbildung in der Produktentstehung. Als Beitrag zum integrierten Produktentstehungs-Modell (iPeM) (IPEK-Forschungsberichte, Bd. 29). Dissertation. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, 2008
- [MGO20] MÖLLER, F.; GUGGENBERGER, T. M.; OTTO, B.: Towards a Method for Design Principle Development in Information Systems. In: HOFMANN, S.; MÜLLER, O.; ROSSI, M. (Eds.): Designing for Digital Transformation. Co-Creating Services with Citizens and Industry, Springer International Publishing, Cham, 2020

- [MH04] MCMANUS, H.; HASTINGS, D.: A framework for understanding uncertainty and its mitigation and exploitation in complex systems. In: IEEE Engineering Management Review 34, Nr. 3, 2004
- [MIN01] MINDER, S.: Wissensmanagement in KMU – Beitrag zur Ideengenerierung im Innovationsprozess. Dissertation, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universität St. Gallen, Verlag HSG, St. Gallen, 2001
- [Mit17] MITCHELL, E.: Leading through the turn: How a journey mindset can help leaders find success and significance. McGraw Hill Professional, New York City, 2017
- [MLP+12] MEERPOHL, J.; LANGER, G.; PERLETH, M.; GARTLEHNER, G.; KAMINSKI, A.; SCHÜNEMANN, H.: GRADE-Leitlinien: 3. Bewertung der Qualität der Evidenz (Vertrauen in die Effektschätzer), In: Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen, Journal, 2012
- [MM10] MEY, G.; MRUCK, K. (Hrsg.): Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 2010
- [Moe14] MOELLER, E.: Handbuch Konstruktionswerkstoffe: Auswahl, Eigenschaften, Anwendung. 2. Auflage, Hanser, München, 2014
- [MS11] MERONI, A.; SANGIORGI, D.: Design for Services. Gower Publishing, Farnham, 2011
- [MSJ16] MENOLD, J.; SIMPSON, T.W.; JABLOKOW, K.W.: “The Prototype for X (PFX) Framework. Assessing the Impact of PFX on Desirability, Feasibility, and Viability of End Designs”, in 28th International Conference on Design Theory and Methodology, Proceedings of the ASME International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, The American Society of Mechanical Engineers, New York, N.Y., 2016, pp. 70–112
- [MSJ17] MENOLD, J.; SIMPSON, T.; JABLOKOW, K.: Prototype for X (PFX): A holistic framework for structuring prototyping methods to support engineering design, 2017
- [MSMR17] MOOI, E.; SARSTEDT, M.; MOOI-RECI, I.: Market research: The process, data, and methods using Stata. Springer, 2017
- [MU12] MEIER, H.; UHLMANN, E.: Hybride Leistungsbündel – ein neues Produktverständnis. In: MEIER, H.; UHLMANN, E. (Hrsg.): Integrierte Industrielle Sach- und Dienstleistungen – Vermarktung, Entwicklung und Erbringung hybrider Leistungsbündel. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2012, S. 1-21
- [Nag11] NAGARAJAH, A.: Selbstorganisierende Merkmalskarten für eine anforderungsbasierte Produktvariantenauswahl. Shaker-Verlag, Aachen, 2011
- [NBS16] NORTH, K.; BRANDNER, A.; STEININGER, T.: Wissensmanagement für Qualitätsmanager, Springer Verlag, 2016
- [NHL98] NÜTTGENS, M.; HECKMANN, M.; LUZIUS, M. J.: Service Engineering Rahmenkonzept. IM – Fachzeitschrift für Information, Management und Consulting, Band 13, Sonderausgabe Service Engineering, IMC, Saarbrücken, München, 1998, S. 14-19
- [Nie90] JAKOB NIELSEN, J.: “Usability engineering at a discount”, in Salvendy, G. and Smith, M.J. (Eds.), Proceedings of the Third International Conference on Human-Computer Interaction: Boston, Massachusetts, September 18 - 22, 1989, Advances in human factors ergonomics, 2. impr, Elsevier, Amsterdam, 1990, pp. 394–401.
- [NNY+18] NEBELING, M.; NEBELING, J.; YU, A.; RUMBLE, R.: ProtoAR: Rapid Physical-Digital Prototyping of Mobile Augmented Reality Applications. Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Paper No. 353, Montreal, Canada, 2018

- [Nor11] NORTH, K.: Wissensorientierte Unternehmensführung. Wertschöpfung durch Wissen (Gabler Lehrbuch, 5. Aufl.). Wiesbaden: Springer Gabler. doi:10.1007/978-3-8349-6427-4, 2011
- [Nos03] NOSTRAND, I.: A quantitative model for evaluating advancement effectiveness. In: International Journal of Educational Advancement 4 (2003), Nr. 2, S. 166–178, 2003
- [NW+04] NEUFVILLE, R.; WECK, O. L.; FREY, D.; HASTINGS, D.; LARSON, R.; SIMCHI-LEVI, D.; OYE, K.; WEIGEL, A.: Uncertainty management for engineering systems planning and design. In: Proceedings of the 2004 MIT Engineering Systems Symposium (S. 1–18). Cambridge, MA, USA, 2004
- [NZN+16] NOLL, E.; ZISLER, K.; NEUBUGER, R.; EBERSPÄCHER, J.; DOWLING, M.: Neue Produkte in der digitalen Welt. BoD – Books on Demand, Norderstedt, 2016
- [OB14] OUN, M. A.; BACH, C.: Qualitative research method summary, 2014
- [Ols15] OLSEN, D.: The Lean Product Playbook. John Wiley, New Jersey, 2015
- [OK03] OLIVA, R.; KALLENBERG, R.: Managing The Transition From Products To Services. International Journal Of Service Industry Management, Volume 14, No. 2, MCP University Press, Bradford, 2003, pp. 160-172
- [OPB+14] OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y.; BERNARDA, G.; SMITH, A.: Value proposition design - How to create products and services customers want. Wiley, Hoboken, 2014
- [Ort18-ol] ORTON, K.: Desirability, Feasibility, Viability: The Sweet Spot for Innovation. Unter: <https://medium.com/innovation-sweet-spot/desirability-feasibility-viability-the-sweet-spot-for-innovation-d7946de2183c>, 11. Dezember 2018
- [OS10] OKOLI, C.; SCHABRAM K.: A Guide to Conducting a Systematic Literature Review of IS Research, SSRN Electronic Journal, 2010
- [OTWS13] OMAN, S. K.; TUMER, I. Y.; WOOD, K.; SEEPERSAD, C.: A Comparison of Creativity and Innovation Metrics and Sample Validation through In-Class Design Projects. Research in Engineering Design, 2013
- [OW18] OTTAWA, M.; WINKLER, R.: Kompetenzen für die Marktforschung. De Gruyter, Berlin, 2018
- [ÖO10] ÖSTERLE, H.; OTTO, B.: Konsortialforschung. WIRTSCHAFTSINFORMATIK, Vol. 52, Iss. 5, 2010, p. 273–285
- [PAS1094] PUBLICLY AVAILABLE SPECIFICATION: PAS 1094 – Hybride Wertschöpfung – Integration von Sach- und Dienstleistung. Beuth, Berlin, 2009
- [Pat14] PATTON, J.: User Story Mapping. O'Reiley Media, Sebastopol, 2014
- [Pat82] PATZAK, G.: Systemtechnik, Planung komplexer innovativer Systeme – Grundlagen, Methoden, Techniken. Springer, Berlin, New York, 1982
- [Pau15] PAUL, J.: Praxisorientierte Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre – Mit Beispielen und Fallstudien. 3., aktualisierte Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden, 2015
- [PB21] PAHL, G.; BEITZ, W.: Konstruktionslehre, Springer Verlag, 9. Auflage, 2021
- [PBF+07] PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHOSEN, J.; GROTE, K.-H.: Konstruktionslehre – Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung, Methoden und Anwendung. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 7. Auflage, 2007
- [Pep95] PEPELS, W.: Käuferverhalten und Marktforschung – Eine praxisorientierte Einführung. Schäffer-Pöschel Verlag, Stuttgart, 1995

- [Per87] PERILLIEUX, R.: Der Zeitfaktor im strategischen Technologiemanagement – früher oder später Einstieg bei technischen Produktinnovationen?. Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1987
- [PL11] PONN, J.; LINDEMANN, U.: Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte. Systematisch von Anforderungen zu Konzepten und Gestaltlösungen (VDI-Buch, 2. Aufl.). Berlin: Springer. doi:10.1007/978-3-642-20580-4, 2011
- [PL14] PAULWEBER, M.; LEBERT, K.: Mess- und Prüfstandstechnik: Antriebsstrangentwicklung · Hybridisierung · Elektrifizierung, Springer Vieweg, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-04453-4>, 2014
- [Pou18-ol] POULSON, R.: Prototyping Augmented Reality. Unter: <https://knightlab.northwestern.edu/2018/08/09/prototyping-in-ar/>, 28. Dezember 2018
- [PS96] PLESCHAK, F.; SABISCH, H.: Innovationsmanagement. Schäffer-Poeschel, UTB, Stuttgart, 1996
- [PTG+06] PEFFERS, K.; TUUNANEN, T.; GENGLER, C. E.; ROSSI, M.; HUI, W.; VIRTANEN, V.; BRAGGE, J.: The design science research process: A model for producing and presenting information systems research. In: Journal of Management Information Systems, Claremont, 2006
- [PTS12] PETTY, N. J.; THOMSON, O. P.; STEW, G.: Ready for a paradigm shift? Part 2: Introducing qualitative research methodologies and methods, 2012
- [PWS15] PRICE, R. A.; WRIGLEY, C.; STRAKER, K.: Not just what they want, but why they want it: Traditional market research to deep customer insights. In: Qualitative Market Research: An International Journal, 2015
- [PWY14] POYNTER, R.; WILLIAMS, N.; YORK, S.: The Handbook of Mobile Market Research – Tools and Techniques for Market Research. Wiley, 2014
- [QFA17] QUEIRO´S, A.; FARIA, D.; ALMEIDA, F.: Strengths and limitations of qualitative and quantitative research methods. In: European Journal of Education Studies, 2017
- [Rab19] RABE, M.: Systematik zur Konzipierung von Smart Services, HNI, Dissertation, 2019
- [RAE22] REDDY, S.; ASMAR, L.; ENZBERG, S.: Validation of the technical feasibility of market performance ideas in established companies in the context of Smart building, Universität Paderborn, unveröffentlichte Masterarbeit, 2022
- [RB06] RECKENFELDERBÄUMER, M.; BUSSE, D.: Kundenmitwirkung bei der Entwicklung von industriellen Dienstleistungen – eine phasenbezogene Analyse. In: Bullinger, H.-J.; Scheer, A.-W. (Hrsg.): Service Engineering – Entwicklung und Gestaltung innovativer Dienstleistungen. 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Springer, Berlin, Heidelberg, 2006, S. 141-166
- [Rei18] REIß, N.: Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz in agilen Prozessen der PGE - Produktgenerationsentwicklung (IPEK-Forschungsberichte, Bd. 112). Dissertation. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, 2018
- [Rei20] REINEMANN, J.: Entwicklung einer Systematik zur Validierung interaktiver Produkte in Augmented-Reality-Umgebungen in der Frühen Phase im Modell der PGE-Produktgenerationsentwicklung, 2020
- [RFH+19] REINEMANN, J.; FAHL, J.; HIRSCHTER, T.; ALBERS, A.: Augmented Reality in der Produktvalidierung. Potenziale und Grenzen in frühen Entwicklungsphasen. In Beiträge zur Konferenz Entwerfen Entwickeln Erleben in Produktentwicklung und Design (EEE). Band 1 (S. 33–50). Dresden, 2019
- [RG88] REYNOLDS, T.; GUTMAN, J.: Laddering Theory, Method, Analysis and Interpretation. Journal of Advertising Research 28, 1988, pp. 11 – 31

- [RGF09] RAAB, G.; GERNSHEIMER, O.; SCHNIDLER, M.: Neuromarketing: Grundlagen – Erkenntnisse – Anwendungen. 2. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden, 2009
- [Rie11] RIES, E.: The Lean Startup, 2011
- [Rie17] RIES, E.: The Startup Way, How Entrepreneurial Management transforms Culture and Drives Growth, 2017
- [RKM+13] RHINOW, H.; KÖPPEN, E.; MORITZ, J.; JOBST, B.; MEINEL, C.: Prototypes for Innovation – Facing the complexity of prototyping. Proceedings of the 2nd Cambridge Academic Design Management Conference, 2013, pp. 1-14
- [RM+07] REICHWALD, R.; MEYER, A.; ENGELMANN, M.; WALCHER, D.: Der Kunde als Innovationspartner. Konsumenten integrieren, Flop-Raten reduzieren, Angebote verbessern (1. Aufl.). Wiesbaden: Springer Gabler. doi:10.1007/978-3-8349-9226-0, 2007
- [Rod13] RODE, P.: Virtuelle Stimuli für Kundentests im Innovationsprozess. Wiesbaden: Springer. doi:10.1007/978-3-8348-2368-7, 2013
- [Roe21] ROELTGEN, D.: Systematik zur strategischen Planung von Augmented Reality für das Produkt-Service-Geschäft, 2021
- [Rop09] ROPOHL, G.: Allgemeine Technologie, 3. Auflage, Universitätsverlag Karlsruhe, 2009
- [RRH08] ROSS, A.M.; RHODES, D.H.; HASTINGS, D.E.: Defining Changeability: Reconciling Flexibility, Adaptability, Scalability, Modifiability, and Robustness for Maintaining System Lifecycle Value. Systems Engineering, 11(3), 2008, S. 246-262
- [San92] SANDERS, E.: Converging Perspectives: Product Development Research for the 1990s, Design Management Journal, 1992
- [Sav11] SAVOIA, A.: Prototype It – Make sure you are building the right it before you build it right. Savoia, Mountain View, USA, 2011
- [Sav19] SAVOIA, A.: The Right It: Why So Many Ideas Fail and How to Make Sure Yours Succeed, 2019
- [SB09] STETTER, R.; BLUM, T.: Verschläft der Deutsche Maschinenbau seine Chancen? – Mechatronische Möglichkeiten im internationalen Wettbewerb, 2009
- [SBA+14] SÜNNETCIOGLU, A.; BRANDENBURG, E.; AURICHT, M.; STARK, R.: Durchgängige Traceability-Prozess im Systems Engineering. In: Maurer, M.; Schulze, S.-O. (Hrsg.): Tag des Systems Engineering, 12.-14. November 2014, Bremen, 2014, S. 133-152
- [Sch12] SCHUH, G. (Hrsg.): Innovationsmanagement: Handbuch Produktion und Management. Springer Vieweg Verlag, Berlin, 2. Auflage, 2012
- [Sch14] SCHULZ, M.: Ethnografische Beobachtung. In: Tillmann, A.; Fleischer, S.; Hugger, K.-U. (Hrsg.): Handbuch Kinder und Medien. Springer Verlag, Wiesbaden, 2014
- [Sch14a] SCHOENEBERG, K.-P.: Komplexität zwischen wissenschaftlichem Forschungsverständnis und praktischer Umsetzung. In: Schoeneberg, K.-P. (Hrsg.): Komplexitätsmanagement in Unternehmen – Herausforderungen im Umgang mit Dynamik, Unsicherheit und Komplexität meistern. Springer Gabler, Wiesbaden, 2014
- [Sch15] SCHENKL, S. A.: Wissensorientierte Entwicklung von Produkt-Service-Systemen. Dissertation, Fakultät für Maschinenwesen, Technische Universität München, München, 2015
- [Sch16] SCHERER, H.: Modellbasierte Methoden zur Modellierung des Zielsystems und des Funktions-Gestalt-Zusammenhangs zur Unterstützung der Serienentwicklung von Baukästen am

- Beispiel von Hybrid-Triebstrangsystemen (IPEKForschungsberichte, Bd. 97). Dissertation. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, 2016
- [Sch17] SCHALMO, D.: Design Thinking erfolgreich anwenden. Springer, Wiesbaden, 2017
- [Sch47] SCHUMPETER, J. A.: The Creative Response in Economic History. *Journal of Economic History* 7(2), 1947, S. 149-15
- [Sch98] SCHEER, A.-W.: ARIS – Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen. 3., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Springer, Berlin, Heidelberg, 1998
- [SCK+17] SCHMIDT, T. S.; CHAHIN, A.; KÖBLER, J.; PAETZOLD, K.: Agile development and the constraints of physicality. A network theory-based cause-and-effect analysis. In *Proceedings of the 21st International Conference on Engineering Design (ICED)* (S. 199–208). Vancouver, Kanada, 2017
- [SD06] SPATH, D.; DEMÜß, L.: Entwicklung hybrider Produkte – Gestaltung materieller und immaterieller Leistungsbündel. In: Bullinger, H.-J.; Scheer, A.-W. (Hrsg.): *Service Engineering – Entwicklung und Gestaltung innovativer Dienstleistungen*. 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Springer, Berlin, Heidelberg, 2006, S. 463-502
- [SE14] SCHMIDT, A.; ETCHES, A.: Useful, Usable, Desirable: Applying User Experience Design to Your Library, 2014
- [SE97] SMITH, R.; EPPINGER, S.: A Predictive Model of Sequential Iteration in Engineering Design, *Manage SCI*, 1997
- [Sei03] SEIFFERT, H.: Einführung in die Wirtschaftstheorie. Band I, 12. Auflage, C.H. Beck, München, 2003
- [SGB03] SALOMO, S.; GEMÜNDEN, H. G.; BILLING, F.: Dynamisches Schnittstellenmanagement radikaler Innovationsvorhaben. In: Herstatt, C.; Verworn, B. (Hrsg.): *Management der frühen Innovationsphasen – Grundlagen, Methoden, Neue Ansätze*, Gabler Verlag, Wiesbaden, 2003, S. 162-194
- [SGG16] SCHUH, G.; GUDERGAN, G.; GREFRATH, C.: Geschäftsmodelle für industrielle Dienstleistungen. In: Schuh, G.; Gudergan, G.; Kampker, A. (Hrsg.): *Handbuch Produktion und Management 8 – Management industrieller Dienstleistungen*. 2., vollständig neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2016, S. 65-104
- [SGK06] SCHEER, A.-W.; GRIEBLE, O.; KLEIN, R.: Modellbasiertes Dienstleistungsmanagement. In: Bullinger, H.-J.; Scheer, A.-W. (Hrsg.): *Service Engineering – Entwicklung und Gestaltung innovativer Dienstleistungen*. 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Springer, Berlin, Heidelberg, 2006, S. 19-51
- [SGK06] SCHENK, M.; RYLL, F.; SCHADY, R.: Anforderungen an den Produktentwicklungsprozess für hybride Produkte im Anlagenbau. *Industriemanagement – Zeitschrift für industrielle Geschäftsprozesse* 22(1), GITO Verlag, Berlin, 2006, S. 55-58
- [SGT+16] SCHUH, G.; GUDERGAN, G.; THOMASSEN, P.; BRENKEN, B.: Strategisches Management industrieller Dienstleistungen. In: Schuh, G.; Gudergan, G.; Kampker, A. (Hrsg.): *Handbuch Produktion und Management 8 – Management industrieller Dienstleistungen*. 2., vollständig neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2016, S. 31-63
- [Sha16] SHARON, T.: *Validating Product Ideas through Lean User Research*, Rosenfeld, 2016
- [SLS11] SPATH, D.; LINDNER, C.; SEIDENSTRICKER, S.: *Technologiemanagement: Grundlagen, Konzepte, Methoden*. Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 2011
- [SMS+15] STEVANOVIC, M.; MARJANOVIC, D.; STORGA, M. u. a.: *A model of ideas*, 2015

- [Spo12] SPONDER, M.: Social Media Analytics – Effective Tools for Building, Interpreting, and Using Metrics. McGraw-Hill Education, New York, 2012
- [SR08] SEIFFERT, U., RAINER, G.: Virtuelle Produktentstehung für Fahrzeug und Antrieb im Kfz. Prozesse, Komponenten, Beispiele aus der Praxis. Wiesbaden: Springer Vieweg. doi:10.1007/978-3-8348-9479-3, 2008
- [SRS06] SCHENK, M.; RYLL, F.; SCHADY, R.: Anforderungen an den Produktentwicklungsprozess für hybride Produkte im Anlagenbau. Industriemanagement – Zeitschrift für industrielle Geschäftsprozesse 22(1), GITO Verlag, Berlin, 2006, S. 55-58
- [Sta17] STATISTA (06.November 2017): The Top Reasons Start Ups Fail. <https://www.statista.com/chart/11690/the-top-reasons-startup-fail>
- [SW99] SHAW, R.; WHITE, C.: Improving marketing accountability through better management of the market research process. In: Journal of Marketing Management 15, Nr. 8, 1999, S. 857–880
- [Tes19-a-ol] [1] Online-Beitrag FUELSAVE. Unter: <https://fuelsave.de/tesla-reports-325000-model-3-orders-analysts-see-production-risk/>
[2] Online-Beitrag MEDIUM. Unter: <https://medium.com/@vieran/how-tesla-just-pulled-off-the-biggest-crowdfunding-campaign-ever-12ce0808f02>
[3] Online-Beitrag LINKEDIN. Unter: <https://www.linkedin.com/pulse/tesla-just-ran-biggest-crowdfunding-campaign-history-christian-busch>
- [Tes19-b-ol] [1] Videoreferenz YOUTUBE.COM. Unter: https://www.youtube.com/watch?v=9P_1_oLGREM
[2] Videoreferenz YOUTUBE.COM. Unter: https://www.youtube.com/watch?v=F_vxWDFkyEs
[3] Artikel THE VERGE. Unter: <https://www.theverge.com/2019/11/21/20975475/tesla-cybertruck-announcement-musk-electric-truck-pickup-features-range-price-release-date>
[4] The SOCIAL GRABBER. Unter <https://thesocialgrabber.com/marketing-strategy-of-tesla-cybertruck/>
[5] TWITTER.COM. Unter <https://twitter.com/elonmusk/status/1199526897887195136?s=20>
- [Tes21-ol] [1] Artikel TAGESSCHAU. Unter: <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/technologie/tesla-bot-musk-humanoider-roboter-arbeitsmarkt-101.html>
[2] Videoreferenz YOUTUBE.COM. Unter: <https://www.youtube.com/watch?v=HUP6Z5voiS8>
[3] Artikel RESEARCHFDI. Unter: <https://researchfdi.com/tesla-bot-elon-musk-robot/>
- [Tho20] THOMKE, H.: Experimentation Works: The Surprising Power of Business Experiments, 2020
- [Tho79] THOMAS, L.: Conjoint Measurement als Instrument der Absatzforschung. Marketing Zeitschrift für Forschung und Praxis, 1. Jg., Nr. 3, 1979, S. 199 – 211
- [Toe11] TOEPFER, G.: Historisches Wörterbuch der Biologie – Geschichte und Theorie der biologischen Grundbegriffe – Band 2. Verlag J. B. Metzler, Stuttgart, 2011
- [Tsc16] TSCHIRNER, C.: Rahmenwerk zur Integration des modellbasierten Systems Engineering in die Produktentstehung mechatronischer Systeme, Universität Paderborn, Dissertation, 2016
- [Tuk04] TUKKER, A.: Eight Types Of Product-Service System – Eight Ways To Sustainability? – Experiences From Suspronet. Business Strategy And The Environment, Volume 13, Issue 4, Wiley, Hoboken, 2004, pp. 246-260

- [UE16] ULRICH, K.T.; Eppinger, S.D.: Product design and development, 6th ed., McGrawHill Education; McGraw-Hill, New York, 2016
- [Ulr95] ULRICH, K.: The role of product architecture in the manufacturing firm. Research policy 24(3), 1995, S.419-440
- [UPL06] UTTING, M.; PRETSCHNER, A.; LEGEARD, B.: A taxonomy of model-based testing. In: Working Paper, 2006
- [VB05] VAHS, D.; BURMESTER, R.: Innovationsmanagement – Von der Produktidee bis zur erfolgreichen Vermarktung. 3. Auflage, Schaeffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2005
- [VB15] VAHS, D.; BREM, A.: Innovationsmanagement – Von der Idee zur erfolgreichen Vermarktung. 5. Auflage, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2015
- [Ver05] VERWORN, B.: Die frühen Phasen der Produktentwicklung, Wiesbaden, 2005
- [VH07] VERWORN, B.; HERSTATT, C.: Bedeutung und Charakteristika der frühen Phasen des Innovationsprozesses. In C. Herstatt & B. Verworn (Hrsg.), Management der frühen Innovationsphasen. Grundlagen, Methoden, Neue Ansätze (2. Aufl., S. 3–19). Wiesbaden: Springer Gabler. doi:10.1007/978-3-8349-9293-2_1, 2007
- [WBB13] WILSON-MENDENHALL, C. D., BARRETT, L. F.; BARSALOU, L. W.: Neural Evidence That Human Emotions Share Core Affective Properties. Psychological Science, Vol. 24, No. 6, 2013, pp. 947 – 956
- [WC18] WYNN, D. C.; CLARKSON, P. J.: Process models in design and development. Research in Engineering Design, 29 (2), 161–202. doi:10.1007/s00163-017-0262-7, 2018
- [WDD+08] WAFAA, A. M.; DE BONNEFY, N.; DUBOIS, E.; TORGUET, P.; JESSEL, J.-P.: Virtual reality simulation for prototyping augmented reality. International Symposium on Ubiquitous Virtual Reality, University of Toulouse, France, 2008
- [Web18] WEBER: Feelgood-Management: Chancen für etablierte Unternehmen, essentials, Springer, 2018
- [WEC07] DE WECK, O.; ECKERT, C.M.; CLARKSON, J.: A Classification Of Uncertainty For Early Product And System Design. International conference on engineering design, ICED'07, 2007
- [Wei16] WEINREICH, U.: Lean Digitization – Digitale Transformation durch agiles Management. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2016
- [Wei20] WEILKIENS, T.: SYSMOD- The Systems Modeling Toolbox, Pragmatic MBSE with SysML, 2020
- [Wes17] WESTERMANN, T.: Systematik zur Reifegradmodell-basierten Planung von Cyber-Physical Systems des Maschinen- und Anlagenbaus, Universität Paderborn, Dissertation, 2017
- [WG16] Wiederkehr, O.; Gausemeier, J.: Systematischer Übergang in die Produktkonzipierung. In: GAUSEMEIER, J.; OVTCHAROVA, J.; AMSHOFF, B.; ECKELT, D.; ELSTERMANN, M.; PLACZEK, M.; WIEDERKEHR, O. (Hrsg.): Strategische Produktplanung – Adaptierbare Methoden, Prozesse und IT-Werkzeuge für die Planung der Marktleitungen von morgen, Heinz Nixdorf Institut, Paderborn, 2016, S. 58-67
- [Wil99] WILLIAMS, T.M.: The need for new paradigms for complex projects. International Journal of Project Management, 17(5), 1999, S. 269-273
- [Win82] WIND, Y.: Product Policy: Concepts, Methods, and Strategy. Addison-Wesley Publishing Company, Boston, 1982

- [WJ10] WANG, T.; JI, P.: Understanding customer needs through quantitative analysis of Kano's model. In: International Journal of Quality & Reliability Management, 2010
- [Wym19-ol] WYMAN, OLIVER STUDIE: Kosten Gescheiterter Innovationen, Auszug aus dem Handelsblatt: <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/forschung-und-entwicklung-gescheiterte-innovationen-kosten-deutschland-jaehrlich-mindestens-20-milliarden-euro/24017920.html>, 2019
- [YS13] YOON, H. S.; STEEGE, L. M. B.: Development of a quantitative model of the impact of customers' personality and perceptions on Internet banking use. In: Computers in Human Behavior 29, 2013, S. 1133–1141
- [Zan16] ZANGRANDO, L.: PM Weekly – the Pretotype Innovation Process. Medium, 2016
- [ZH+21] ZIMMERMANN, V.; HEIMICKE, J.; SCHNURR, T.; BURSAC, N.; ALBERS, A.: Minimum Viable Products in Mechatronic System Engineering: Approach for Early and Continuous Validation, Conference: R&D Management Conference 2021 - Innovation in an Era of DisruptionAt: Glasgow, Scotland, 2021
- [ZJ11] ZINAS, B.; JUSAN, M.: Methodological and conceptual framework of means-end chain model for housing environment research. In: ATBU Journal of Environmental Technology 4, Nr. 1, 2011 S. 79–93
- [ZZ11] ZIETZSCH, C.; ZÄNKER, N.: Text Mining und dessen Implementierung, Diplomica Verlag. Hamburg, 201110.2501/IJMR–2015–070, 2011

Normen und Richtlinien

- [DIN 66050] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V.: Criteria for performance requirements; definition, Beuth Verlag, 1980
- [DIN EN ISO 9000] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V.: Qualitätsmanagementsysteme: Grundlagen und Begriffe (ISO 9000:2015), 2015
- [DIN EN ISO 9241-11] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V.: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 11: Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte, 2018
- [DIN EN 60601-1-6] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V.: Medizinische elektrische Geräte - Teil 1-6: Allgemeine Festlegungen für die Sicherheit einschließlich der wesentlichen Leistungsmerkmale - Ergänzungsnorm: Gebrauchstauglichkeit, 2021
- [ISO 9126] ISO INTERNATIONALE ORGANISATION FÜR NORMUNG: Software-Engineering - Qualität von Software-Produkten - Teil 1: Qualitätsmodell, Beuth Verlag, 2001
- [ISO 9421] ISO INTERNATIONALE ORGANISATION FÜR NORMUNG: Ergonomics of human-system interaction, Part 210: Human-centred design for interactive systems, 2019
- [ISO/IEC 25051] ISO INTERNATIONALE ORGANISATION FÜR NORMUNG: Requirements for Quality of Ready to Use Software Product (RUSP) and Instructions for Testing, 2014
- [ISO/IEC 25000] ISO INTERNATIONALE ORGANISATION FÜR NORMUNG: Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE), 2014
- [ISO/IEC/EEE 24748-4] ISO INTERNATIONALE ORGANISATION FÜR NORMUNG: Systems and software engineering, Life cycle management, Part 4: Systems engineering planning
- [VDI2206] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI): Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme. VDI-Richtlinie 2206, Beuth Verlag, Berlin, 2004

-
- [VDI2220] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI): Produktplanung; Ablauf, Begriffe und Organisation, VDI-Richtlinie 2220, Beuth Verlag, Berlin, 1980
- [VDI2221] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI): Entwicklung technischer Produkte und Systeme. VDI-Richtlinie 2221, Beuth Verlag, Berlin, 2019
- [VDI3404/3405] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI): Additive Fertigung - Grundlagen, Begriffe, Verfahrensbeschreibungen, VDI-Richtlinie 3404/05, Berlin 2014
- [VDI3780] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI): Technikbewertung - Begriffe und Grundlage, VDI-Richtlinie 3780, Beuth Verlag, Berlin, 2019

Anhang

Inhaltsverzeichnis	Seite
A1 Auflistung der Anwendungsprojekte	A-217
A2 Transfermaßnahmen zur Ergebnis-Diffusion	A-220
A3 Lösungswissen für die frühe Validierung	A-221

A1 Auflistung der Anwendungsprojekte

Im Folgenden sind sowohl durchgeführte Forschungsprojekte als auch Innovationsevents aufgeführt, bei denen verschiedene Ergebnisse der Systematik Anwendung fanden.

Nr.	Datum	Bezeichnung	Teilnehmerkreis	Angewandetes Ergebnis
1	2020	Forschungsprojekt mit einem öffentlichen Wasserversorger, Validierung einer Idee zur Verbesserung der Pegelmessung, Iteration 1: Interviewreihe mit Zielkunden	<ul style="list-style-type: none"> • 5 Interview-Teilnehmer • 2 Innovationsentwickler (Anwender von Ergebnissen Systematik) 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorgehensmodell • Auswahl-Logik • Methodenwissen (Pitchdeck, Produktbild, Architektur-Visualisierung, Canvas-basierte Visualisierung, Standardisiertes Interview)
2	2020	Forschungsprojekt mit einem öffentlichen Wasserversorger, Validierung einer Idee zur Verbesserung der Pegelmessung, Iteration 2: Interviewreihe mit weiteren Zielkunden	<ul style="list-style-type: none"> • 4 Interview-Teilnehmer • 2 Innovationsentwickler 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorgehensmodell • Auswahl-Logik • Methodenwissen (Pitchdeck, Functional Mockup, Architektur-Visualisierung, Canvas-basierte Visualisierung, Standardisiertes Interview)
3	2021	Forschungsprojekt mit einem Forschungskonsortium im Bereich Antriebstechnik, Validierung einer Simulationsplattform-Idee bei Zielkunden	<ul style="list-style-type: none"> • 7 Interview-Teilnehmer • 3 Innovationsentwickler 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorgehensmodell • Methodenwissen (Pitchdeck, Functional Mockup, Architektur-Visualisierung, Standardisiertes Interview)
4	2022	Forschungsprojekt Inventor: Validierung von Annahmen zur Begehrlichkeit einer Smart Building Lösung, Iteration 1: Facebook/ Landingpage Validierung	<ul style="list-style-type: none"> • Ca. 167.000 Experiment-Teilnehmer auf Facebook • 3 Innovationsentwickler 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorgehensmodell • Dokumentationskonzept • Auswahl-Tool • Methoden (Social Media Werbung, Werbevideo, Fake Landing Page, Presale Landing Page, Online-Testmärkte)
5	2022	Forschungsprojekt Inventor: Validierung von Annahmen zur Begehrlichkeit einer Smart Building Lösung, Iteration 2: Interviewreihe	<ul style="list-style-type: none"> • 15 Interview-Teilnehmer • 3 Innovationsentwickler 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorgehensmodell • Dokumentationskonzept • Auswahl-Tool • Methoden (Pitch-Deck, UI-Mockup, Standardisiertes Interview)
6	2022	Forschungsprojekt Inventor: Validierung von Annahmen zur Begehrlichkeit einer Smart Building Lösung, Iteration 3: Validierung von Usability Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> • 10 Interview-Teilnehmer • 3 Innovationsentwickler 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorgehensmodell • Dokumentationskonzept • Auswahl-Tool • Methoden (Functional Mockup, Lautes Denken)
7	2023	Forschungsprojekt mit einem produzierenden Unternehmen, Validierung einer Marktleistungsidee zur digitalen Montage, Iteration 1: Messevalidierung	<ul style="list-style-type: none"> • > 200 Stand-Besucher • 5 Innovationsentwickler 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorgehensmodell • Auswahl-Tool • Methodenwissen (Messeauftritt, Broschüre, Plakat-Werbung, Erklärvideo, Minimum

				Viable Product, Fake Landing Page, Produktbild)
8	2023	Forschungsprojekt mit einem produzierenden Unternehmen, Validierung einer Marktleistungsidee zur digitalen Montage, Iteration 1: LinkedIn-Validierungsexperiment	<ul style="list-style-type: none"> • > 200 Experiment-Teilnehmer auf LinkedIn • 5 Innovationsentwickler 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorgehensmodell • Auswahl-Tool Methodenwissen (Erklärvideo, Fake Landingpage, Feldbeobachtung)
9	2018	Innovationsevent: Makeathon auf der Strategiefahrt des Forschungsbereich Produktentstehung des Fraunhofer IEM in Makkum: Validierung von 12 Marktleistungsideen im Bereich Smart Home	<ul style="list-style-type: none"> • Ca. 10.000 erreichte Experiment-Teilnehmer pro Idee • Ca. 61 Innovationsentwickler 	Methodenwissen: <ul style="list-style-type: none"> • Social Media Werbung (Facebook) • Fake Landing Page • Fake Sales Page • Online-Testmärkte • Elemente des Vorgehensmodells
10	2018	Strategische Initiative: Validierung von 3 Leistungsangeboten im Bereich Innovationsmanagement am Fraunhofer IEM in Paderborn	<ul style="list-style-type: none"> • 9 Zielkunden • 4 Innovationsentwickler 	Methodenwissen: <ul style="list-style-type: none"> • Pitch-Deck • Broschüre • Spontan-Interview
11	2019	Innovationsevent: Makeathon mit der Hogeschool PXL, Validierung von 10 Marktleistungsideen für das Management von Milchviehbetrieben, durchgeführt am Fraunhofer IEM	<ul style="list-style-type: none"> • 7 Zielkunden • Ca. 54 Innovationsentwickler 	Methodenwissen: <ul style="list-style-type: none"> • Pitch-Deck • UI-Mockup • Papp-Gestalt • Lego-Modell • Spontan-Interviews
12	2019	Innovationsevent: Makeathon mit it's OWL, Validierung von 7 Marktleistungsideen im Bereich Smart Home	<ul style="list-style-type: none"> • 3 interviewte Zielkunden • Ca. 26 Innovationsentwickler 	Methodenwissen: <ul style="list-style-type: none"> • Canvas-basierte Visualisierung • UI Mockup • Lego-Modell • Gruppendiskussion
13	2019	Innovationsevent: KI-Marktplatz Makeathon, Validierung von 4 Plattform-Ideen für den KI-Marktplatz im IdeenTriebwerk am Fraunhofer IEM	<ul style="list-style-type: none"> • 4 Panelteilnehmer pro Idee • Ca. 17 Innovationsentwickler 	Methodenwissen: <ul style="list-style-type: none"> • Canvas-basierte Visualisierung • UI Mockup • Pitch-Deck • Gruppendiskussion
14	2019	Innovationsevent: Industrie Makeathon im innovationlabs.my an der Universiti Tun Hussain in Malaysia, Validierung von 12 Ideen zur Verbesserung der Instandhaltung in der Produktion	<ul style="list-style-type: none"> • 5 Zielkunden pro Idee • Ca. 58 Innovationsentwickler 	Methodenwissen: <ul style="list-style-type: none"> • UI Mockup • Pitch-Deck • Arduino Prototyp • Functional Mockup • Produktbild, Erklärvideo • Gruppendiskussion • Spontan-Interviews)
15	2019	Innovationsevent: Industrie Makeathon mit einem Energie-konzern in Pengarrang, Malaysia, Validierung von 10 Ideen zu Verbesserung der Energiegewinnung	<ul style="list-style-type: none"> • Ca. 42 Zielerwender pro Idee • Ca. 93 Innovationsentwickler 	Methodenwissen: <ul style="list-style-type: none"> • Canvas-basierte Visualisierung • Gruppendiskussion
16	2019	Innovationsevent: Systems Engineering Makeathon auf Strategie-Fahrt des Forschungsbereichs Produktentstehung des Fraunhofer IEM in	<ul style="list-style-type: none"> • Ca. 54 Zielerwender pro Idee • Ca. 61 Innovationsentwickler 	Methodenwissen: <ul style="list-style-type: none"> • Papp-Prototyp • Pinnochio

		Romrod, Validierung Smart Home Ideen		<ul style="list-style-type: none"> • Mobile Survey
17	2020	Innovationsevent: KMU-NRW-Makeathon im Ideentriebwerk in Paderborn, Validierung von Produktideen Bereich Smart Home	<ul style="list-style-type: none"> • Ca. 15 Zielfanwender pro Idee • Ca. 20 Innovationsentwickler 	Methodenwissen: <ul style="list-style-type: none"> • Papp-Prototyp • Pitch-Deck • Canvas Visualisierung • Micro-Survey
18	2020	Innovationsevent: COMMIT-Makeathon im Ideentriebwerk in Paderborn, Validierung von Produktideen Bereich Smart Home	<ul style="list-style-type: none"> • Ca. 9 Zielfanwender pro Idee • Ca. 13 Innovationsentwickler 	Methodenwissen: <ul style="list-style-type: none"> • Pitchdeck • Fragebogen
19	2020	Innovationsevent: IHK-Makeathon, im Ideentriebwerk in Paderborn, Validierung von Produktideen Bereich Smart Home	<ul style="list-style-type: none"> • Ca. 14 Zielfanwender pro Idee • Ca. 18 Innovationsentwickler 	Methodenwissen: <ul style="list-style-type: none"> • Pitchdeck • Fragebogen
20	2020	Innovationsevent: Makeathon mit einem Aluminium-Systemhersteller und der Hogeschool PXL im Ideentriebwerk am Fraunhofer IEM, Validierung von Produktideen für Rolläden	<ul style="list-style-type: none"> • Ca. 4 Zielfanwender pro Idee • Ca. 40 Innovationsentwickler 	Methodenwissen: <ul style="list-style-type: none"> • Landing Page • Social Media Werbung • Micro Survey
21	2020	Innovationsevent: Virtueller Makeathon „Horizonte OWL“ mit it's OWL, Validierung von über 20 Ideen zur Bewältigung der Corona-Pandemie	<ul style="list-style-type: none"> • >1000 Feldbeobachtungsteilnehmer • Ca. 120 Innovationsentwickler 	Methodenwissen: <ul style="list-style-type: none"> • Erklärvideo • Pitch-Deck • UI-Mockup • Produktbild • Werbekampagnen • Feldbeobachtung • Fragebogen • Gruppendiskussion
22	2020	Innovationsevent: Virtueller Makeathon „Workarona“ am Fraunhofer IEM, Validierung von 11 Ideen zur Bewältigung von Herausforderungen auf der Arbeit durch Corona	<ul style="list-style-type: none"> • Ca. 100 Micro-Survey Teilnehmer • 4 Panel-Teilnehmer • Ca. 70 Innovationsentwickler 	Methodenwissen: <ul style="list-style-type: none"> • Pitch-Deck • Micro-Survey • Panelerhebung
23	2021	Innovationsevent: Makeathon mit ASP-Paderborn und Hogeschool PXL, Validierung von Produktideen für das Parkraum-Management	<ul style="list-style-type: none"> • 4 Panel-Teilnehmer • Ca. 40 Innovationsentwickler 	Methodenwissen: <ul style="list-style-type: none"> • Pitch-Deck • UI-Mockup
24	2021	Innovationsevent: Virtueller Makeathon „Woche Z“ mit Partnerunternehmen der Zukunftsmeile und Fürstenallee in Paderborn, Validierung von 10 Ideen zur Verbesserung der Zukunftsmeile	<ul style="list-style-type: none"> • <100 Zielfanwender • 4 Panel-Teilnehmer • Ca. 50 Innovationsentwickler 	Methodenwissen: <ul style="list-style-type: none"> • Pitch-Deck • UI-Mockup • Micro-Survey • Panel-Erhebung
25	2022	Innovationsevent: Makeathon mit Lebensmittel-Handelskette, Validierung von Ideen im Bereich Software	<ul style="list-style-type: none"> • 3 Panel-Teilnehmer • Ca. 40 Innovationsentwickler 	Methodenwissen: <ul style="list-style-type: none"> • Pitch-Deck inkl. UI-Mockup • Panelerhebung
26	2022	Innovationsevent: Zeitenwende Makeathon im IoT-Center Paderborn mit it's OWL, Validierung von 11 Ideen zur Bewältigung von Herausforderungen der it's OWL Partnerunternehmen	<ul style="list-style-type: none"> • 4 Panel-Teilnehmer • Ca. 100 Innovationsentwickler 	Methodenwissen: <ul style="list-style-type: none"> • Low Code Prototype • Pitch-Deck • Panelerhebung

A2 Transfermaßnahmen zur Ergebnis-Diffusion

Nr.	Datum	Beschreibung	Teilnehmerkreis	Referenz
1	2018 - 2022	Konferenzvorstellungen: Teilergebnisse wurden auf wissenschaftlichen Konferenzen veröffentlicht, präsentiert und mit Fachexperten im Bereich der Entwurfsmethodik, Innovationsmanagement und Design Researchs diskutiert	<ul style="list-style-type: none"> • 10 wissenschaftliche Veröffentlichungen • Ca 15 Teilnehmer pro Vorstellung 	[ARL+18], [RAK+18], [AWR+19], [AGL+19], [NAW+19], [NAW+19], [NAR+20], [NLA+21], [GNA+21], [AGK+22]
2	2019 - 2023	Video-Berichterstattungen durchgeführter Makeathons: Das Innovationsformat Makeathon, welches Elemente der Systematik beinhaltet, wurde im Rahmen unterschiedlicher, werbewirksamer Kommunikationsmedien, zielgruppengerecht aufgearbeitet und in die Breite kommuniziert.	<ul style="list-style-type: none"> • Mediale Begleitung von 5 Makeathons • >20.000 erreichte Personen auf digitalen Plattformen (z.B. Youtube, LinkedIn) 	Makeathon GEA: youtube.com/watch?v=FRBOAoDJtY Makeathon Werbevideo: youtube.com/watch?v=UIJXUG_7-C4 Makeathon horizonteOWL: https://www.youtube.com/results?search_query=horizonte+owl Makeathon zeitenwende: youtube.com/watch?v=3r0GpiD-l1M youtube.com/watch?v=8ocWzb_XWEI
3	2019	Innovationslabor UTHM: Aufbau eines Innovationslabors zur Unterstützung der Systematik-Anwendung an der UTHM in Batuh Pahat, Malaysia	>500 Besucher	www.innovationlabs.my
4	2019	Innovationslabor UiTM: Aufbau eines Innovationslabors zur Unterstützung der Systematik-Anwendung an der UiTM in Shah Ahlam, Malaysia	>200 Besucher	www.innovationlabs.my
5	2020	Innovationslabor Ideentriebwerk: Aufbau eines Innovationslabors zur Unterstützung der Systematik-Anwendung am Fraunhofer IEM in Paderborn	>1.000 Besucher	http://www.ideentriebwerk.de/
6	2021	Leistungsangebote Ideentriebwerk: Entwicklung von Leistungsangeboten zum frühen Prototyping und Validierung für das Ideentriebwerk am Fraunhofer IEM in Paderborn	>1.000 Website Besuche	www.ideentriebwerk.de
7	2021 - 2023	Schulungsformat „Agilität im Innovationsprozess“: Die Systematik wurde iterativ in ein Trainingsformat überführt und vier Mal mit der Industrie erfolgreich durchgeführt und positiv evaluiert. Das Training wird kontinuierlich zwei Mal im Jahr als öffentliche Schulung am Fraunhofer IEM angeboten	<ul style="list-style-type: none"> • 4 durchgeführte Trainings • Ca. 8 Teilnehmer pro Durchführung 	https://www.iem.fraunhofer.de/de/academy/weiterbildung-innovationsmanagement/agilitaet-im-innovationsprozess.html
8	2022	It's owl Transfertage: Präsentation der Forschungsergebnisse und anschließende Diskussionen mit Fach-	<ul style="list-style-type: none"> • Ca. 60 Industrievertreter • Ca. 30 Wissenschaftler 	https://www.its-owl.de/fileadmin/PDF/Veranstaltung-

		experten im Bereich intelligente technische Systeme, Innovationsmanagement und Wissenstransfer.		gen/2022/itsowl_Programm_Transfertag_U__bersicht.pdf
9	2023	It's owl Innovatoinplattform: Veröffentlichung von Ergebnissen des Inventor-Proektes auf der its OWL Innovationsplattform	Reichweite unbekannt	https://plattform.its-owl.de/
10	2023	MDZ-Webinar: Präsentation und Diskussion der Systematik im Webinar „Ideen früh validieren in etablierten Unternehmen“, als Teil der Webinarreihe 'Digitale Transformation' des Mittelstand-Digital Zentrum Ruhr-OWL und dem Kompetenzzentrum Arbeitswelt.Plus	Ca. 10 Teilnehmer	https://www.its-owl.de/events/veranstaltungen/news/digitale-transformation-ideen-frueh-validieren-in-etablierten-unternehmen/

A3 Lösungswissen für die frühe Validierung

Methodensteckbriefe für das frühe Prototyping:

PM01: Letter to Grandma

Fiktionale Geschichte

Beschreibung


Bei diesem Ansatz wird eine Marktleistungs­idee in einem Brief an die eigene Großmutter in einfacher, jargonfreier Sprache erklärt. Es wird der Eindruck erweckt, dass die Idee bereits existiert, und es wird dargestellt, wie das Produkt aus der Anwender-Perspektive eingesetzt wird. Der Brief konzentriert sich auf wesentliche Kernfunktionen und -vorteile und stellt sicher, dass die Idee auch für Nicht-Fachleute verständlich ist. Der Fokus liegt darauf, komplexe Konzepte auf ihr Wesentliches zu reduzieren und die Begehrlichkeit und Benutzerfreundlichkeit hervorzuheben. Technische Details werden stark vereinfacht. Die Methode zeichnet sich durch eine klare, einfühlsame Kommunikation aus. Der Brief kann Zielkunden als Dokument übergeben oder vorgelesen werden.

Hilfswerkzeuge

- Laptop / PC
- Schreibwerkzeug
- Textverarbeitungsprogramme
- KI-Text-to-Text Tools

Beispielhafte Tools:

- Microsoft Word
- Evernote
- ChatGPT



Beispielhafte Vorgehensweise

Kernkonzept identifizieren

- Herausarbeitung wichtiger Features / Funktionen und Vorteile
- Verständnisaufbau für Zielperson und Bedürfnisse

Sprache vereinfachen

- Übersetzung der Features, Funktionen und Vorteile in eine einfache Sprache
- Auslassung detaillierter, technischer Aspekte

Brief verfassen

- Ausformulierung des übersetzten Kernkonzepts in Form eines Briefes an die eigene Großmutter
- Nutzung emotionaler Ansprache

Inhalte optimieren

- Lautes Vorlesen der Inhalte
- Überprüfung von Verständlichkeit und Inhalt
- Verbesserung und Anreicherung der Inhalte durch Hilfsmittel (z.B. Bilder)

Attribute und Merkmale

Attribut	Ausprägung						Merkmal	1	2	3	4	5
Cluster	Virtuell, nicht funktional	Physisch, nicht funktional	Konzeptmodell	Vertriebs-simulation	Fiktionaler Geschichte	Funktional	Kosten					
							Erstellungszeit					
Wertschöpfung	Hardware	Software	Mensch				Visuelle Wiedergabetreue					
Marktleistungstyp	Sachleistung	PSS	Dienstleistung				Auditive Wiedergabetreue					
Notwendige Kompetenzen	Design	UX	IT	ET	MB	Marketing	Haptische Wiedergabetreue					
Lösungsgrundlage	Keine	Interne Lösung		Eigenes Produkt		Externe Lösung	Funktionstiefe					
Annahmetyp	Nützlichkeit	Gebrauchstauglichkeit		Begehren		Kaufbereitschaft	Funktionsumfang					
Betrachtungsschwerpunkt	Gesamtlösung	Eigenschaften					Eingabeverhalten					
							Ausgabeverhalten					

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

Prototyping-Methoden

- Photo Board
- Produktbild
- Fake Product Box

Validierungsmethoden

- Ethnographische Beobachtung
- Online-Communities
- Lautes Denken
- KI-simulierte Kundenbefragung

Quellen

Durchgeführte Analysen / Studien:
Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]

Bild A3-1: Prototyping-Steckbrief für PM01 - Letter to Grandma

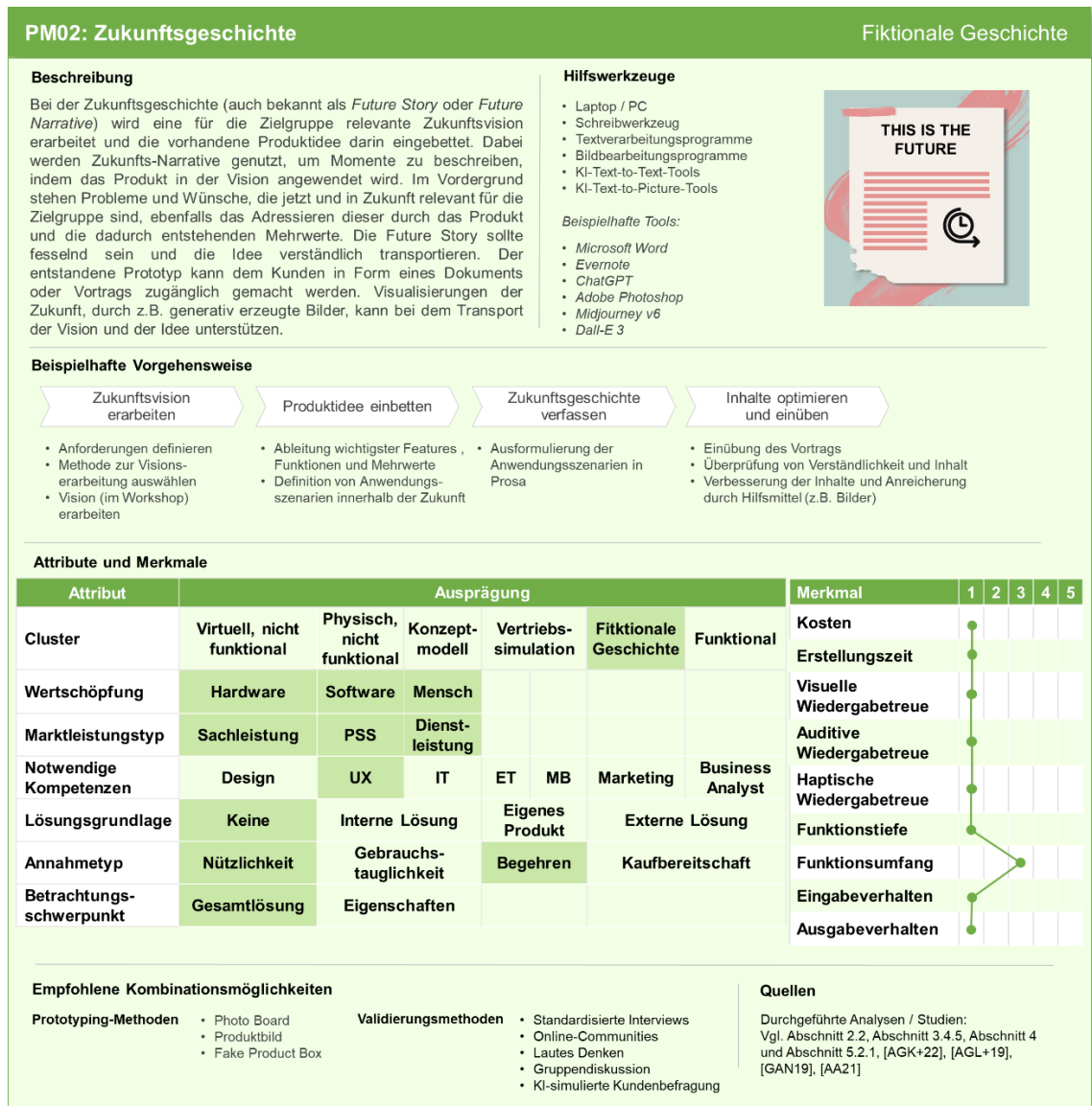


Bild A3-2: Prototyping-Steckbrief für PM02 - Zukunftsgeschichte

PM03: Tagebuch

Fiktionale Geschichte

Beschreibung


Dieser Ansatz fokussiert sich auf die Generierung von Tagebucheinträgen, verfasst aus der Perspektive potenzieller Endverbraucher. In den Einträgen werden Interaktionen und resultierende Erfahrungen mit der Marktleistungsidee dargestellt. Anders als konventionelle Prototypen erfasst diese Methode die subjektiven, emotionalen sowie praktischen Facetten der Nutzererfahrung in schriftlicher Form. Indem die Anwender ihre alltäglichen Interaktionen mit der hypothetischen Marktleistung dokumentieren, beschreiben sie Szenarien indem die Nützlichkeit und emotionale Faktoren deutlich werden.

Hilfswerkzeuge

- Laptop / PC
- Schreibwerkzeug
- Textverarbeitungsprogramme
- KI-Text-to-Text-Tools

Beispielhafte Tools:

- Microsoft Word
- Evernote
- ChatGPT



Beispielhafte Vorgehensweise

Kernkonzept identifizieren

- Herausarbeitung wichtiger Features / Funktionen und Vorteile
- Verständnisaufbau für Zielgruppe und Bedürfnisse

Sprache vereinfachen

- Übersetzung der Features, Funktionen und Vorteile in einfacher Sprache
- Auslassung detaillierter, technologischer Aspekte

Tagebuch-Eintrag verfassen

- Ausformulierung des übersetzten Kernkonzepts in Form eines Tagebuch-Eintrags
- Nutzung emotionaler Ansprache

Inhalte optimieren

- Lautes Vorlesen der Inhalte
- Überprüfung von Verständlichkeit und Inhalt
- Verbesserung und Anreicherung der Inhalte durch Hilfsmittel (z.B. Bilder)

Attribute und Merkmale

Attribut	Ausprägung						Merkmal	1	2	3	4	5
Cluster	Virtuell, nicht funktional	Physisch, nicht funktional	Konzeptmodell	Vertriebs-simulation	Fiktionale Geschichte	Funktional	Kosten	●				
							Erstellungszeit	●				
Wertschöpfung	Hardware	Software	Mensch				Visuelle Wiedergabetreue	●				
Marktleistungstyp	Sachleistung	PSS	Dienstleistung				Auditive Wiedergabetreue	●				
Notwendige Kompetenzen	Design	UX	IT	ET	MB	Marketing	Haptische Wiedergabetreue	●				
Lösungsgrundlage	Keine	Interne Lösung		Eigenes Produkt		Externe Lösung	Funktionstiefe	●	●			
Annahmetyp	Nützlichkeit	Gebrauchstauglichkeit		Begehren		Kaufbereitschaft	Funktionsumfang		●	●		
Betrachtungsschwerpunkt	Gesamtlösung	Eigenschaften					Eingabeverhalten	●				
							Ausgabeverhalten	●				

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

Prototyping-Methoden

- Produktbild
- Photo Board

Validierungsmethoden

- Spontan-Interview
- Online-Communities
- KI-simulierte Kundenbefragung

Quellen

Durchgeführte Analysen / Studien:
Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 & Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19]

Bild A3-3: Prototyping-Steckbrief für PM03 - Tagebuch

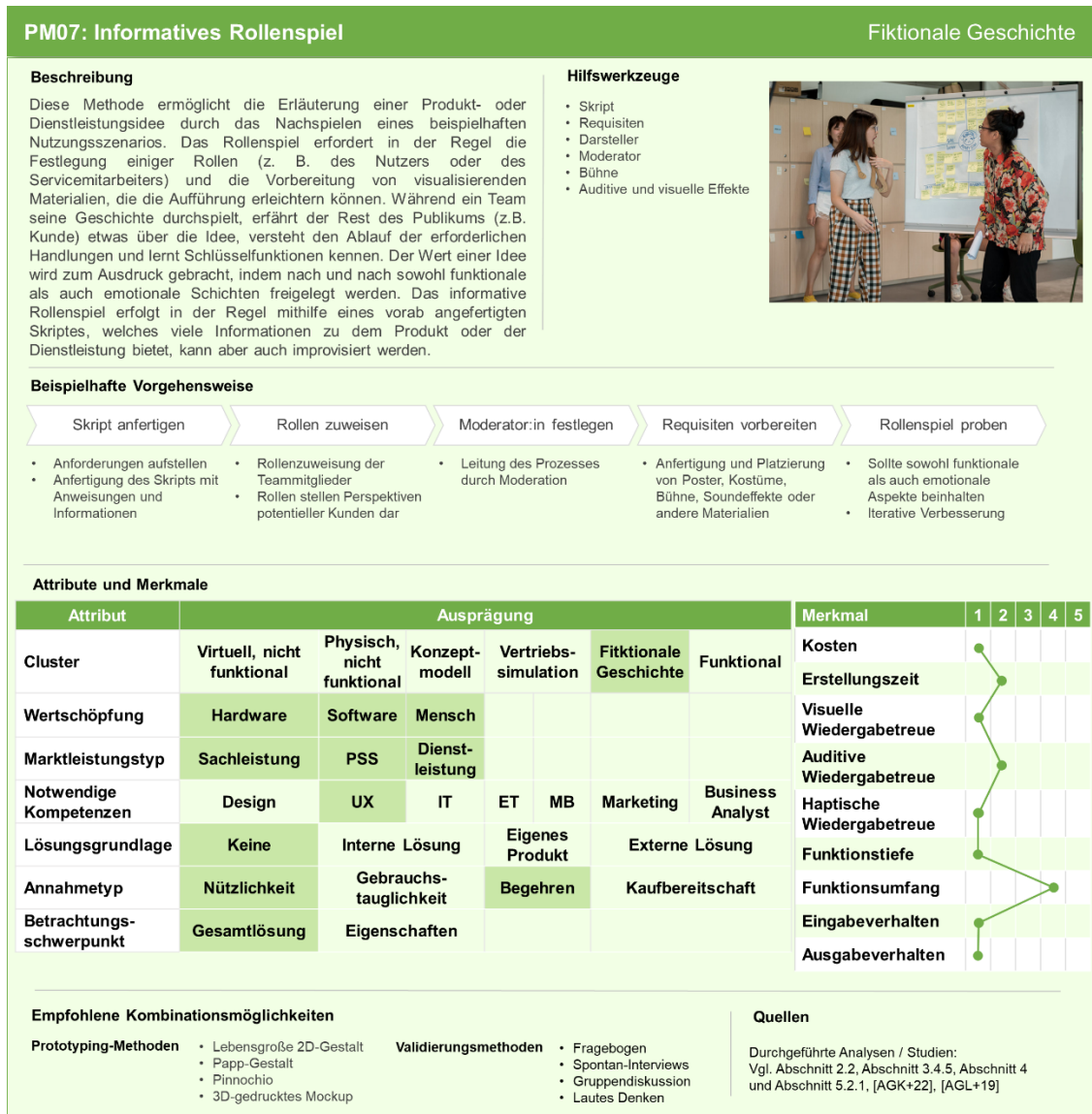


Bild A3-4: Prototyping-Steckbrief für PM07 – Informatives Rollenspiel

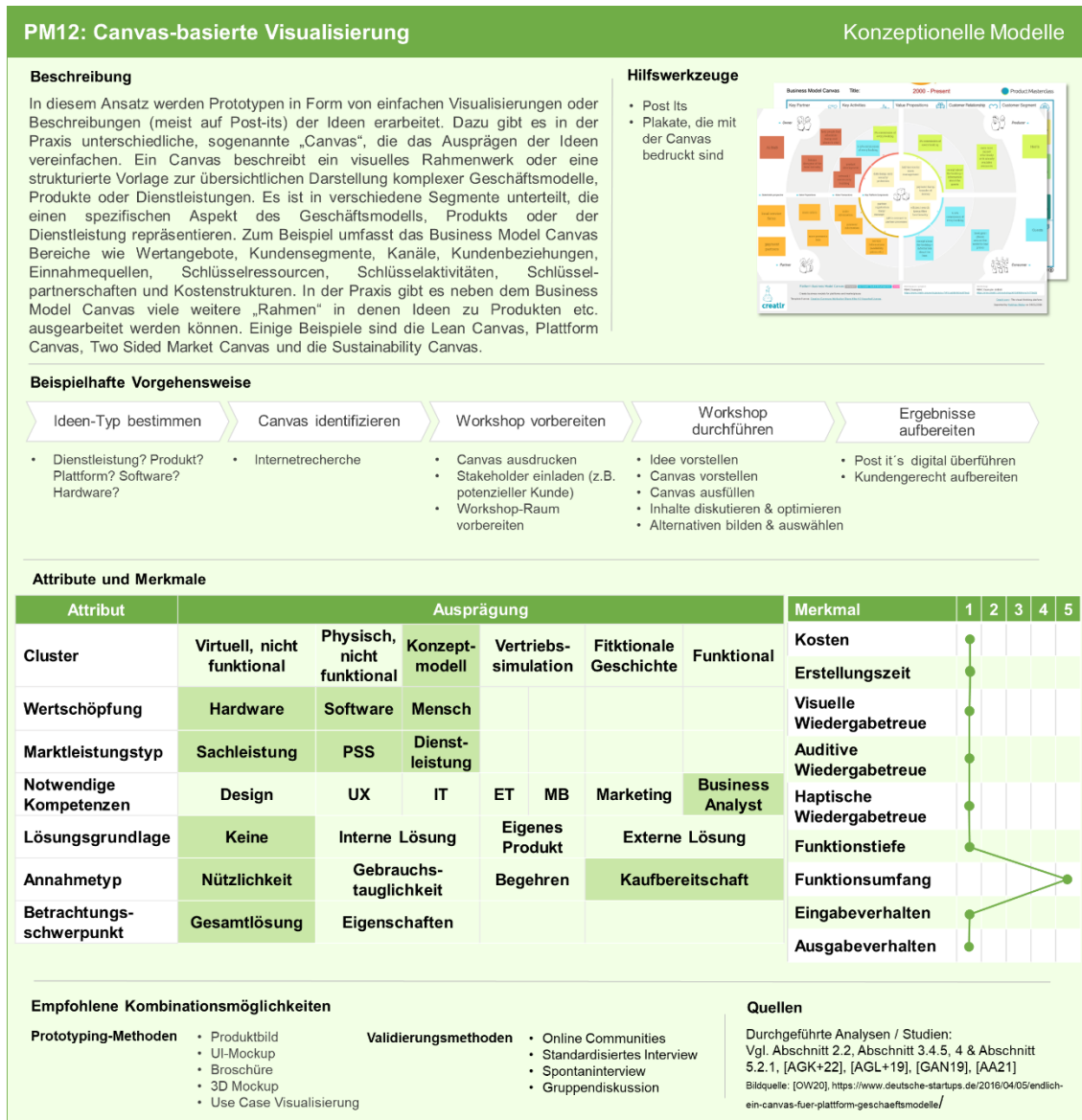


Bild A3-5: Prototyping-Steckbrief für PM12 – Canvas-basierte Visualisierung

PM15: Morphologischer Kasten
Konzeptionelle Modelle

Beschreibung

Dieser Ansatz beschreibt die Visualisierung einer Produktidee durch die Darstellung möglicher Kombinationen von verschiedenen Merkmalsausprägungen einer Marktleistung, in einem „Morphologischen Kasten“. Zunächst werden alle relevanten Funktionen oder Merkmale identifiziert und in der Struktur des Kastens eingetragen. Für jede Funktion werden mögliche Lösungsalternativen gesammelt, die von Lösungsmustern über Wirkprinzipien bis hin zu konkreten Produktkomponenten reichen. Durch die tabellarische Anordnung entsteht eine Matrix, in der jede Kombination von Ausprägungen eine potenzielle Gesamtlösung darstellt. Aus einer Vielzahl von Teillösungen können so innovative Gesamtkonzepte für Kunden zugänglich gemacht werden. Eine Aufbereitung durch Anreicherung von Komponentenbilder oder anderen Visualisierungen für die Alternativen ermöglicht ein besseres Verständnis bei der Präsentation. Generative KI-Tools können bei der Visualisierung der einzelnen Teillösungen unterstützen.

Hilfswerkzeuge

- Excel
- KI-Text-to-Picture-Tools

Beispielhafte Vorgehensweise

Parameter definieren	Ausprägungen ermitteln	Morphologischer Kasten aufbauen	Alternativen definieren	Ergebnisse aufbereiten
<ul style="list-style-type: none"> • Festlegung der Rahmenbedingungen (z.B. Einschränkungen) • Auflistung der Funktionen oder Eigenschaften 	<ul style="list-style-type: none"> • Ermittlung möglicher Lösungsalternativen je Funktion bzw. Eigenschaft • Nutzung von Kreativitätstechniken 	<ul style="list-style-type: none"> • Eintragung der Merkmale in die erste Spalte • Auflistung der Ausprägung je Merkmal in den Zeilen daneben • Anreicherung zusätzlicher Informationen 	<ul style="list-style-type: none"> • Definition einer Lösungsalternative durch Auswahl je einer Ausprägung / Merkmal • Bildung weiterer Alternativen • Bestimmung von Bewertungskriterien (z.B. Kosten), Bewertung und Auswahl 	<ul style="list-style-type: none"> • Visualisierung der Ausprägungen durch z.B. Bilder oder Skizzen • Aufbereiten des Morphologischen Kastens je Lösungsalternative und Gesamtdarstellung • Drucken der Ergebnisse oder Aufbereitung in z.B. Powerpoint

Attribute und Merkmale

Attribut	Ausprägung								Merkmal	1	2	3	4	5
Cluster	Virtuell, nicht funktional	Physisch, nicht funktional	Konzeptmodell	Vertriebs-simulation	Fiktionale Geschichte	Funktional			Kosten					
Wertschöpfung	Hardware	Software	Mensch						Erstellungszeit					
Marktleistungstyp	Sachleistung	PSS	Dienstleistung						Visuelle Wiedergabetreue					
Notwendige Kompetenzen	Design	UX	IT	ET	MB	Marketing	Business Analyst		Auditive Wiedergabetreue					
Lösungsgrundlage	Keine	Interne Lösung	Eigenes Produkt			Externe Lösung			Haptische Wiedergabetreue					
Annahmetyp	Nützlichkeit	Gebrauchstauglichkeit	Begehren			Kaufbereitschaft			Funktionstiefe					
Betrachtungsschwerpunkt	Gesamtlösung	Eigenschaften							Funktionsumfang					
									Eingabeverhalten					
									Ausgabeverhalten					

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

<p>Prototyping-Methoden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Produktbild • Broschüre • Datenblatt 	<p>Validierungsmethoden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Online Communities • Standardisiertes Interview • Gruppendiskussion • Conjoint Analyse • Panel Diskussion
---	--

Quellen

Durchgeführte Analysen / Studien:
Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, 4 & Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]
Bildquelle: <https://www.resource.deutschland.de/leitfaden-re/methoden/morphologischer-kasten-systematische-loesungssuche/>

Bild A3-6: Prototyping-Steckbrief für PM15 – Morphologischer Kasten

PM20: Datenblatt

Konzeptionelle Modelle

Beschreibung

Ein Datenblatt ist ein Dokument, das bpsw. die Leistung, Features und andere technische Merkmale eines Produkts, einer Maschine, eines Bauteils, Materials, Teilsystems oder einer Software so detailliert zusammenfasst, dass es von einem Konstrukteur zur Integration des Bauteils in ein System verwendet werden kann. Ein Datenblatt wird in der Regel vom Hersteller der Komponente/des Teilsystems/der Software erstellt und beginnt mit einer einleitenden Seite, die den Rest des Dokuments beschreibt, gefolgt von Auflistungen spezifischer Merkmale mit weiteren Informationen über die Anschlussmöglichkeiten. In Fällen, in denen ein relevanter Quellcode enthalten ist, wird dieser in der Regel am Ende des Dokuments angehängt oder in eine andere Datei ausgelagert. Besonders im B2B-Bereich, wo technische Details entscheidend sein können, ermöglicht diese Methode einen frühen, übersichtlichen Einblick für Kunden zu einer neuen Marktleistungsidee.

Hilfswerkzeuge

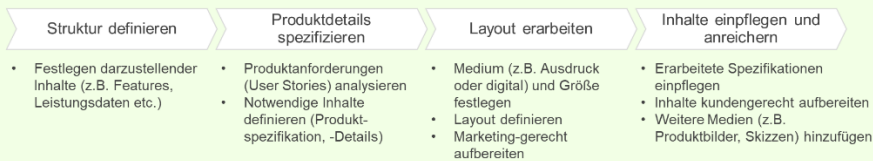
- Graphik-Design-Software

Beispielhafte Tools:

- Adobe Indesign
- Canva Online Plattform
- Midjourney
- Dall-E



Beispielhafte Vorgehensweise



Attribute und Merkmale

Attribut	Ausprägung							Merkmal	1	2	3	4	5
Cluster	Virtuell, nicht funktional	Physisch, nicht funktional	Konzept-modell	Vertriebs-simulation		Fitktionale Geschichte	Funktional	Kosten	●				
								Erstellungszeit		●			
Wertschöpfung	Hardware	Software	Mensch					Visuelle Wiedergabetreue	●				
Marktleistungstyp	Sachleistung	PSS	Dienst-leistung					Auditive Wiedergabetreue	●				
Notwendige Kompetenzen	Design	UX	IT	ET	MB	Marketing	Business Analyst	Haptische Wiedergabetreue	●				
Lösungsgrundlage	Keine	Interne Lösung		Eigenes Produkt		Externe Lösung		Funktionstiefe		●			
Annahmetyp	Nützlichkeit	Gebrauchs-tauglichkeit		Begehren		Kaufbereitschaft		Funktionsumfang				●	
Betrachtungs-schwerpunkt	Gesamtlösung	Eigenschaften						Eingabeverhalten	●				
								Ausgabeverhalten	●				

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

Prototyping-Methoden

- Produktbild
- CAD-Zeichnung
- UI-Mockup
- Broschüre

Validierungsmethoden

- Online Communities
- Standardisiertes Interview
- Gruppendiskussion
- Messe-Auftritt
- Vertriebsgespräch

Quellen

Durchgeführte Analysen / Studien:
Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, 4 und Abschn. 5.2.1,
[AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]

Bildquelle: https://assets-global.website-files.com/64c38ca9b1a2e59bd5b7d64a/656d721b127550de46e7a290_ENERCON%20E-82%20EP2%20E4.pdf

Bild A3-7: Prototyping-Steckbrief für PM20 – Datenblatt

PM22: Produktbild

Vertriebssimulationen

Beschreibung

Diese Methode beschreibt die Erstellung eines Marketing-orientierten Bildes der zukünftigen Marktleistung in seiner finalen Form. Dabei werden vor allem Design Konzepte und die Veranschaulichung von Use Cases fokussiert. Die Erstellung unterschiedlicher Bild-Versionen für verschiedene Use Cases ermöglicht die Veranschaulichung der vielfältigen Mehrwerte der zukünftigen Marktleistung. Für die Darstellung werden grafische Ressourcen wie Photographien, Bilder, Illustrationen oder 3D-Renderings verwendet. Die Bildgestaltung erfolgt mithilfe von Bildbearbeitungstools (z.B. Adobe Photoshop oder 3D-Modellierungssoftware (z.B. Blender, KI-basierte Bildgeneratoren (z.B. Midjourney) können ebenfalls eingesetzt werden. Für die Darstellung von z.B. wichtigen App-Nutzeroberflächen werden Mock-Up Tools wie Adobe Xd verwendet. Insgesamt bietet sich eine auf die Zielgruppe abgestimmte Bildsprache zu wählen.

Hilfswerkzeuge

- Grafik-Design Tool
- KI-basierte Text-to-Pict. Tools
- KI-basierte Pict.-to-Pict. Tools
- Modellierungssoftware
- Mock-Up Software
- Kamera-Set
- Stock-Fotos

Beispielhafte Tools:

- Adobe Photoshop
- GIMP
- Mid
- ChatGPT
- Midjourney



Beispielhafte Vorgehensweise

Bildideen entwickeln

- Ableitung von Use Cases aus der Produktidee
- Use Case Priorisierung
- Festlegung der Use Case Anzahl
- Detaillierung ausgewählter Use Cases

Bildsprache und -inhalte definieren

- Beschreiben der Szene pro Bild bzw. ausgewählten Use Case
- Definieren des Stil (z.B. realistisch, schematisch)

Hilfswerkzeuge implementieren

- Festlegen des Werkzeug-Typs (z.B. Grafik-Design Tool, KI-basierte Bildgeneratoren)
- Auswahl und Anschaffung verfügbarer Werkzeuge
- Einrichtung und Einarbeitung

Produktbild(er) erstellen

- Skizzieren des Produkts und Szenarien
- Design des Produktbild
- Design der Anwendungsszenarien
- Integration des Produkts in die Anwendungsszenarien

Attribute und Merkmale												
Attribut	Ausprägung						Merkmal	1	2	3	4	5
Cluster	Virtuell, nicht funktional	Physisch, nicht funktional	Konzeptmodell	Vertriebs-simulation	Fiktionale Geschichte	Funktional	Kosten					
Wertschöpfung	Hardware	Software	Mensch				Erstellungszeit					
Marktleistungstyp	Sachleistung	PSS	Dienstleistung				Visuelle Wiedergabetreue					
Notwendige Kompetenzen	Design	UX	IT	ET	MB	Marketing	Auditive Wiedergabetreue					
Lösungsgrundlage	Keine	Interne Lösung	Eigenes Produkt			Business Analyst	Haptische Wiedergabetreue					
Annahmetyp	Nützlichkeit	Gebrauchstauglichkeit	Begehren				Funktionstiefe					
Betrachtungsschwerpunkt	Gesamtlösung	Eigenschaften					Funktionsumfang					
							Eingabeverhalten					
							Ausgabeverhalten					

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

Prototyping-Methoden

- Wettbewerbsmedien
- Werbe- / Erklärvideo
- Fake Landing Page
- Presale Page
- Crowd Funding Inhalte
- Elevator Pitch

Validierungsmethoden

- Vertriebsgespräch
- Spontaninterview
- Online Testmärkte
- Standardisiertes Interview
- Physische Testmärkte
- Gruppendiskussion

Quellen

Durchgeführte Analysen / Studien:
Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]

Bildquelle: Dall-E

Bild A3-8: Prototyping-Steckbrief für PM22 – Produktbild

PM29: Plakatwerbung

Vertriebssimulationen

Beschreibung

Diese Methode beschreibt die Erstellung eines aussagekräftigen, marketingorientierten Plakats für eine Marktleistungs-idee. Es enthält oft ein Produktbild bzw. Illustration zur Veranschaulichung. Textliche Elemente wie prägnante Überschrift, Slogans und Beschreibungen vermitteln notwendige Produktinformationen. Preisangaben oder spezielle Angebote sowie Handlungsaufforderungen (Call-to-Action) mit Kontaktmöglichkeiten, interaktiven Elementen wie QR-Codes motivieren die Zielgruppe zu konkreten Aktionen. Plakate können in verschiedenen Formaten gestaltet werden (DIN A3 bis zu Sonderformaten). Ein Plakat kann sowohl online genutzt als auch offline ausgedruckt werden. Es sollten klare Schriftarten und Schriftgrößen gewählt werden, mit Kontrast zwischen Text und Hintergrund sowie einer ausgewogenen Verteilung von Text und Bild. Bei den Materialien sollten passende Papierarten, Beschichtungen und Montagehilfen (z.B. Rahmen) gewählt werden.

Hilfswerkzeuge

- Grafik-Design Tool
- KI-basierte Bildgeneratoren
- Modellierungssoftware
- Mock-Up Software
- Kamera-Set
- Stock-Fotos

Beispielhafte Tools:

- Adobe Photoshop
- GIMP
- Midjourney
- Chat GPT



Beispielhafte Vorgehensweise

Plakatideen entwickeln

- Ableitung von Use Cases aus der Produktidee
- Use Case Priorisierung
- Festlegung der Use Case Anzahl
- Detaillierung ausgewählter Use Cases

Plakatsprache und -inhalte definieren

- Beschreiben der Szene pro Bild bzw. ausgewählten Use Case
- Definieren des Stil (z.B. realistisch, schematisch)
- Definition der Marketing-Inhalte (z.B. Slogan, QR-Code)

Hilfswerkzeuge implementieren

- Festlegen des Werkzeug-Typs (z.B. Grafik-Design Tool, KI-basierte Bildgeneratoren)
- Auswahl und Anschaffung verfügbarer Werkzeuge
- Einrichtung und Einarbeitung

Plakate erstellen

- Skizzieren des Produkts und Szenarien
- Design des Layouts des Plakats
- Integration des Produkts bzw. Visualisierungen in das Plakat
- Integration der Marketing-Inhalte

Attribute und Merkmale

Attribut	Ausprägung						Merkmal	1	2	3	4	5
Cluster	Virtuell, nicht funktional	Physisch, nicht funktional	Konzeptmodell	Vertriebs-simulation		Fiktionaler Geschichte	Kosten					
							Erstellungszeit					
Wertschöpfung	Hardware	Software	Mensch				Visuelle Wiedergabetreue					
Marktleistungstyp	Sachleistung	PSS	Dienstleistung				Auditive Wiedergabetreue					
Notwendige Kompetenzen	Design	UX	IT	ET	MB	Marketing	Haptische Wiedergabetreue					
Lösungsgrundlage	Keine	Interne Lösung		Eigenes Produkt		Externe Lösung	Funktionstiefe					
Annahmetyp	Nützlichkeit	Gebrauchstauglichkeit		Begehren		Kaufbereitschaft	Funktionsumfang					
Betrachtungsschwerpunkt	Gesamtlösung	Eigenschaften					Eingabeverhalten					
							Ausgabeverhalten					

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

Prototyping-Methoden

- Wettbewerbsmedien
- Werbe- / Erklärvideo
- Fake Landing Page
- Presale Page
- Crowd Funding Inhalte

Validierungsmethoden

- Vertriebsgespräch
- Spontaninterview
- Online Testmärkte
- Standardisiertes Interview
- Physische Testmärkte
- Gruppendiskussion

Quellen

Durchgeführte Analysen / Studien:
Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]
Bildquelle: mein-plakat.de

Bild A3-9: Prototyping-Steckbrief für PM29 – Plakatwerbung

PM32: Pitch Deck

Vertriebssimulationen

Beschreibung

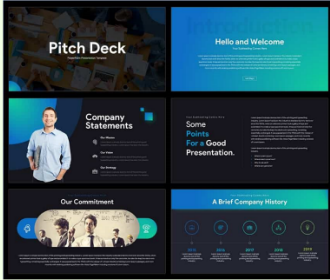
Das Pitch Deck beschreibt eine Methode, in der eine kompakte Präsentation, die wesentliche Informationen zu einer Marktleistungsidee auf wenigen, prägnanten Folien zusammenfasst. Strukturelemente umfassen z.B. Titel, Vision, Zielgruppe, Problemstellung, Lösung, Produktpalette, Marktanalyse, Geschäftsmodell, Preis, Wettbewerbssituation, Team, Kostenüberblick oder bisherige Erfolge. Im Zentrum steht die verständliche und kundenorientierte Darstellung der Geschäftsidee. Erstellunggrundlage können z.B. öffentlich zugängliche Pitchdecks sein. Visuelle Elemente wie Grafiken, Diagramme und Bilder sind auf den einzelnen Folien hilfreich. Klarheit, Verständlichkeit, ansprechendes Design und ein roter Faden sind hilfreich, um die Inhalte in kurzer Zeit zugänglich zu machen. Die Präsentationsdauer eines Pitches beträgt in der Regel 4-20 Minuten.

Hilfswerkzeuge

- Präsentationstool
- Grafik-Design Tool
- Existierende Startup-Pitch-Decks

Beispielhafte Tools:

- Power-Point
- Prezi
- Canva
- Pitch.com



Beispielhafte Vorgehensweise

Struktur definieren

Produktdetails spezifizieren

Layout erarbeiten

Inhalte einpflegen und anreichern

- Festlegen darzustellender Inhalte (z.B. Persona, Problem, Lösung, Mehrwert etc.)

- Analyse der Produktanforderungen (User Stories)
- Definition und Annahme notwendiger Inhalte (z.B. Preis)

- Auswahl des Präsentationstools
- Definition des Layouts
- Marketing-gerechte Aufbereitung

- Einpflegen erarbeiteter Spezifikationen
- Kundengerechte Aufbereitung der Inhalte
- Anreicherung weiterer Medien (z.B. Produktbilder, Skizzen)

Attribute und Merkmale

Attribut	Ausprägung						Merkmal	1	2	3	4	5
Cluster	Virtuell, nicht funktional	Physisch, nicht funktional	Konzeptmodell	Vertriebs-simulation	Fiktionale Geschichte	Funktional	Kosten	●				
							Erstellungszeit		●			
Wertschöpfung	Hardware	Software	Mensch				Visuelle Wiedergabetreue			●		
Marktleistungstyp	Sachleistung	PSS	Dienstleistung				Auditive Wiedergabetreue	●				
Notwendige Kompetenzen	Design	UX	IT	ET	MB	Marketing	Haptische Wiedergabetreue	●				
							Funktionstiefe	●				
Lösungsgrundlage	Keine	Interne Lösung	Eigenes Produkt			Externe Lösung	Funktionsumfang				●	
Annahmetyp	Nützlichkeit	Gebrauchstauglichkeit	Begehren			Kaufbereitschaft	Eingabeverhalten	●				
Betrachtungsschwerpunkt	Gesamtlösung	Eigenschaften					Ausgabeverhalten	●				

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

Prototyping-Methoden

- Produktbild
- UI Mockup
- Canvas basierte Visualisierung
- Logische Architektur
- Wettbewerbsmedien
- Werbe- / Erklärvideo

Validierungsmethoden

- Vertriebsgespräch
- Standardisiertes Interview
- Conjoint Analyse
- Physische Testmärkte
- Gruppendiskussion
- Erfolgsfaktoren-Analyse

Quellen

Durchgeführte Analysen / Studien:
Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]

Bildquelle: Fiverr

Bild A3-10: Prototyping-Steckbrief für PM32 – Pitchdeck



PM41: Digitales Wireframe
Virtuelle, nicht funktionale Gestalten

Beschreibung

Ein Wireframe (zu dt.: Drahtgerüst) stellt eine digitale Skizze für (Software-) Nutzeroberflächen bestehend aus grauen/schwarzen Linien, Kästen und maximal Überschriften dar. Es soll die Hauptinformationen und ein grobes Layout der Idee vermitteln und dem Betrachter das Konzept schnell klarmachen. Bilder, Textblöcke und visuelle Elemente werden bewusst weggelassen. Der Fokus bleibt auf Struktur, Funktionalität und der Gruppierung des Inhalts. Stufen von Grautönen helfen eine klare Priorisierung auf der Seite festzustellen. Wireframes werden meist für Ideen von Websites, Apps, Software bzw. Mensch-Maschinen-Schnittstellen verwendet und können schnell und günstig erstellt werden. Sie können Interaktivität beinhalten indem verschiedene Sichten der späteren Lösung erzeugt, und innerhalb einer Software miteinander verknüpft werden, sodass spätere Nutzer sich durch verschiedene Sichten navigieren können.

Hilfswerkzeuge

- Schreibwerkzeug
- Wireframing-Tool

Beispielhafte Tools:

- Sketch
- Microsoft Visio
- Miro
- Adobe Xd
- OmniGraffle



Beispielhafte Vorgehensweise

Layout vorbereiten
Überschriften erstellen
Textfelder kennzeichnen
Wireframe anreichern

- Festlegen der Rahmenbedingungen
- Identifikation relevanter Produktanforderungen und Funktionen
- Ableiten der Oberflächenstruktur

- Definition der Überschriften und Platzhalter für jede Funktionalität
- Verbesserung der Struktur-Anordnung

- Kennzeichnung der vorgesehenen Bereiche im gewünschten Format
- Ergänzung von Graustufen, um Wichtigkeit hervorzuheben

- Stichpunktartige Ergänzung der Inhalte
- Optimierung der Positionen
- Erweiterung bzw. Anpassung auf weitere Devices (z.B. Smartphone)

Attribute und Merkmale

Attribut	Ausprägung						Merkmal	1	2	3	4	5
Cluster	Virtuell, nicht funktional	Physisch, nicht funktional	Konzeptmodell	Vertriebs-simulation	Fiktionale Geschichte	Funktional	Kosten					
Wertschöpfung	Hardware	Software	Mensch				Erstellungszeit					
Marktleistungstyp	Sachleistung	PSS	Dienstleistung				Visuelle Wiedergabetreue					
Notwendige Kompetenzen	Design	UX	IT	ET	MB	Marketing	Auditive Wiedergabetreue					
Lösungsgrundlage	Keine	Interne Lösung	Eigenes Produkt			Externe Lösung	Haptische Wiedergabetreue					
Annahmetyp	Nützlichkeit	Gebrauchstauglichkeit	Begehren			Kaufbereitschaft	Funktionstiefe					
Betrachtungsschwerpunkt	Gesamtlösung	Eigenschaften					Funktionsumfang					
							Eingabeverhalten					
							Ausgabeverhalten					

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

Prototyping-Methoden

- Produktbild
- Pitch-Deck
- Elevator Pitch

Validierungsmethoden

- Standardisierte Interviews
- Spontan Interviews
- Labor-Beobachtung
- Lautes Denken
- Gruppendiskussion

Quellen

Durchgeführte Analysen / Studien:
Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4, und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]

Bildquelle: archimetric.com

Bild A3-12: Prototyping-Steckbrief für PM41 – Digitales Wireframe

PM42: UI Mockup
Virtuelle, nicht funktionale Gestalten

Beschreibung

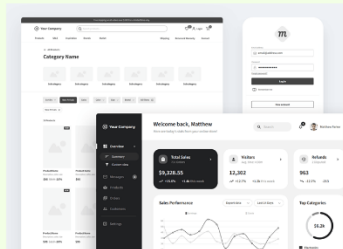
Ein „User Interface (UI) Mockup“ dient als hochwertiges visuelles Modell, um das geplante Design einer Benutzeroberfläche für Software realistisch abzubilden. Ziel ist es, eine konkrete Vorstellung von der finalen Marktleistung zu vermitteln. Es ist ein statisches Konstrukt, wobei interaktive Elemente oft nicht funktional sind. Für ein verbessertes Nutzererlebnis können Hover- oder Klick-Effekte simuliert werden. Im Vergleich zum Wireframe, welches mehr auf Struktur und Funktionalität fokussiert ist, bietet das Mockup eine ansprechende visuelle Repräsentation einschließlich Farbschemata, Layouts und Grafiken. Einige Softwareanwendungen bieten vorgefertigte Vorlagen oder den Einsatz generativer KI an, um die Erstellung von UI Mockups zu erleichtern. Ein UI Mockup konzentriert sich oft auf spezifische Anwendungsszenarien und bildet nicht alle Funktionalitäten ab.

Hilfswerkzeuge

- Mockup Tool

Beispielhafte Tools:

- Adobe Xd
- prototype.io
- Mockplus
- Figma
- Mopups.com
- Uizard.io



Beispielhafte Vorgehensweise

Layout planen	Layout erarbeiten	Design festlegen	Inhalte und Designelemente einpflegen und anreichern
<ul style="list-style-type: none"> • Festlegen der Rahmenbedingungen (z.B. zu fokussierender Use Case) • Ableiten relevanter Anforderungen (z.B. Experience, Seitenanzahl, Funktionen) 	<ul style="list-style-type: none"> • Recherche und Auswahl des Mockup-Tools • Anordnung der Layouts • Detaillierung der Layouts und Festlegen der Interaktionselemente 	<ul style="list-style-type: none"> • Sichtung vorhandener Vorlagen • Festlegung des Farbschemas und Typographie • Icons und visuelle Elemente entwerfen / festlegen 	<ul style="list-style-type: none"> • Einpflegen der Funktionen entsprechend der Anforderungen in die UI • Kundengerechte Aufbereitung der Inhalte • Ergänzung von Medien (z.B. Produktbild) • Implementierung der Interaktivität (z.B. Verlinkung von 2 UIs durch Button)

Attribute und Merkmale

Attribut	Ausprägung						Merkmal	1	2	3	4	5
Cluster	Virtuell, nicht funktional	Physisch, nicht funktional	Konzeptmodell	Vertriebs-simulation	Fiktionale Geschichte	Funktional	Kosten					
Wertschöpfung	Hardware	Software	Mensch				Erstellungszeit					
Marktleistungstyp	Sachleistung	PSS	Dienstleistung				Visuelle Wiedergabetreue					
Notwendige Kompetenzen	Design	UX	IT	ET	MB	Marketing	Business Analyst	Auditive Wiedergabetreue				
Lösungsgrundlage	Keine	Interne Lösung		Eigenes Produkt		Externe Lösung	Haptische Wiedergabetreue					
Annahmetyp	Nützlichkeit	Gebrauchstauglichkeit		Begehren		Kaufbereitschaft	Funktionstiefe					
Betrachtungsschwerpunkt	Gesamtlösung	Eigenschaften					Funktionsumfang					
							Eingabeverhalten					
							Ausgabeverhalten					

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

Prototyping-Methoden

- Pitch Deck
- Fake Landing Page
- Informatives Rollenspiel
- Benutzerintegrierendes Rollenspiel
- Crowd Funding Inhalte

Validierungsmethoden

- Vertriebsgespräch
- Standardisiertes Interview
- Conjoint Analyse
- Messeauftritt
- Crowd Funding
- Gruppendiskussion
- Lautes Denken

Quellen

Durchgeführte Analysen / Studien:
Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]

Bildquelle: synergycommerce.io

Bild A3-13: Prototyping-Steckbrief für PM42 – UI Mockup

PM50: Papp-Gestalt
Physische, nicht funktionale Gestalten

Beschreibung

Die Prototyping-Methode „Papp-Gestalt“ nutzt einfache Materialien wie Pappe, Papier und Klebstoff, um schnell physische Modelle eines Produkts zu erstellen und dessen Form, Design, Ergonomie oder grundlegende Funktionalität erlebbar zu machen. Pappe, Papier und ähnliche Materialien sind leicht verfügbar und erlauben die Erstellung von Modellen in Originalgröße. Bei Bedarf können diese in hoher Detailtreue gefertigt und von professionellen Dienstleistern bedruckt werden. In der Papp-Gestalt können spezifische Interaktionspunkte integriert werden, an denen Nutzer das Produkt erleben können. Funktionale Elemente wie bewegliche oder abnehmbare Teile oder gezeichnete Dashboards simulieren eine realistische Nutzung. Die Pappgestalt kann ebenfalls durch anderes Material, wie Plastikhebel, Lenkräder oder anderen Komponenten ergänzt werden, um eine erweiterte Nutzererfahrung zu ermöglichen.

Hilfswerkzeuge

- Pappe
- Papier
- Klebstoff
- Schneidmaterialien
- Papp-Drucker
- Malwerkzeug und Farbe
- Weitere Materialien (z.B. Verbindungselemente)



Beispielhafte Vorgehensweise

Anforderungen analysieren	Produktdesign definieren	Produktion vorbereiten	Pappgestalt produzieren	Ergebnis integrieren
<ul style="list-style-type: none"> • Ableiten von Anforderungen an das Design und Grundfunktionalität (z.B. Detailtiefe, Größe, Gewicht) • Definition von Anforderungen an Material und Produktion 	<ul style="list-style-type: none"> • Anfertigung einer Papierskizze der Gestalt • Erstellung von unterschiedlichen Ansichten • Festlegen der Materialien für Teilelemente der Gestalt 	<ul style="list-style-type: none"> • Materialbeschaffung • Vorbereitung der Werkstatt und Werkzeug 	<ul style="list-style-type: none"> • Erzeugung der Gestaltskomponenten anhand der definierten Skizzen • Oberflächen glätten (z.B. Schleifen) und färben • Berücksichtigung von Safety-Aspekten 	<ul style="list-style-type: none"> • Integration der Komponenten zu einem Gesamtsystem • Nutzung weiterer Materialien (z.B. Metall) • Optimierung des Gesamtsystems (z.B. Komponentenverbindungen ausbessern)

Attribut	Ausprägung							Merkmal					
	Virtuell, nicht funktional	Physisch, nicht funktional	Konzeptmodell	Vertriebs-simulation	Fiktionale Geschichte	Funktional			1	2	3	4	5
Cluster								Kosten					
								Erstellungszeit					
Wertschöpfung	Hardware	Software	Mensch					Visuelle Wiedergabetreue					
Marktleistungstyp	Sachleistung	PSS	Dienstleistung					Auditive Wiedergabetreue					
Notwendige Kompetenzen	Design	UX	IT	ET	MB	Marketing	Business Analyst	Haptische Wiedergabetreue					
Lösungsgrundlage	Keine	Interne Lösung		Eigenes Produkt		Externe Lösung		Funktionstiefe					
Annahmetyp	Nützlichkeit	Gebrauchstauglichkeit		Begehren		Kaufbereitschaft		Funktionsumfang					
Betrachtungsschwerpunkt	Gesamtlösung	Eigenschaften						Eingabeverhalten					
								Ausgabeverhalten					

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

<p>Prototyping-Methoden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interaktives Rollenspiel • Elevator Pitch • Konzeptgalerie • Datenblatt • Pitch-Deck • Canvas-basierte Visualisierung 	<p>Validierungsmethoden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Standardisierte Interviews • Feld-Beobachtung • Labor-Beobachtung • Biometric Response • Laborexperimente • Lautes Denken
---	---

Quellen

Durchgeführte Analysen / Studien: Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]

Bildquelle: Spiegel.de

Bild A3-14: Prototyping-Steckbrief für PM50 – Papp-Gestalt

PM51: Pinocchio

Physische, nicht funktionale Gestalten

Beschreibung

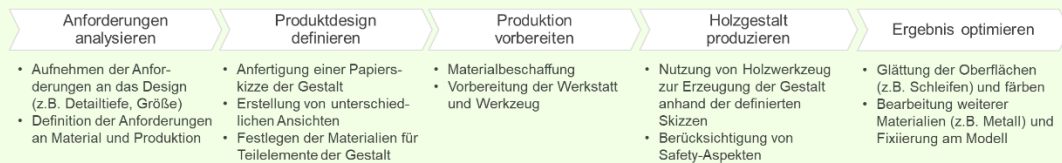
"Pinocchio"-Prototyping bezeichnet einen Prozess zur Erzeugung physischer Modelle, die primär aus Holz und in der Praxis oft aus ergänzenden Materialien wie Kunststoff, Metall und Malfarbe gefertigt werden. Diese Modelle dienen der visuellen und haptischen Repräsentation eines geplanten Produkts, wobei sie hauptsächlich dessen äußere Form und Dimensionen abbilden. Die Wahl kostengünstiger Materialien erleichtert schnelle und effiziente Iterationen in der Formgebung, was eine unmittelbare Bewertung der physischen Präsenz des Designs im Raum gestattet. Solche Prototypen sind insbesondere für die frühzeitige Überprüfung von Handhabung, Ergonomie sowie visueller und taktiler Wahrnehmung des Produkts von Vorteil. Zudem lassen sich Designaspekte wie Balance, Proportionen und das generelle „Gefühl“ des Produkts darstellen.

Hilfswerkzeuge

- Holz
- Werkzeug zur Holzbearbeitung
- Malwerkzeug
- Farbe
- Weitere Materialien (z.B. Metall)



Beispielhafte Vorgehensweise



Attribut	Ausprägung							Merkmal	1	2	3	4	5
Cluster	Virtuell, nicht funktional	Physisch, nicht funktional	Konzeptmodell	Vertriebs-simulation	Fiktionale Geschichte	Funktional		Kosten					
								Erstellungszeit					
Wertschöpfung	Hardware	Software	Mensch					Visuelle Wiedergabetreue					
Marktleistungstyp	Sachleistung	PSS	Dienstleistung					Auditive Wiedergabetreue					
Notwendige Kompetenzen	Design	UX	IT	ET	MB	Marketing	Business Analyst	Haptische Wiedergabetreue					
Lösungsgrundlage	Keine	Interne Lösung	Eigenes Produkt		Externe Lösung			Funktionstiefe					
Annahmetyp	Nützlichkeit	Gebrauchstauglichkeit	Begehren		Kaufbereitschaft			Funktionsumfang					
Betrachtungsschwerpunkt	Gesamtlösung	Eigenschaften						Eingabeverhalten					
								Ausgabeverhalten					

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

Prototyping-Methoden

- Interaktives Rollenspiel
- Elevator Pitch
- Konzeptgalerie
- Datenblatt
- Pitch-Deck
- Canvas-basierte Visualisierung

Validierungsmethoden

- Standardisierte Interviews
- Feld-Beobachtung
- Labor-Beobachtung
- Biometric Response
- Laborexperimente
- Lautes Denken

Quellen

Durchgeführte Analysen / Studien:
Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5,
Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1,
[AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]
Bildquelle: t2informatik, Pinterest

Bild A3-15: Prototyping-Steckbrief für PM51 – Pinocchio



Bild A3-16: Prototyping-Steckbrief für PM52 – 3D-Druck

PM59: Wizard of Oz (Physical / Digital)
Funktionale Repräsentation

Beschreibung

Die Validierungsmethode „Wizard of Oz“ (bei Hardware oft „Mechanical Turk“ genannt) simuliert Funktionen und Abläufe eines Software- oder Hardwareprodukts durch manuelle Durchführung durch Menschen, sodass der Kunde den Eindruck erhält, das System sei voll funktionsfähig und automatisiert. Eine Person im Hintergrund führt Funktionen aus, ohne dass der Endnutzer Kenntnis davon hat. Die Methode eignet sich für komplexe oder ressourcenintensive Funktionen wie die Verarbeitung natürlicher Sprache, Künstliche Intelligenz oder Interaktionsmodelle, die andernfalls eine umfassende technologische Entwicklung erfordern. Ein Beispiel für eine Hardware-Idee ist ein innovativer Kaffeeautomat, dessen Funktionen manuell durch eine verborgene Person in der Maschine gesteuert werden. Ein Beispiel für eine Software-Idee ist eine KI-Anwendung, bei der Antworten an Nutzer durch eine Person im Hintergrund generiert werden.

Hilfswerkzeuge

- Makerspace (Werkzeug, Materialien etc.)
- Rollenskript
- Ablaufbeschreibungen



Beispielhafte Vorgehensweise

Funktionsumfang festlegen	Konzept erstellen	„Zauberer“ vorbereiten	Prototyp entwickeln & produzieren	Testing und iterative Verbesserung
<ul style="list-style-type: none"> • Auswahl der zu simulierenden Use Cases und Funktionen • Definition der automatisierten Abläufe 	<ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitung des technischen Konzepts und der Gestalt • Definition des echten und simulierten Anteils 	<ul style="list-style-type: none"> • Definition der Rollen und Zuständigkeiten • Erstellung von Leitfäden und Anweisungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung und Aufbau der Gestalt (z.B. Gehäuse) • Entwicklung und Aufbau der notwendigen Umgebung (z.B. verdeckte Steuerung) • Entwicklung und Aufbau der Mensch-Maschine - Schnittstelle 	<ul style="list-style-type: none"> • Testen des Gesamtsystems • Verbesserung der Funktionen und Nutzeroberfläche

Attribute und Merkmale

Attribut	Ausprägung							Merkmal	1	2	3	4	5	
Cluster	Virtuell, nicht funktional	Physisch, nicht funktional	Konzeptmodell	Vertriebs-simulation	Fiktionale Geschichte	Funktional		Kosten						
Wertschöpfung	Hardware	Software	Mensch					Erstellungszeit						
Marktleistungstyp	Sachleistung	PSS	Dienstleistung					Visuelle Wiedergabetreue						
Notwendige Kompetenzen	Design	UX	IT	ET	MB	Marketing	Business Analyst	Auditive Wiedergabetreue						
Lösungsgrundlage	Keine	Interne Lösung		Eigenes Produkt		Externe Lösung		Haptische Wiedergabetreue						
Annahmetyp	Nützlichkeit	Gebrauchstauglichkeit		Begehren		Kaufbereitschaft		Funktionstiefe						
Betrachtungsschwerpunkt	Gesamtlösung	Eigenschaften						Funktionsumfang						
								Eingabeverhalten						
								Ausgabeverhalten						

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

<p>Prototyping-Methoden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pitch-Deck • Informatives Rollenspiel • Benutzerintegrierendes Rollenspiel • Datenblatt 	<p>Validierungsmethoden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Feld-Beobachtung • Labor-Beobachtung • Biometric Response • Laborexperiment • Feldexperiment • Standardisierte Interviews
---	---

Quellen

Durchgeführte Analysen / Studien:
Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]
Bildquelle: facebook.de, LAD-Bible

Bild A3-17: Prototyping-Steckbrief für PM67 – Wizard of Oz (Physical / Digital)

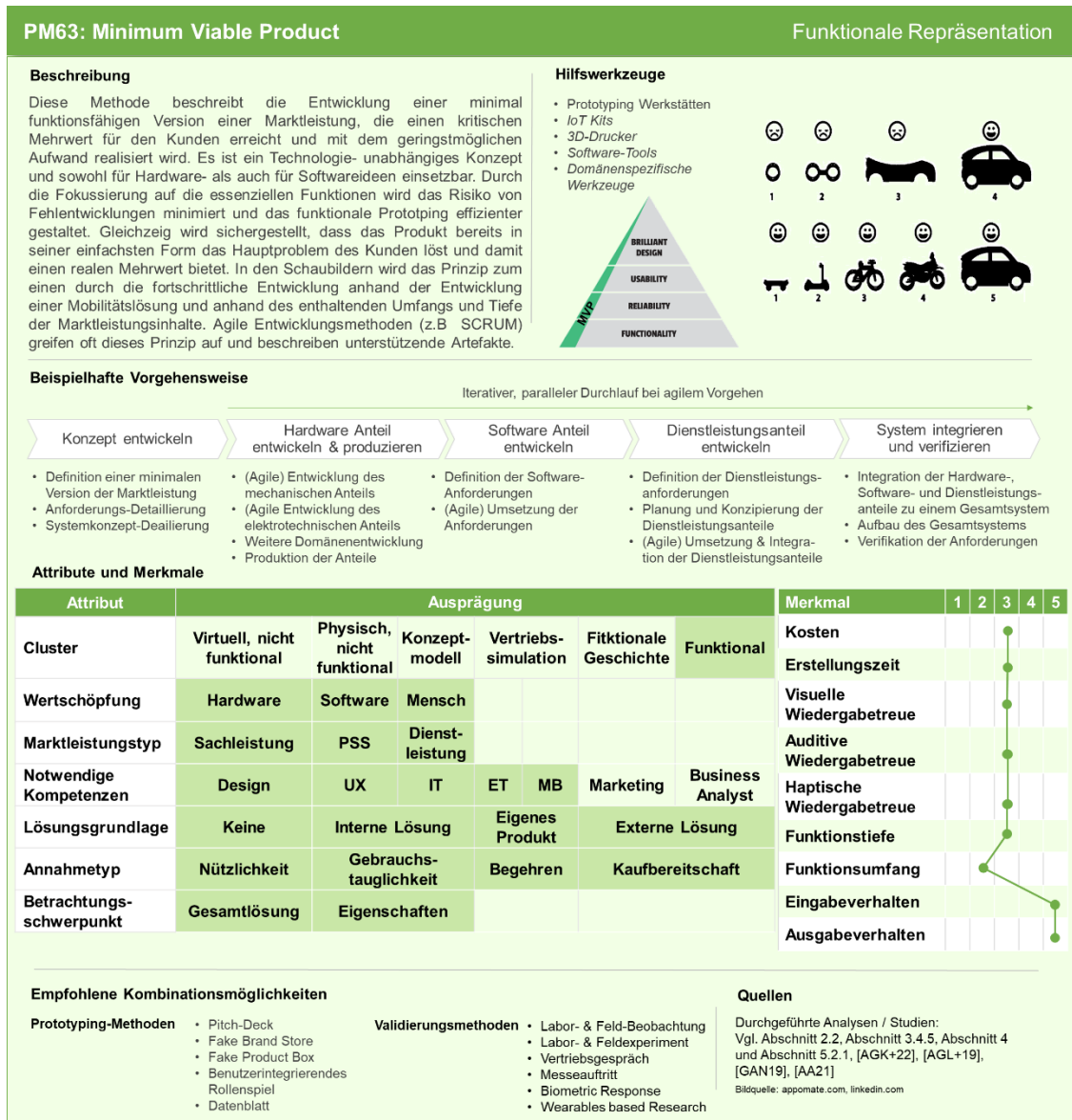


Bild A3-18: Prototyping-Steckbrief für PM63 – Minimum Viable Product





Bild A3-20: Prototyping-Steckbrief für PM70 – Smart Hybrid Prototype

Methodensteckbriefe für die frühe Validierung:

VM01: Fragebogen
Befragungen

Beschreibung

Diese Validierungsmethode umfasst die systematische Erhebung von Daten durch standardisierte schriftliche Befragungen. Fragebögen ermöglichen die Sammlung von sowohl qualitativen als auch quantitativen Informationen von einer größeren Personenanzahl. Sie beinhalten einen vorab erstellten Fragesatz, die den Teilnehmern in standardisierter Form vorgelegt werden. Ziel ist das Ermöglichen einer vergleichenden Auswertbarkeit der Ergebnisse. Fragebögen können in Papierform, online oder per E-Mail verteilt werden. Durch die gezielte Gestaltung von geschlossenen Fragen, Skalen (z. B. Likert-Skala) und offenen Fragen können spezifische Annahmen überprüft und Einblicke in die Bedürfnisse und Erwartungen der Zielgruppe gewonnen werden. Die Veranschaulichung der Idee kann den Teilnehmern schriftlich im Fragebogen oder durch das Anhängen von Prototypen integriert werden.

Hilfswerkzeuge

- Fragebogen-Dokument
- Umfrage-Tool
- Schreibwerkzeug
- Laptop / PC
- Tools zur Fragen-Generierung
- Statistische Auswertungstools

Beispiel-Tools:

- AI Interview Questions Generator
- ChatGPT
- Survey Monkey
- Microsoft Forms



Beispielhafte Vorgehensweise

Fragebogen vorbereiten	Teilnehmer akquirieren	Umfrage starten	Umfrage beobachten und Ergebnisse dokumentieren
<ul style="list-style-type: none"> • Formulierung von Fragen pro Annahme und Festlegen der zu messenden Kennwerte • Ableitung der Antwortmöglichkeiten entsprechend der Kennwerte • Festlegung des Umfrage-Tools festlegen und Einbetten der Fragen 	<ul style="list-style-type: none"> • Anfrage zur Teilnahme durch eigenes Netzwerk, Partner oder Online Plattformen • Aufklärung der Teilnehmer • Einholen der Teilnahmebestätigung 	<ul style="list-style-type: none"> • Verteilung des Fragebogens • Konsum des Prototypens oder Beschreibung der Idee • Beantwortung der Fragen durch die Teilnehmer 	<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentation der Antworten • Daten passend zur Interpretation vorbereiten

Attribute und Merkmale

Attribut	Spezifikation									
	Befragung	Beobachtung	Experiment	Quellenanalyse						
Cluster										
Zielmarkt	B2B		B2C							
Kundenintegration	Direkt		Indirekt							
Unternehmensintegration	Direkt		Indirekt							
Umgebungsform	Schriftlich	Persönlich	Telefonisch	Online	Datenbasiert					
Umgebungsreife	Laborfeld	Testfeld	Real-Feld							
Informationssuche	Informell		Strukturiert							
Datentyp	Qualitativ		Quantitativ							
Annahmetyp	Nützlichkeit	Usability	Begehren	Kaufbereitschaft						

Beispielhafte Kennwerte zur Messung

Geschlossene Frage	Offene Frage	Physisches Verhalten	Virtuelles Verhalten
<ul style="list-style-type: none"> • Abfragen des Mehrwerts (z.B. Effizienzsteigerung) einer Lösung durch Likert-Skala 1-5 (1= stimme gar nicht zu, 5 = stimme voll zu) • Abfragen eines Rankings zwischen eigener Idee und weiteren Konkurrenz-Produkten • Abfragen eines Rankings zur Wichtigkeit der Features • Dichotome Abfrage zu Aspekten des Mehrwerts (Ja/Nein) 	<ul style="list-style-type: none"> • Offene Frage zur Kundenmeinung bzgl. des zu adressierenden Problems eines Produktes und Messung der Übereinstimmungsrates zu eigens angenommenen Werten (Welche Mehrwerte generiert die Idee für Sie?) • Offene Frage zu potenziellem Kaufpreis und Messung der Nähe zu eigens angenommenen Kaufpreisen (Wie viel würden Sie für das Produkt zahlen?) 		<ul style="list-style-type: none"> • Zeit für die Beantwortung der Fragen • Anzahl nicht beantworteter Fragen

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

<p>Prototyping-Methoden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Werbe- / Erklär-Video • Produktbild • UI-Mockup • Fake-Landingpage • Pitch-Deck • Pressemitteilung • Cognitive Walkthrough 	<p>Validierungsmethoden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Panelerhebung • Online Community • Gruppendiskussion • Spontaninterviews • Labor-Experiment • Feldexperiment 	<p>Quellen</p> <p>Durchgeführte Analysen / Studien: Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]</p> <p><small>Bildquelle: blog.hubspot.de</small></p>
---	--	--

Bild A3-21: Validierungssteckbrief für VM01 – Fragebogen

VM04: Online Communities
Befragungen

Beschreibung

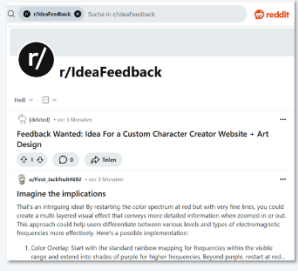
Online Communities adaptieren die klassische Methode der „Fokusgruppen“ und nutzen dafür die erweiterten Möglichkeiten des Internets. Dabei wird eine Gruppe von gleichgesinnten Personen online gebildet, welche über einen längeren Zeitraum Fragestellungen zu einem vorgegebenen Thema beantwortet. Derartige „Communities“ können über Monate oder Jahre bestehen. Oftmals sind diese über Foren oder sozialen Plattformen organisiert, die speziell die frühe Validierung fokussieren. Beispiele sind formierte Gruppen auf den Plattformen reddit, facebook oder linkedin, die als Community gegenseitig Ideen präsentieren und feedbacken. Ein Moderator stellt dabei kontinuierlich Fragen und beantwortet aufkommendes Feedback bzw. begleitet die Diskussionen.

Hilfswerkzeuge

- Community-Plattformen für Innovationsentwicklung
- Online-Communities für Gründer
- Domänenspezifische Plattformen (z.B. Smart Building Foren)

Beispiel-Community-Plattformen:

- Reddit
- Product Hunt
- Startups.com
- Facebook-Gruppen
- Betalist.com



Beispielhafte Vorgehensweise

Plattform identifizieren	Diskussions-Gruppe aufbauen	Inhalte integrieren	Moderation und Dokumentation
<ul style="list-style-type: none"> • Definition der Plattformanforderungen (z.B. Zielgruppe, Teilnehmeranzahl) • Recherche, Bewertung und Auswahl der Plattformen • Plattform-Registrierung und Verstehen des Regelwerks 	<ul style="list-style-type: none"> • Gruppen-Gründung und Setzen des Diskussionsrahmens (z.B. Regelwerk) • Formulierung von Fragen pro Annahme und Festlegen der zu messenden Kennwerte • Ableitung der Antwortmöglichkeiten entsprechend der Kennwerte 	<ul style="list-style-type: none"> • Zielgruppengerechte Beschreibung der Idee (z.B. Features) • Integration des Prototyps (z.B. Video) • Veröffentlichung der Fragen • Anwerben von Diskussionsteilnehmern 	<ul style="list-style-type: none"> • Beobachtung der durchgeführten Diskussionen • Beantwortung von Community-Fragen • Dokumentation & Interpretation der Antworten entsprechend der Annahmen, Kennwerte und Grenzwerte

Attribute und Merkmale

Attribut	Spezifikation					
	Befragung	Beobachtung	Experiment	Quellenanalyse		
Zielmarkt	B2B		B2C			
Kundenintegration	Direkt		Indirekt			
Unternehmensintegration	Direkt		Indirekt			
Umgebungsform	Schriftlich	Persönlich	Telefonisch	Online	Datenbasiert	
Umgebungsreife	Laborfeld	Testfeld	Real-Feld			
Informationssuche	Informell		Strukturiert			
Datentyp	Qualitativ		Quantitativ			
Annahmetyp	Nützlichkeit	Usability	Begehren	Kaufbereitschaft		

Merkmal	1	2	3	4	5
Kosten					
Vorbereitungszeit					
Ausführungszeit					
Personenanzahl					
Detailgrad					
Evidenz					

Beispielhafte Kennwerte zur Messung

Geschlossene Frage	Offene Frage	Physisches Verhalten	Virtuelles Verhalten
<ul style="list-style-type: none"> • Abfragen des Mehrwerts (z.B. Effizienzsteigerung) einer Lösung durch Likert-Skala 1-5 (1= stimme gar nicht zu, 5= stimme voll zu) • Abfragen eines Rankings zwischen eigener Idee und weiteren Konkurrenz-Produkten • Dichotome Abfrage zu Aspekten des Mehrwerts (Ja/Nein) • Abfragen von Feature Präferenzen 	<ul style="list-style-type: none"> • Offene Frage zur Kundenmeinung bzgl. des der Problemlösung eines Produktes und Messung der Übereinstimmungsrate zu eigens angenommenen Mehrwerten (Welche Mehrwerte generiert die Idee für Sie?) • Offene Frage zu potenziellem Kaufpreis und Messung der Nähe zu eigens angenommenen Kaufpreisen (Wie viel würden Sie für das Produkt zahlen?) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bei dieser Validierungsmethode nicht möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • Engagement-Level (Aktivität durch Kommentar-Anzahl, Likes, Shares, Linkklick etc.) • Veränderung des Engagements über die Zeit • Emotionalität in den Inhalten • Häufigkeit von Trendthemen, die diskutiert werden • Verbreitungsgeschwindigkeit des Beitrags über die Plattform hinaus

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

Prototyping-Methoden <ul style="list-style-type: none"> • Produktbild • Pitch-Deck • Werbevideo • Data Sheet • Blog-Beitrag • Fake Landing Page 	Validierungsmethoden <ul style="list-style-type: none"> • Micro Surveys • Mobile Surveys • Online-Testmärkte • Crowd-Funding • Erfolgsfaktoren-Analyse
--	--

Quellen

Durchgeführte Analysen / Studien:
Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]
Bildquelle: OpenPR.com

Bild A3-22: Validierungssteckbrief für VM04 – Online Communities

VM05: Spontan-Interview
Befragungen

Beschreibung

Diese Methode beschreibt die Durchführung kurzer, ungeplanter Interviews mit potenziellen Nutzern oder Kunden, um unmittelbares Feedback zu einer Marktleistungsidee zu erhalten. Spontaninterviews finden häufig in öffentlichen Räumen wie Einkaufszentren, Fußgängerzonen oder bei Veranstaltungen statt, wo die Zielgruppe leicht erreichbar ist. Sie werden ohne umfangreiche Vorbereitung durchgeführt und eignen sich besonders für Produkte im B2C Bereich, die ein breites Publikum ansprechen. Durch informelle Gespräche werden Meinungen, Bedürfnisse und Erwartungen zu einer Produktidee erfasst. Obwohl die Interviews spontan sind, können Prototypen wie Skizzen, Bilder oder einfache Mock Ups verwendet werden, um das Verständnis der Marktleistungsidee zu erleichtern. Die gewonnenen Erkenntnisse werden durch Notizen, Audioaufnahmen oder kurze Zusammenfassungen direkt nach dem Gespräch dokumentiert.

Hilfswerkzeuge

- Fragebogen
- Schreibwerkzeug
- Laptop / PC



Beispielhafte Vorgehensweise

Umgebung und Kunde vorbereiten	Prototyp konsumieren	Fragen stellen	Kennwerte aufnehmen und Abmoderation
<ul style="list-style-type: none"> • Prototyp einrichten • Fragebogen entwerfen und ausdrucken • Ansprechen des (fremden) Teilnehmers und Aufklärung zur Befragung 	<ul style="list-style-type: none"> • Beschreibung der Idee • Vorführung vorhandener Prototypen 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorbereitete Fragen stellen • Fragen beantworten • Offenes Gespräch führen 	<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentation der Antworten • Beobachten und Dokumentation des Verhaltens • Zusammenfassung und Fazit

Attribute und Merkmale

Attribut	Spezifikation					Merkmal	1	2	3	4	5
Cluster	Befragung	Beobachtung	Experiment	Quellenanalyse		Kosten					
Zielmarkt	B2B		B2C			Vorbereitungszeit					
Kundenintegration	Direkt		Indirekt			Ausführungszeit					
Unternehmensintegration	Direkt		Indirekt			Personenanzahl					
Umgebungsform	Schriftlich	Persönlich	Telefonisch	Online	Datenbasiert	Detailgrad					
Umgebungsreife	Laborfeld	Testfeld	Real-Feld			Evidenz					
Informationssuche	Informell		Strukturiert								
Datentyp	Qualitativ		Quantitativ								
Annahmetyp	Nützlichkeit	Usability	Begehren	Kaufbereitschaft							

Beispielhafte Kennwerte zur Messung

Geschlossene Frage	Offene Frage	Physisches Verhalten	Virtuelles Verhalten
<ul style="list-style-type: none"> • Frage zur Nutzerzufriedenheit (Wie zufrieden sind Sie mit der Benutzerfreundlichkeit der Lösung? (1 = sehr unzufrieden, 5 = sehr zufrieden)) • Abfragen eines Rankings zwischen vorhandenen Problemen im Problemraum der Idee • Abfragen der Kaufabsicht • Dichotome Abfrage zu Aspekten des Mehrwerts (Ja/Nein) 	<ul style="list-style-type: none"> • Offene Frage zur Kundenmeinung bzgl. des Mehrwerts eines Produktes und Messung der Übereinstimmungs-rate zu eigens angenommenen Mehrwerten (Welche Mehrwerte generiert die Idee für Sie?) • Offene Frage zu potenziellem Kaufpreis und Messung der Nähe zu eigens angenommenen Kaufpreisen (Wie viel würden Sie für das Produkt zahlen?) 	<ul style="list-style-type: none"> • Anzahl und Intensität von Freude-Ausdrücken (z.B. Lächeln) • Verwirrte Blicke • Gesten und Körpersprache • Reaktions- und Antwortzeiten • Häufigkeit und Intensität von Zustimmungsaussagen • Unterschriebene Absichtserklärung zum Kauf • Aufmerksamkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Nicht möglich

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

Prototyping-Methoden	Validierungsmethoden	Quellen
<ul style="list-style-type: none"> • Produktbild • Papierskizze • UI-Mockup • Design-Prototyp • Fake Product Box • Elevator Pitch • 3D-Druck 	<ul style="list-style-type: none"> • Ethnographische Beobachtung • Lautes Denken • Mobile Survey • Micro Survey • Standardisiertes Interview 	<p>Durchgeführte Analysen / Studien: Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]</p> <p><small>Bildquelle: rheinpfalz.de</small></p>

Bild A3-23: Validierungssteckbrief für VM05 – Spontan-Interview

VM06: Standardisiertes Interview

Befragungen

Beschreibung

Diese Befragungstechnik kann persönlich, telefonisch oder virtuell durchgeführt werden, um strukturiert sowohl allgemeine als auch spezifische Kundenmeinungen-, Präferenzen zu erfragen bzw. zu beobachten. Die Methode zeichnet sich durch einen vorab festgelegten Fragekatalog aus, der allen Teilnehmern in identischer Abfolge durch einen Interviewer präsentiert wird. Dies gewährleistet eine Vergleichbarkeit und Konsistenz der Antworten über eine Vielzahl von Befragten. Standardisierte Interviews können unter anderem genutzt werden, um grundlegende Reaktionen auf eine Idee zu testen oder um tiefere Einblicke in spezifische Aspekte wie Features oder Benutzerfreundlichkeit zu erhalten. Zum einen können qualitative Meinungen bei z.B. offenen Fragen ermittelt werden. Zum anderen können durch gezieltes Abfragen quantitative Daten (z.B. Nutzung der Likert-Skala) generiert werden.

Hilfswerkzeuge

- Fragebogen
- Schreibwerkzeug
- Laptop / PC
- AI-Tools zur Fragen-Generierung
- Statistische Auswertungstools
- Automated Transcriber

Beispiel-Tools:

- AI Interview Questions Generator
- ChatGPT
- Otter.ai
- AssemblyAI



Beispielhafte Vorgehensweise

Umgebung und Kunde vorbereiten

Prototyp konsumieren

Fragen stellen

Kennwerte aufnehmen und Abmoderation

- Kunden zur Befragung aufklären
- Prototyp einrichten
- Fragebogen entwerfen und ausdrucken
- Kunden einladen und Einführen

- Vorführung vorhandener Prototypen oder Beschreibung der Idee

- Fragebogen durchgehen
- Offene Fragen beantworten

- Dokumentation der Antworten
- Beobachten des Verhaltens
- Zusammenfassung und Fazit

Attribute und Merkmale

Attribut	Spezifikation						
Cluster	Befragung	Beobachtung	Experiment	Quellenanalyse			
Zielmarkt	B2B		B2C				
Kundenintegration	Direkt		Indirekt				
Unternehmensintegration	Direkt		Indirekt				
Umgebungsform	Schriftlich	Persönlich	Telefonisch	Online	Datenbasiert		
Umgebungsreife	Laborfeld	Testfeld	Real-Feld				
Informationssuche	Informell		Strukturiert				
Datentyp	Qualitativ		Quantitativ				
Annahmetyp	Nützlichkeit	Usability	Begehren	Kaufbereitschaft			

Merkmal	1	2	3	4	5
Kosten					
Vorbereitungszeit					
Ausführungszeit					
Personenanzahl					
Detailgrad					
Evidenz					

Beispielhafte Kennwerte zur Messung

Geschlossene Frage	Offene Frage	Physisches Verhalten	Virtuelles Verhalten
<ul style="list-style-type: none">• Abfragen von USPs einer Lösung durch Likert-Skala 1-5 (1= stimme gar nicht zu, 5 = stimme voll zu)• Abfragen eines Rankings zwischen eigener Idee und weiteren Konkurrenz-Produkten• Abfragen von Präferenzen zu gezeigten, alternativen Erlösmodellen• Dichotome Abfrage zu Aspekten des Mehrwerts (Ja/Nein)	<ul style="list-style-type: none">• Offene Frage zu aktuellen Problemen im Zusammenhang mit den adressierten Jobs-to-be-done (z.B. Welche Probleme treten bei Ihnen im Instandhaltungsprozess aus?)• Offene Frage zu möglichen Mehrwerten bei der Lösung eines Problems• Offene Frage zur Gebrauchstauglichkeit	<ul style="list-style-type: none">• Anzahl und Intensität von Freude-Ausdrücken (z.B. Lächeln)• Mimik, Stimmfarbe• Gesten und Körpersprache• Reaktions- und Antwortzeiten• Aufgabenleistung (z.b. Gesamtlaufzeit, Effizienz)• Unterschriebene Absichtserklärung zum Kauf oder Kooperation• Aufmerksamkeit	<ul style="list-style-type: none">• Nicht möglich

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

Prototyping-Methoden

- Pitchdeck
- UI-Mockup
- Datenblatt
- Product Backlog
- Design-Prototyp
- Funktionale Repräsentationen

Validierungsmethoden

- Conjoint Analyse
- Panelerhebung
- Lautes Denken
- Labor Beobachtung
- Feldexperiment
- Vertriebsgespräch

Quellen

Durchgeführte Analysen / Studien:
Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]

Bildquelle: Organisator.ch

Bild A3-24: Validierungssteckbrief für VM06 – Standardisiertes Interview

VM07: Conjoint-Analyse
Befragungen

Beschreibung

Diese statistische Technik basiert auf Umfragedaten und wird vorrangig in der Marktforschung eingesetzt, um zu ermitteln, welche Bedeutung Menschen verschiedenen Attributen eines Produkts oder einer Dienstleistung beimessen. Ziel ist es herauszufinden, welche spezifische Kombination aus einer begrenzten Anzahl von Merkmalen, Funktionen und Nutzen den größten Einfluss auf die Wahlentscheidung der Konsumenten hat. Die Conjoint-Analyse ermöglicht es, präzise Einblicke in die Präferenzstruktur der Zielgruppe zu gewinnen und ist besonders effektiv, um die relativen Prioritäten und Preiselastizitäten der einzelnen Produktattribute zu identifizieren. Dadurch können Entscheidungsträger verstehen, welche Aspekte für Kunden am wertvollsten sind und wie diese die Entscheidungsfindung beeinflussen.

Hilfswerkzeuge

- Fragebogen
- Auswertungsbogen
- Schreibwerkzeug
- Laptop / PC
- AI-Tools zur Fragen-Generierung
- Statistische Auswertungstools
- Automated Transcriber

Beispielhafte Vorgehensweise

Merkmale analysieren	Erhebungsdesign bestimmen	Bewertung der Stimuli (Datenerhebung)	Schätzung der Nutzwerte	Aggregation der Nutzwerte
<ul style="list-style-type: none"> • Bestimmung der Produktmerkmale und ihre Ausprägungen • Sicherstellung der Merkmalsunabhängigkeit • Begrenzung der Merkmalsanzahl 	<ul style="list-style-type: none"> • Wahl der Vorführungsmethode (z.B. Profil- oder Zweifaktor-Methode) • Festlegung der Anzahl und Art der Stimuli 	<ul style="list-style-type: none"> • Visuelle, physische und/oder verbale Präsentation der Stimuli • Rangreihung der Stimuli 	<ul style="list-style-type: none"> • Bestimmung des Beitrags der Merkmale zu Gesamtnutzen • Bestimmung der relativen Wichtigkeit der Merkmale • Ermittlung der Teilnutzwerte je Merkmalsausprägung 	<ul style="list-style-type: none"> • Zusammenfassung der Individuen zu homogenen Gruppen • Ermittlung und Analyse der Unterschiede • Ermittlung der Gesamtnutzwerte

Attribute und Merkmale

Attribut	Spezifikation				
	Befragung	Beobachtung	Experiment	Quellenanalyse	
Zielmarkt	B2B		B2C		
Kundenintegration	Direkt		Indirekt		
Unternehmensintegration	Direkt		Indirekt		
Umgebungsform	Schriftlich	Persönlich	Telefonisch	Online	Datenbasiert
Umgebungsreife	Laborfeld	Testfeld	Real-Feld		
Informationssuche	Informell		Strukturiert		
Datentyp	Qualitativ		Quantitativ		
Annahmetyp	Nützlichkeit	Usability	Begehren	Kaufbereitschaft	

Beispielhafte Kennwerte zur Messung

Geschlossene Frage	Offene Frage	Physisches Verhalten	Virtuelles Verhalten
<ul style="list-style-type: none"> • Rangreihung der Stimuli • Beitrag der Merkmale zum Gesamtnutzen • Relative Wichtigkeit der Merkmale • Teilnutzwerte je Merkmalsausprägung • Gesamtnutzwerte 	• -	• -	• -

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

Prototyping-Methoden	Validierungsmethoden	Quellen
<ul style="list-style-type: none"> • Funktions-Visualisierung • UI-Mockup • Feature Stub • Funktionale Repräsentationen • Design-Prototyp • Datenblatt 	<ul style="list-style-type: none"> • Fragebogen • Micro Survey • Standardisiertes Interview • Gruppendiskussion • Labor Beobachtung • Biometric Response 	<p>Durchgeführte Analysen / Studien: Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]</p> <p>Bildquelle: [GDP+18]</p>

Bild A3-25: Validierungssteckbrief für VM07 – Conjoint Analyse

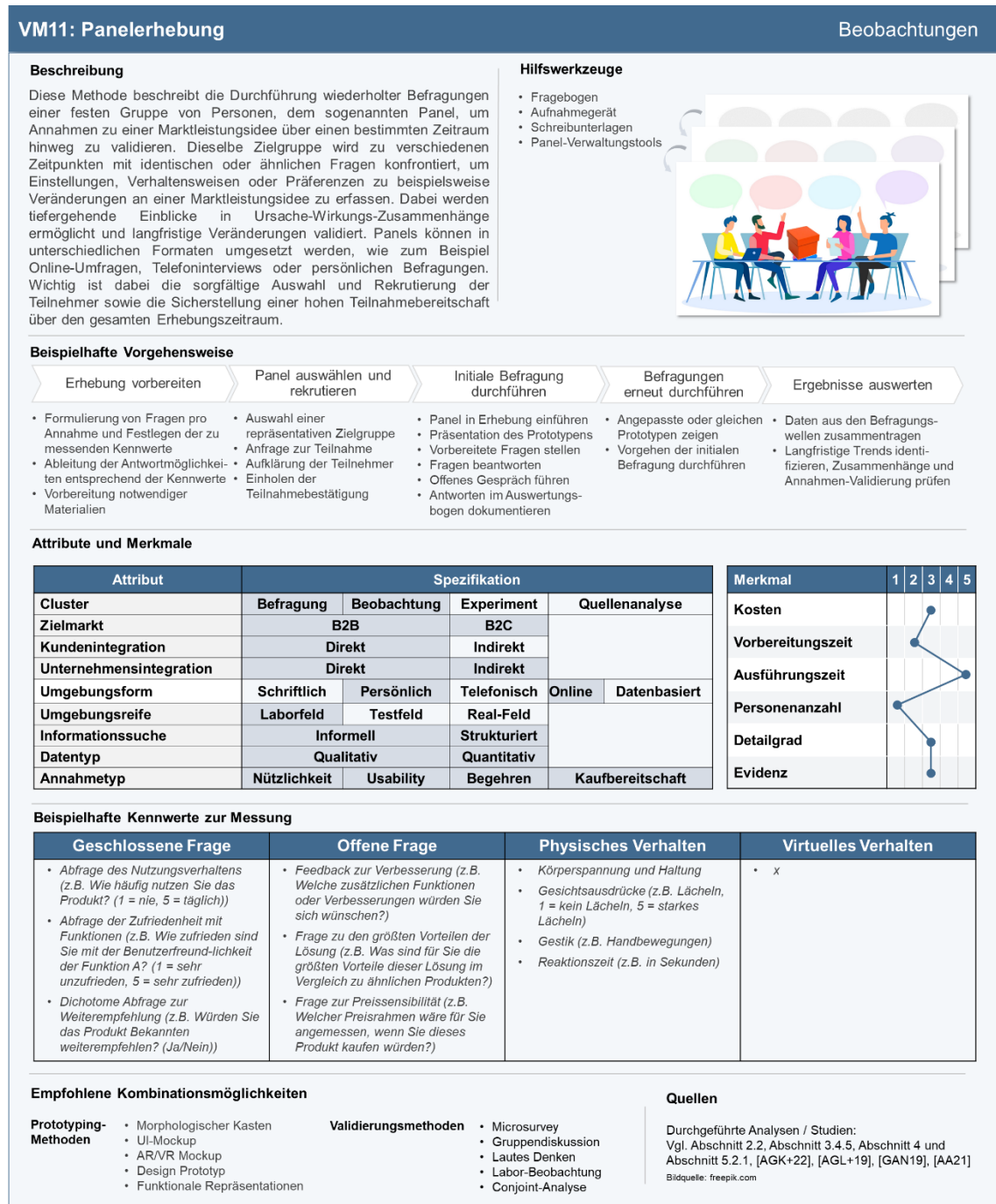


Bild A3-26: Validierungssteckbrief für VM11 – Panelerhebung

VM13: Feld-Beobachtung

Beobachtungen

Beschreibung

Diese Methode umfasst das Sammeln von Daten durch Beobachtung in einer natürlichen Umgebung des Zielkunden (z.B. in der Produktion bei Service-Mitarbeitern). Dabei wird das Verhalten oder der Ausgang der Situation durch den Innovationsentwickler nicht beeinflusst. Diese Art der direkten Beobachtung erlaubt es, kontextbezogene Daten zu Personen, Situationen, Interaktionen und Umgebungen zu erfassen. Dadurch können realitätsnahe Einsichten in das Nutzerverhalten und zu z.B. der Prototypen-Anwendung gewonnen werden. Dabei werden unverfälschte und authentische Reaktionen auf den Prototypen erzeugt. Der Beobachter erhält einen Einblick darauf, wie das Produkt unter realen Bedingungen funktioniert und wie es von Nutzern aufgenommen wird. Besonders die Gebrauchstauglichkeit und Akzeptanz des Produkts in seiner natürlichen Anwendungsumgebung können mit dieser Methode validiert werden.

Hilfswerkzeuge

- Kamera
- Schreibwerkzeug
- Laptop / PC
- Mikrophon / Recorder



Beispielhafte Vorgehensweise



Attribute und Merkmale

Attribut	Spezifikation					Merkmal	1	2	3	4	5
Cluster	Befragung	Beobachtung	Experiment	Quellenanalyse		Kosten					
Zielmarkt	B2B		B2C			Vorbereitungszeit					
Kundenintegration	Direkt		Indirekt			Ausführungszeit					
Unternehmensintegration	Direkt		Indirekt			Personenanzahl					
Umgebungsform	Schriftlich	Persönlich	Telefonisch	Online	Datenbasiert	Detailgrad					
Umgebungsreife	Laborfeld	Testfeld	Real-Feld			Evidenz					
Informationssuche	Informell		Strukturiert								
Datentyp	Qualitativ		Quantitativ								
Annahmetyp	Nützlichkeit	Usability	Begehren	Kaufbereitschaft							

Beispielhafte Kennwerte zur Messung

Geschlossene Frage	Offene Frage	Physisches Verhalten	Virtuelles Verhalten
		<ul style="list-style-type: none"> • Anzahl und Intensität von Freude-Ausdrücken (z.B. Lächeln) • Verwirrte Blicke • Gesten und Körpersprache • Reaktions- und Antwortzeiten • Aufgabenleistung (z.B. Gesamtlaufzeit, Effizienz) • Geäußerte Inhalte • Aufmerksamkeit 	

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

Prototyping-Methoden <ul style="list-style-type: none"> • Relabel • MVP • Bare Bones Product • Smart Hybrid Prototype • Angepasste bestehende Lösung • Funktionaler, lebensgroßer Prototyp 	Validierungsmethoden <ul style="list-style-type: none"> • Vertriebsgespräch • Standardisiertes Interview • Feldexperiment • Biometric Response • Werables Based Research
---	--

Quellen

Durchgeführte Analysen / Studien:
Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]

Bildquelle: Industrie.de

Bild A3-27: Validierungssteckbrief für VM13 – Feldbeobachtung

VM15: Biometric Responses
Beobachtungen

Beschreibung


Bei dieser Methode werden Sensoren verwendet, die verschiedene Signale, die der Körper produziert, messen und aufzeichnen (z.B. Gesichtsausdruck, Augenbewegungen oder Gehirnsignale). Ziel sind Rückschlüsse auf die emotionale Erregung, Stimmung, geistige Beanspruchung und Enttäuschungsniveaus, die eine Person bei der Nutzung von z.B. Prototypen empfindet. Eine erhöhte Pulsrate kann beispielsweise auf emotionale Erregung hindeuten, Eye-Tracking kann Aufmerksamkeitsmuster aufzeigen und Gesichtserkennung die Stimmungslage aufnehmen. Die ermittelten Signale zeichnen sich durch eine hohe Qualität aus, da die menschlichen Reaktionen auf Reize genau ermittelt und festgehalten werden. Zur Ausführung können unterschiedliche Technologien wie Kamera-, Mikrofon- und Infrarot-Sensorik genutzt werden.

Hilfswerkzeuge

- Biometrische Sensoren (z.B. Kameras, Mikrophone, Infrarot)
- Leistungsstarke Datenverarbeitungssysteme
- Daten-Visualisierungstools

Beispiel-Anbieter:

- Noldus Facereader
- Banuba
- GazeSense
- Emotiv



Beispielhafte Vorgehensweise

Vorbereitung der Testumgebung	Teilnehmer einführen	Sensorik kalibrieren	Biometrics-Experiment durchführen
<ul style="list-style-type: none"> • Sensorik- und Software-Auswahl • Integration und Inbetriebnahme der Testumgebung • Akquise notwendiger Teilnehmer 	<ul style="list-style-type: none"> • Testablauf erklären • Fragen beantworten • Sensorik ansetzen 	<ul style="list-style-type: none"> • Test-Messung durchführen • Messgenauigkeit überprüfen und Testumgebung anpassen 	<ul style="list-style-type: none"> • Moderation des Prozesses (z.B. Erläuterung von gesehenen Inhalten, Setzen von Reizwörtern) • Überwachen und Sicherstellung der Messung • Zusammenfassung und Fazit

Attribute und Merkmale

Attribut	Spezifikation					Merkmal	1	2	3	4	5
	Befragung	Beobachtung	Experiment	Quellenanalyse							
Zielmarkt	B2B		B2C			Kosten					
Kundenintegration	Direkt		Indirekt			Vorbereitungszeit					
Unternehmensintegration	Direkt		Indirekt			Ausführungszeit					
Umgebungsform	Schriftlich	Persönlich	Telefonisch	Online	Datenbasiert	Personenanzahl					
Umgebungsreife	Laborfeld	Testfeld	Real-Feld			Detailgrad					
Informationssuche	Informell		Strukturiert			Evidenz					
Datentyp	Qualitativ		Quantitativ								
Annahmetyp	Nützlichkeit	Usability	Begehren	Kaufbereitschaft							

Beispielhafte Kennwerte zur Messung

Geschlossene Frage	Offene Frage	Physisches Verhalten	Virtuelle Verhalten
<ul style="list-style-type: none"> • Bei dieser Validierungsmethode nicht empfehlenswert 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufforderung zur Beschreibung des Gesehenen 	<ul style="list-style-type: none"> • Puls • Blutdruck • Körpertemperatur • Körperschweiss • Stimmlage • Augenbewegung • Körperbewegung • Gesichtsausdruck • Gehirnsignale 	<ul style="list-style-type: none"> • Klick-Verhalten

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

Prototyping-Methoden <ul style="list-style-type: none"> • Funktionale Repräsentationen • UI-Mockup • Design-Prototyp • Mixed Mock Up 	Validierungsmethoden <ul style="list-style-type: none"> • Lautes Denken • Standardisierte Interviews • Labor-Beobachtung • Wearables Based Research
---	--

Quellen

Durchgeführte Analysen / Studien:
Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]
Bildquelle: gtec.at

Bild A3-28: Validierungssteckbrief für VM15 – Biometric Responses

VM16: Wearables based Research
Beobachtungen

Beschreibung

Diese Methode beschreibt die Validierung von Marktleistungsideen durch den Einsatz von tragbaren Geräten (Wearables), die Daten über Nutzerinteraktionen und physiologische Parameter sammeln. Durch z.B. Smartwatches oder Fitness-Tracker können Informationen über die Akzeptanz, das Nutzungsmuster und Nutzerreaktionen in Echtzeit und über einen langen Nutzungszeitraum im Alltag einer Lösung kostengünstig erfasst werden. Anders als bei Biometrics Response (VM15) können Wearables bequem getragen und im Alltag genutzt werden, zudem sind sie kostengünstig zugänglich. Es wird objektive und kontinuierliche Messung ermöglicht, die über traditionelle Befragungen oder Beobachtungen hinausgeht. Die Methode eignet sich besonders für die Validierung von Annahmen, die eng mit dem Nutzerverhalten oder physiologischen Reaktionen verbunden sind.

Hilfswerkzeuge

- Smartwatch
- Smartphone
- Smart Ring
- Fitness Tracker
- Weitere Sensorik
- Leistungsstärke
- Datenverarbeitungssysteme
- Daten-Visualisierungstools



Beispielhafte Vorgehensweise

Vorbereitung der Testumgebung	Teilnehmer einführen	Sensorik kalibrieren	(langfristige) Nutzung durch Wearables tracken
<ul style="list-style-type: none"> • Sensorik- und Software-Auswahl • Integration und Inbetriebnahme der Testumgebung • Akquise notwendiger Teilnehmer 	<ul style="list-style-type: none"> • Erklären des Testablaufs • Beantwortung von Fragen • Sensorik ansetzen und Einrichtung erläutern 	<ul style="list-style-type: none"> • Durchführung der Test-Messung • Überprüfung der Messgenauigkeit und Anpassung der Testumgebung 	<ul style="list-style-type: none"> • Überwachung und Sicherstellung der Messung • Zusammenfassung und Aggregation der langfristig aufgenommenen Daten

Attribute und Merkmale

Attribut	Spezifikation					Merkmal	1	2	3	4	5
Cluster	Befragung	Beobachtung	Experiment	Quellenanalyse							
Zielmarkt	B2B		B2C								
Kundenintegration	Direkt		Indirekt								
Unternehmensintegration	Direkt		Indirekt								
Umgebungsform	Schriftlich	Persönlich	Telefonisch	Online	Datenbasiert						
Umgebungsreife	Laborfeld	Testfeld	Real-Feld								
Informationssuche	Informell		Strukturiert								
Datentyp	Qualitativ		Quantitativ								
Annahmetyp	Nützlichkeit	Usability	Begehren	Kaufbereitschaft							

Beispielhafte Kennwerte zur Messung

Geschlossene Frage	Offene Frage	Physisches Verhalten	Virtuelles Verhalten
<ul style="list-style-type: none"> • Bei dieser Validierungsmethode nicht empfehlenswert 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufforderung zur Beschreibung des Gesehenen 	<ul style="list-style-type: none"> • Puls • Blutdruck • Körpertemperatur • Körperbewegung • Nutzungsintensität • Schritte • Stimmlage 	<ul style="list-style-type: none"> • Klick-Verhalten

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

<p>Prototyping-Methoden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Funktionale Repräsentationen • UI-Mockup • Design-Prototyp • Mixed Mock Up 	<p>Validierungsmethoden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lautes Denken • Standardisierte Interviews • Labor-Beobachtung • Biometric Response 	<p>Quellen</p> <p>Durchgeführte Analysen / Studien: Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]</p> <p><small>Bildquelle: Dall-E</small></p>
--	---	---

Bild A3-29: Validierungssteckbrief für VM16 – Wearables based Research

VM17: Gruppendiskussion					Beobachtungen									
Beschreibung Im Rahmen dieser Validierungsmethode werden in einem moderierten Gruppengespräch mit 6-10 Personen vorbereite Fragen zu einer neuen Marktleistungsidee diskutiert. Ziel ist das Beobachten und Dokumentieren des Verhaltens und der Meinungen teilnehmender Personen, um Annahmen zu beispielsweise Erwartungen und Akzeptanz einer Idee zu überprüfen. Teilnehmer sind relevante Stakeholder (z.B. Kunden), ein Moderator und weitere Unterstützer, die die Diskussion dokumentieren und beobachten. Der Moderator leitet die Diskussion, indem gezielt Fragen zu beispielsweise Mehrwerten einer beschriebenen Idee oder eines gezeigten Prototyps gestellt werden und sichergestellt wird, dass alle zu Wort kommen. Die Gruppenmitglieder diskutieren die Fragen in einem offenen Gespräch. Sie beschreiben beispielsweise, warum ihnen bestimmte Aspekte nicht gefallen, teilen ihre Meinungen und Gefühle.					Hilfswerkzeuge <ul style="list-style-type: none"> • Fragebogen • Aufnahmegerät • Schreibunterlagen 									
Beispielhafte Vorgehensweise														
Fragebogen vorbereiten			Teilnehmer akquirieren		Gruppendiskussion starten			Diskussion beobachten und Ergebnisse dokumentieren						
<ul style="list-style-type: none"> • Formulierung von Fragen pro Annahme und Festlegen der zu messenden Kennwerte • Ableitung der Antwortmöglichkeiten entsprechend der Kennwerte • Festlegung des Umfrage-Tools festlegen und Einbetten der Fragen 			<ul style="list-style-type: none"> • Anfrage zur Teilnahme durch eigenes Netzwerk, Partner oder Online Plattformen • Aufklärung der Teilnehmer • Einholen der Teilnahmebestätigung 		<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in die Diskussion • Konsum des Prototyps oder Beschreibung der Idee • Beantwortung der Fragen durch die Teilnehmer 			<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentation der Antworten • Dokumentation des Verhaltens • Moderation der Diskussion • Vorbereitung der Daten passend zur Interpretation 						
Attribute und Merkmale														
Attribut		Spezifikation				Merkmal								
Cluster	Befragung	Beobachtung	Experiment	Quellenanalyse			1	2	3	4	5			
Zielmarkt	B2B		B2C											
Kundenintegration	Direkt		Indirekt											
Unternehmensintegration	Direkt		Indirekt											
Umgebungsform	Schriftlich	Persönlich	Telefonisch	Online	Datenbasiert									
Umgebungsreife	Laborfeld	Testfeld	Real-Feld											
Informationssuche	Informell		Strukturiert											
Datentyp	Qualitativ		Quantitativ											
Annahmetyp	Nützlichkeit	Usability	Begehren	Kaufbereitschaft										
Beispielhafte Kennwerte zur Messung														
Geschlossene Frage		Offene Frage		Physisches Verhalten		Virtuelles Verhalten								
<ul style="list-style-type: none"> • Abfrage der Zustimmung zur Idee (z.B. Finden Sie die vorgestellte Idee nützlich? (Ja/Nein)) • Einschätzung der Gebrauchstauglichkeit (z.B. Wie finden Sie die Lösung? (1 = gar nicht gebrauchstauglich, 5 = sehr gebrauchstauglich)) • Abfrage zur Preisakzeptanz (z.B. Würden Sie den angegebenen Preis für angemessen halten? (Ja/Nein)) 		<ul style="list-style-type: none"> • z.B. Bitte diskutieren Sie gemeinsam zum adressierten Problem: Wie stark beeinflusst Sie das Problem im Alltag? Nennen und diskutieren Sie Beispiele • z.B. Welche Hürden existieren für Sie, um das Produkt zu kaufen? • z.B. Welche Verbesserungen und Änderungen wünschen Sie sich? 		<ul style="list-style-type: none"> • Körperspannung und Haltung • Gesichtsausdrücke (z.B. Lächeln, 1 = kein Lächeln, 5 = starkes Lächeln) • Gestik (z.B. Handbewegungen) • Reaktionszeit (z.B. in Sekunden) • Gesprächsdynamik • Gesprächsanteile • Begeisterung in der Stimme 		<ul style="list-style-type: none"> • - 								
Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten														
Prototyping-Methoden <ul style="list-style-type: none"> • Funktionale Repräsentationen • UI-Mockup • Design-Prototyp • Mixed Mock Up 		Validierungsmethoden <ul style="list-style-type: none"> • Lautes Denken • Standardisierte Interviews • Labor-Beobachtung • Wearables Based Research 		Quellen Durchgeführte Analysen / Studien: Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21] Bildquelle: Bewerbungen.de										

Bild A3-30: Validierungssteckbrief für VM17 – Gruppendiskussion

VM19: Laborexperiment

Experimente

Beschreibung

Bei Laborexperimenten wird die Messung in einer künstlichen geschaffenen und stark vom Innovationsentwickler beeinflussten Umgebung durchgeführt. Die Versuchspersonen sind sich dabei ihrer Teilnahme an einem Experiment bewusst. Aufgrund der ausgeprägten Kontrollmöglichkeiten ist diese Form der experimentellen Forschung besonders für die Erhebung von spezifischen Daten geeignet und ermöglicht, kausale Beziehungen zwischen Variablen zu untersuchen. Ein Vorteil von Laborexperimenten ist die gute Reproduzierbarkeit. Die Methode ist besonders für die Analyse komplexer Systeme geeignet und um spezifische Annahmen zu einer Idee (z.B. Gebrauchstauglichkeit von Kern-Features) isoliert zu betrachten. Der sogenannte "Laboreffekt" begrenzt durch die Künstlichkeit der Umgebung die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf reale Situationen. Ein Laborexperiment kann dabei vor Ort, oder online stattfinden.

Hilfswerkzeuge

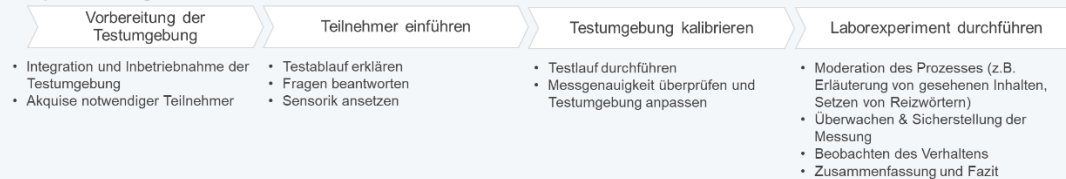
- Testumgebung
- Beobachtungsbogen
- Kamera und Audiorecorder

Beispiel-Dienstleister:

- Fraunhofer IEM
- Open Champions
- Smart Mechatronics



Beispielhafte Vorgehensweise



Attribute und Merkmale

Attribut	Spezifikation				
Cluster	Befragung	Beobachtung	Experiment	Quellenanalyse	
Zielmarkt	B2B		B2C		
Kundenintegration	Direkt		Indirekt		
Unternehmensintegration	Direkt		Indirekt		
Umgebungsform	Schriftlich	Persönlich	Telefonisch	Online	Datenbasiert
Umgebungsreife	Laborfeld	Testfeld	Real-Feld		
Informationssuche	Informell		Strukturiert		
Datentyp	Qualitativ		Quantitativ		
Annahmetyp	Nützlichkeit	Usability	Begehren	Kaufbereitschaft	

Merkmal	1	2	3	4	5
Kosten					
Vorbereitungszeit					
Ausführungszeit					
Personenanzahl					
Detailgrad					
Evidenz					

Beispielhafte Kennwerte zur Messung

Geschlossene Frage	Offene Frage	Physisches Verhalten	Virtuelles Verhalten
<ul style="list-style-type: none"> • Abfragen der Emotionalität über das Experiment hinweg (z.B. Wie fühlst du dich gerade von 1-5? 1= schlecht, 5= sehr gut) 	<ul style="list-style-type: none"> • Abfragen der Emotionalität über das Experiment hinweg (z.B. Wie fühlst du dich gerade?) • Gezielte Fragen zur Untersuchung von kausalen Zusammenhängen (z.B. Warum haben Sie auf den Button geklickt und nicht den Hebel daneben betätigt?) • Fragen zur Untersuchung von Ursachen (z.B. Warum haben Sie sich vorher so geärgert bei Nutzung der Funktion?) 	<ul style="list-style-type: none"> • Interaktionshäufigkeit (z.B. Wie oft und intensiv interagieren die Teilnehmer mit den Prototypen?) • Wahlentscheidungen (z.B. Welche Features werden bevorzugt?) • Nutzerverhalten bei Aufgaben (z.B. Motivation) • Emotionale Reaktionen (z.B. Wut) • Verbale Äußerungen • Körpersprache und Haltung • Nutzungsdauer 	<ul style="list-style-type: none"> • Navigationsmuster (z.B. Wie bewegen sich die Teilnehmer durch eine virtuelle Benutzeroberfläche?) • Interaktionsdauer • Klickverhalten • Scrollverhalten • Verweildauer • Muster in Eingaben • Reaktionsgeschwindigkeit • Nutzungshäufigkeit für Features

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

Prototyping-Methoden

- Funktionale Repräsentationen
- Design-Prototyp
- Mixed Mockup
- AR/VR Mockup
- Fake-Landingpage

Validierungsmethoden

- Biometric Response
- Standardisiertes Interview
- Lautes Denken
- Conjoint Analyse
- Wearables Based Research

Quellen

Durchgeführte Analysen / Studien:
Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]

Bildquelle: Fraunhofer IEM

Bild A3-31: Validierungssteckbrief für VM19 – Laborexperiment

VM22: Online Testmärkte
Experimente

Beschreibung

Bei Online-Testmärkten werden Marktleistungsideen in einer Verkaufssituation online angeboten, um das Kaufverhalten bzw. die Reaktionen potenzieller Kunden zu analysieren. Dabei wird der Kunde bei versuchtem Verkaufsabschluss auf das nicht Vorhandensein des Produkts hingewiesen. Die Ergebnisse werden z.B. mit Benchmark-Werten verglichen, um Rückschlüsse auf die Nützlichkeit und Kaufabsicht zu ziehen. Online-Testmärkte umfassen z.B. eigene Landing Pages mit Verkaufsmöglichkeit, Online-Marktplätze, virtuelle Messen oder Branchenportale für Zugang zu Fachpublikum. Die Auswahl des passenden Testmarkts, die passende Produktpräsentation, ausreichende Traffic-Generierung und eine genaue Datenerfassung bilden die Grundlage für die erfolgreiche Durchführung der Validierung. Das Messen des Kundenverhaltens (z.B. Verweildauer) wird durch Analytics-Werkzeuge (z.B. Google Analytics) ermöglicht.

Hilfswerkzeuge

- Webseiten-Builder
- Website Analytics Tools
- Online (App-)Marktplätze
- Virtuelle Messen
- Branchenportale
- Produkt Launch Plattformen
- Online Testmarkt Plattformen

Beispiel-Online-Märkte:

- Shopify
- Amazon Webshop
- Etsy Webshop

Beispiele für Analytics-Tools:

- Matomo Analytics
- Google Analytics



Beispielhafte Vorgehensweise

Zielsetzung definieren	Zielgruppe spezifizieren und Plattform auswählen	Werkzeuge einrichten	Daten erfassen und interpretieren
<ul style="list-style-type: none"> • Festlegen der zu messenden Kennwerte • Definition der abzubildenden Inhalte (z.B. Use Cases, Features, Preis etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Recherche vorhandener Plattformen • Bewertung und Auswahl einer Zielgruppen entsprechenden Plattform oder eines eigenen Webshops 	<ul style="list-style-type: none"> • Einrichtung der Plattform, inkl. Corporate Identity (z.B. Amazon Shop) • Integration des Prototypens (z.B. Erklärvideo, Plakat etc.) • Erarbeitung notwendiger Werbetexte • Einrichtung notwendiger Analytics Werkzeuge zur Messung 	<ul style="list-style-type: none"> • Einrichtung der Kampagne (z.B. Zielgruppen-Einstellung, Kampagnen-Zeitraum) • Beauftragung der Kampagne • Daten messen • Daten dokumentieren • Daten aufbereiten

Attribute und Merkmale

Attribut	Spezifikation					Merkmal	1	2	3	4	5
Cluster	Befragung	Beobachtung	Experiment	Quellenanalyse		Kosten					
Zielmarkt	B2B		B2C								
Kundenintegration	Direkt		Indirekt								
Unternehmensintegration	Direkt		Indirekt								
Umgebungsform	Schriftlich	Persönlich	Telefonisch	Online	Datenbasiert	Vorbereitungszeit					
Umgebungsreife	Laborfeld	Testfeld	Real-Feld								
Informationssuche	Informell		Strukturiert			Ausführungszeit					
Datentyp	Qualitativ		Quantitativ								
Annahmetyp	Nützlichkeit	Usability	Begehren	Kaufbereitschaft		Personenanzahl					
						Detailgrad					
						Evidenz					

Beispielhafte Kennwerte zur Messung

Geschlossene Frage	Offene Frage	Physisches Verhalten	Virtuelles Verhalten
			<ul style="list-style-type: none"> • Anzahl versuchter Käufe • Product Akquisition Costs • Anzahl Kontakte bzw. Leads • Cost per Contact bzw. Lead • Klickverhalten • Anzahl gestellter Produktfragen • Retention Rate • Sales Page Conversion Rate • Customer Lifetime Value • Website Verweildauer • Pages Per Visit

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

Prototyping-Methoden	Validierungsmethoden	Quellen
<ul style="list-style-type: none"> • Fake Landing Page • Presale Landing Page • Werbe-/Erklärvideo • Feature Stub • Produktbild • Broschüre oder Blogbeitrag • Wettbewerbsmedien 	<ul style="list-style-type: none"> • Werbekampagne • Vertriebsgespräch • Mobile Survey • Micro Survey • Crowd-Funding • Randomized Controlled Trial • Online Community 	<p>Durchgeführte Analysen / Studien: Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]</p> <p><small>Bildquelle: Merkur.de</small></p>

Bild A3-32: Validierungssteckbrief für VM22 – Online Testmärkte

VM23: Werbekampagnen
Experimente

Beschreibung


In dieser Methode werden gezielte, bezahlte Werbekampagnen über einen definierten Zeitraum erstellt, um Annahmen über die Nützlichkeit einer Produktidee zu prüfen. Dabei wird die Reaktion von Kunden auf die Kampagne gemessen. Es sind Online- als auch Offline-Kampagnen möglich. Online-Kampagnen umfassen z.B. geschaltete Instagram-, LinkedIn- oder Google Kampagnen, die durch z.B. Klicks und Interaktionen messbar sind. Die Ergebnisse werden z.B. mit Benchmark-Werten verglichen, um Rückschlüsse auf die Nützlichkeit zu ziehen. Offline-Kampagnen wie Zeitungsanzeigen können auch Erkenntnisse zur Nützlichkeit liefern. Reaktionen werden dabei z.B. über QR-Codes erfasst. Kampagnen müssen auf die Zielgruppe ausgerichtet sein. Eine klare Segmentierung und Kampagneneinstellung, nach z.B. demografischen oder psychografischen Merkmalen, ist entscheidend. Eine Kombination von Online- und Offline-Kanälen ist ebenfalls möglich.

Hilfswerkzeuge

- Kampagnenmanager der Online Plattformen
- Kampagnen Tools für Offline Kampagnen

Beispiel-Tools:

- Facebook Business Manager



Beispielhafte Vorgehensweise

Zielsetzung definieren	Zielgruppe spezifizieren und Plattform auswählen	Werkzeuge einrichten	Daten erfassen und interpretieren
<ul style="list-style-type: none"> Festlegen der zu messenden Kennwerte Definition der abzubildenden Inhalte (z.B. Use Cases, Features, Preis) 	<ul style="list-style-type: none"> Recherche vorhandener Plattformen Bewertung und Auswahl einer Zielgruppen entsprechenden Plattform 	<ul style="list-style-type: none"> Einrichtung der Plattform, inkl. Corporate Identity (z.B. Instagram) Integration des Prototypens (z.B. Erklärvideo, Plakat etc.) Erarbeitung notwendiger Werbetexte Einrichtung notwendiger Analytics Werkzeuge zur Messung 	<ul style="list-style-type: none"> Einrichtung der Kampagne (z.B. Zielgruppen-Einstellung, Kampagnen-Zeitraum) Beauftragung der Kampagne Daten messen Daten dokumentieren Daten aufbereiten

Attribute und Merkmale

Attribut	Spezifikation					Merkmal	1	2	3	4	5
Cluster	Befragung	Beobachtung	Experiment	Quellenanalyse		Kosten					
Zielmarkt	B2B		B2C			Vorbereitungszeit					
Kundenintegration	Direkt		Indirekt			Ausführungszeit					
Unternehmensintegration	Direkt		Indirekt			Personenanzahl					
Umgebungsform	Schriftlich	Persönlich	Telefonisch	Online	Datenbasiert	Detailgrad					
Umgebungsreife	Laborfeld	Testfeld	Real-Feld			Evidenz					
Informationssuche	Informell		Strukturiert								
Datentyp	Qualitativ		Quantitativ								
Annahmetyp	Nützlichkeit	Usability	Begehren	Kaufbereitschaft							

Beispielhafte Kennwerte zur Messung

Geschlossene Frage	Offene Frage	Physisches Verhalten	Virtuelles Verhalten
		<ul style="list-style-type: none"> Anzahl der QR-Scans Anzahl der Anrufe 	<ul style="list-style-type: none"> Klickverhalten Veränderung des Klickverhaltens über die Zeit Digitale Pfade (Klick-Pfade, Scrollverhalten etc.) Likes Anzahl der Kommentare Anzahl Webseiten-Aufrufe

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

Prototyping-Methoden	Validierungsmethoden	Quellen
Alle Vertriebssimulationen (insbesondere Social Media Werbung, Suchmaschinenwerbung, Plakat-Werbung, Produktbild, Werbevideo, Blog-Beitrag, Werbe-Email, Pressemitteilung, Broschüre, Rabatt-Coupon)	<ul style="list-style-type: none"> Online-Testmärkte Vertriebsgespräch Mobile/Micro Survey Crowd-Funding Randomized Controlled Trial Online Community 	Durchgeführte Analysen / Studien: Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21] Bildquelle: Pixabay.de

Bild A3-33: Validierungssteckbrief für VM23 – Werbekampagnen

VM24: Messe-Auftritt
Experimente

Beschreibung

In dieser Methode werden Messen als Plattform genutzt, um neue Produktideen und ihre Prototypen in einem frühen Stadium in einer echten Vertriebssituation mit potenziellen Kunden zu validieren. Unternehmen erstellen einen gefakten Messestand, der den Anschein erweckt, als würde ein Startup oder ein unbekanntes Unternehmen ein neues Produkt präsentieren. Durch das Verbergen der eigentlichen Markenidentität können etablierte Unternehmen unvoreingenommene Rückmeldungen von Zielkunden erhalten. Dabei geht es vor allem darum, direktes Feedback und Ersteindrücke von potenziellen Kunden zu gewinnen, ohne deren Wahrnehmung durch bestehende Markenassoziationen oder einer Unfertigkeit einer Idee zu beeinflussen. Es ermöglicht eine realistische Einschätzung der Marktakzeptanz und Kundeninteressen. Direkter Kontakt mit Interessierten und offene Gespräche ermöglichen einen tieferen Einblick in das Nutzerinteresse.

Hilfswerkzeuge

- Messestand
- Corporate Identity
- Leitfaden

Beispiel-Messen:

- Hannover Messe
- SPSS
- FMB



Beispielhafte Vorgehensweise

Messe identifizieren	Messestand vorbereiten	Messe-Teilnahme als Aussteller	Kennwerte und Erkenntnisse aufnehmen
<ul style="list-style-type: none"> Anforderung an die Messe aufstellen (z.B. Zielgruppe) Messen recherchieren, bewerten und auswählen Rahmenbedingungen der Messe klären (z.B. Standgröße) 	<ul style="list-style-type: none"> Aufbau einer „fake“ Corporate Identity inklusive Corporate Design Detailplanung, Aufbau und Inbetriebnahme des Messestandes Integration notwendiger Prototypen Produktpäsentation entwickeln und Mitarbeiter schulen 	<ul style="list-style-type: none"> Produkt und Prototypen präsentieren (z.B. Broschüren oder Video zeigen) Kundenfragen beantworten Messe-Besucher befragen Verhalten beobachten 	<ul style="list-style-type: none"> Kundenantworten dokumentieren Neue Erkenntnisse dokumentieren Beobachtetes Verhalten dokumentieren Kontaktinformationen und Absichtserklärungen sammeln

Attribute und Merkmale

Attribut	Spezifikation					Merkmal	1	2	3	4	5
Cluster	Befragung	Beobachtung	Experiment	Quellenanalyse		Kosten					
Zielmarkt	B2B		B2C								
Kundenintegration	Direkt		Indirekt								
Unternehmensintegration	Direkt		Indirekt								
Umgebungsform	Schriftlich	Persönlich	Telefonisch	Online	Datenbasiert						
Umgebungsreife	Laborfeld	Testfeld	Real-Feld			Vorbereitungszeit					
Informationssuche	Informell		Strukturiert								
Datentyp	Qualitativ		Quantitativ			Ausführungszeit					
Annahmetyp	Nützlichkeit	Usability	Begehren	Kaufbereitschaft							
						Personenanzahl					
						Detailgrad					
						Evidenz					

Beispielhafte Kennwerte zur Messung

Geschl. Frage	Offene Frage	Phys. Verhalten	Virt. Verhalten
<ul style="list-style-type: none"> z.B. Abfragen des Mehrwerts (z.B. Effizienzsteigerung) einer Lösung durch Likert-Skala 1-5 (1= stimme gar nicht zu, 5= stimme voll zu) z.B. Abfragen eines Rankings zwischen eigener Idee und weiteren Konkurrenz-Produkten z.B. Dichotome Abfrage zu Aspekten des Mehrwerts (Ja/Nein) 	<ul style="list-style-type: none"> z.B. Offene Frage zur Kundenmeinung bzgl. des Mehrwerts eines Produktes und Messung der Übereinstimmungsrates zu eigens angenommenen Mehrwerten (Welche Mehrwerte generiert die Idee für Sie?) z.B. Offene Frage zu potenziellem Kaufpreis und Messung der Nähe zu eigens angenommenen Kaufpreisen (Wie viel würden Sie für das Produkt zahlen?) 	<ul style="list-style-type: none"> Anzahl erhaltener Kontaktdaten Anzahl ausgefüllter Absichtserklärungen Anzahl vermittelter Kontakte Verweildauer am Messestand Anzahl und Intensität von Freude-Ausdrücken (z.B. Lächeln) Verwirrte Blicke Gesten und Körpersprache Interessenbekundungen Entscheidungsverhalten 	<ul style="list-style-type: none"> Klickverhalten Veränderung des Klickverhaltens über die Zeit Digitale Pfade (Klick-Pfade, Scrollverhalten etc.) Prototyp-Performance

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

Prototyping-Methoden	Validierungsmethoden	Quellen
<ul style="list-style-type: none"> Funktionale Repräsentationen Design-Prototyp Broschüre Werbe- / Erklärvideo Plakat Werbung 	<ul style="list-style-type: none"> Standardisierte Interview Spontan Interview Vertriebsgespräch Micro Surveys Mobile Surveys Fragebogen 	<p>Durchgeführte Analysen / Studien: Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]</p> <p><small>Bildquelle: Fraunhofer IEM</small></p>

Bild A3-34: Validierungssteckbrief für VM24 – Messeauftritt

VM26: Crowd-Funding
Experimente

Beschreibung

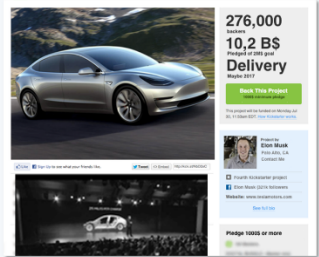
Ein Crowdfunding-Experiment ist eine Validierungsmethode, bei der durch Vorverkäufe, Anteilserwerb und Kundenfeedback auf Crowdfunding-Plattformen das Marktinteresse und die Kaufbereitschaft einer Marktleistungsidee überprüft werden können. Dabei wird die Idee durch den Zugang der Plattform schnell einer breiten Masse eröffnet. Zielkunden können eine noch nicht vorhandene Marktleistung oder Anteile an der zugehörigen Unternehmung frühzeitig zu einem definierten Preis sichern. Die Verpflichtung, die Idee tatsächlich auszuliefern, ist an ein Finanzierungsziel gekoppelt (z.B. 50.000 Vorverkäufe). Eine Kampagne erfordert klare Finanzierungsziele, Marketingmaterial und Kommunikation über soziale Medien. Die Anzahl der Vorverkäufe, Kontaktaufnahmen und weitere Kennwerte geben realitätsnahe Einblicke in die Begehrlichkeit der Marktleistung bei echten Kunden.

Hilfswerkzeuge

- Crowd-Funding Plattform

Beispiel-Plattformen:

- Kickstarter
- IndieGo



Beispielhafte Vorgehensweise

Zielsetzung definieren und Plattform auswählen	Kampagne vorbereiten	Marketing durchführen	Kampagne starten und durchführen	Kennwerte und Erkenntnisse aufnehmen
<ul style="list-style-type: none"> Definition klarer und erreichbarer Finanzierungsziele Auswahl einer dem Produkt und dem Finanzierungsziel entsprechenden Plattform 	<ul style="list-style-type: none"> Registrierung auf der Plattform Gestaltung der Kampagnenseite inkl. der Zusammenstellung notwendiger Inhalte Vorbereitung von Marketingmaterial 	<ul style="list-style-type: none"> Kampagnen auf sozialen Medien Offline-Presse und Blogs Sicherung eines hohen Rankings auf der Crowd-Funding-Plattform 	<ul style="list-style-type: none"> Planung und Start der Crowd-Funding-Kampagne Beantwortung offener Fragen Durchführung von Maßnahmen zur Erfolgssicherung 	<ul style="list-style-type: none"> Kundengespräche dokumentieren Neue Erkenntnisse dokumentieren Verhalten dokumentieren Ergebnisse aufbereiten

Attribute und Merkmale

Attribut	Spezifikation				
Cluster	Befragung	Beobachtung	Experiment	Quellenanalyse	
Zielmarkt	B2B		B2C		
Kundenintegration	Direkt		Indirekt		
Unternehmensintegration	Direkt		Indirekt		
Umgebungsform	Schriftlich	Persönlich	Telefonisch	Online	Datenbasiert
Umgebungsreife	Laborfeld	Testfeld	Real-Feld		
Informationssuche	Informell		Strukturiert		
Datentyp	Qualitativ		Quantitativ		
Annahmetyp	Nützlichkeit	Usability	Begehren	Kaufbereitschaft	

Beispielhafte Kennwerte zur Messung

Geschl. Frage	Offene Frage	Phys. Verhalten	Virt. Verhalten
<ul style="list-style-type: none"> - 	<ul style="list-style-type: none"> Aufforderung für Produktfeedback auf der Crowdfunding Seite (z.B. Welche Funktionalitäten gefallen euch am meisten? Schreibt uns eine Email) Messung der Beliebtheit der Funktionalitäten 	<ul style="list-style-type: none"> - 	<ul style="list-style-type: none"> Anzahl der Vorverkäufe Anzahl verkaufter Anteile Anzahl der Anfragen Anzahl der Seitenaufrufe Klickverhalten Veränderung des Klickverhaltens über die Zeit Digitale Pfade (Klick-Pfade, Scrollverhalten etc.)

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

<p>Prototyping-Methoden</p> <p>Alle Vertriebsimulationen (insb. Crowd Funding Inhalte, Website, Social Media Werbung, Produktbild, Werbe-/Erklärvideo, Blog-Beitrag, Werbe-Email, Pressemitteilung, Broschüre, Rabatt-Coupon)</p>	<p>Validierungsmethoden</p> <ul style="list-style-type: none"> Mobile/Micro Survey Online Community Fragebogen Vertriebsgespräch Werbekampagne 	<p>Quellen</p> <p>Durchgeführte Analysen / Studien: Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21] <small>Bildquelle: Tesla</small></p>
--	--	---

Bild A3-35: Validierungssteckbrief für VM26 – Crowd Funding

VM27: Vertriebsgespräch
Experimente

Beschreibung

Diese Methode beschreibt die Validierung von Marktleistungsideen durch echte Vertriebsgespräche mit potenziellen Kunden. Indem Unternehmen ihre Ideen, als existierende Marktleistungen in echten Verkaufssituationen präsentieren, erhalten sie direktes, authentisches Feedback zur Marktakzeptanz, zum Interesse und zur Kaufbereitschaft. Das Vertriebsgespräch eignet sich vor allem für den B2B-Bereich, da persönliche Beziehungen und detaillierte Diskussionen entscheidend sind. Wichtige Aspekte sind eine professionelle Präsentation und aktives Zuhören. Die Gespräche werden oft vom Vertrieb geführt, die in der alltäglichen Arbeit den Kontakt zu Kunden haben. Dazu empfehlen sich vorbereitend umfassende Briefings zur Marktleistungsidee und klare Gesprächsleitfäden und Dokumentationsanweisungen anhand vorbereiteter Templates. Die Erkenntnisse werden vom Vertriebsteam dokumentiert und dem Innovationsentwickler anschließend übermittelt.

Hilfswerkzeuge

- Gesprächsleitfäden
- Absichtserklärungen
- Kaufverträge



Beispielhafte Vorgehensweise

Zielsetzung definieren	Vorbereitungen durchführen	Vertrieb akquirieren	Vertriebsgespräch durchführen (lassen)	Ergebnisse kommunizieren
<ul style="list-style-type: none"> • Definition erreichbarer Vertriebsziele (z.B. 10 Absichtserklärungen zum Kauf einer Marktleistung) 	<ul style="list-style-type: none"> • Zusammentragen der Materialien (z.B. Prototypen) • Vorbereitung der Gesprächsleitfäden und Vertriebs-Briefing • Identifikation relevanter Vertriebsmitarbeiter 	<ul style="list-style-type: none"> • Ansprechen der Vertriebs-Mitarbeiter • Schulung der Mitarbeiter • Abstimmung der Kundentermine 	<ul style="list-style-type: none"> • Durchführung durch den Vertrieb • Dokumentation der Ergebnisse • Wiederholung des Vertriebsgesprächs mit weiteren Kunden 	<ul style="list-style-type: none"> • Kommunikation der Erkenntnisse • Übergabe der schriftlichen Dokumentation • Aufbereitung und Konsolidierung der Gesamtergebnisse

Attribute und Merkmale

Attribut	Spezifikation				Merkmal					
Cluster	Befragung	Beobachtung	Experiment	Quellenanalyse		1	2	3	4	5
Zielmarkt	B2B		B2C		Kosten					
Kundenintegration	Direkt		Indirekt							
Unternehmensintegration	Direkt		Indirekt							
Umgebungsform	Schriftlich	Persönlich	Telefonisch	Online Datenbasiert						
Umgebungsreife	Laborfeld	Testfeld	Real-Feld		Vorbereitungszeit					
Informationssuche	Informell		Strukturiert							
Datentyp	Qualitativ		Quantitativ							
Annahmetyp	Nützlichkeit	Usability	Begehren	Kaufbereitschaft						
					Ausführungszeit					
					Personenanzahl					
					Detailgrad					
					Evidenz					

Beispielhafte Kennwerte zur Messung

Geschl. Frage	Offene Frage	Phys. Verhalten	Virt. Verhalten
	<ul style="list-style-type: none"> • Erwähnungsrate des erhofften Mehrwerts (z.B. Wir haben eine Lösung für Ihr Problem mit der Instandhaltung. Welchen Mehrwert generiert diese Lösung für Sie? Vergleich mit dem angenommenen Mehrwert von 30% Effizienzsteigerung) 	<ul style="list-style-type: none"> • Anzahl unterschriebener Absichtserklärungen • Anzahl der Kaufzusagen • Anzahl der Zusagen für ein weiteres Gespräch • Anzahl der Zusagen für ein Pilotprojekt • Gesten und Körpersprache • Entscheidungsverhalten • Emotionalität in der Sprache 	<ul style="list-style-type: none"> • Anzahl erhaltener Emails zum Vertriebsgespräch • Anzahl der Prototyping-Aufrufe nach Bereitstellung

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

<p>Prototyping-Methoden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Funktionale Repräsentationen • Design-Prototyp • Broschüre • Pitch-Deck • Produktbild 	<p>Validierungsmethoden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Standardisierte Interview • Spontan Interview • Micro Surveys • Mobile Surveys • Fragebogen • Feldexperiment
--	--

Quellen

Durchgeführte Analysen / Studien:
Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]

Bildquelle: Pixabay.de

Bild A3-36: Validierungssteckbrief für VM27 – Vertriebsgespräch

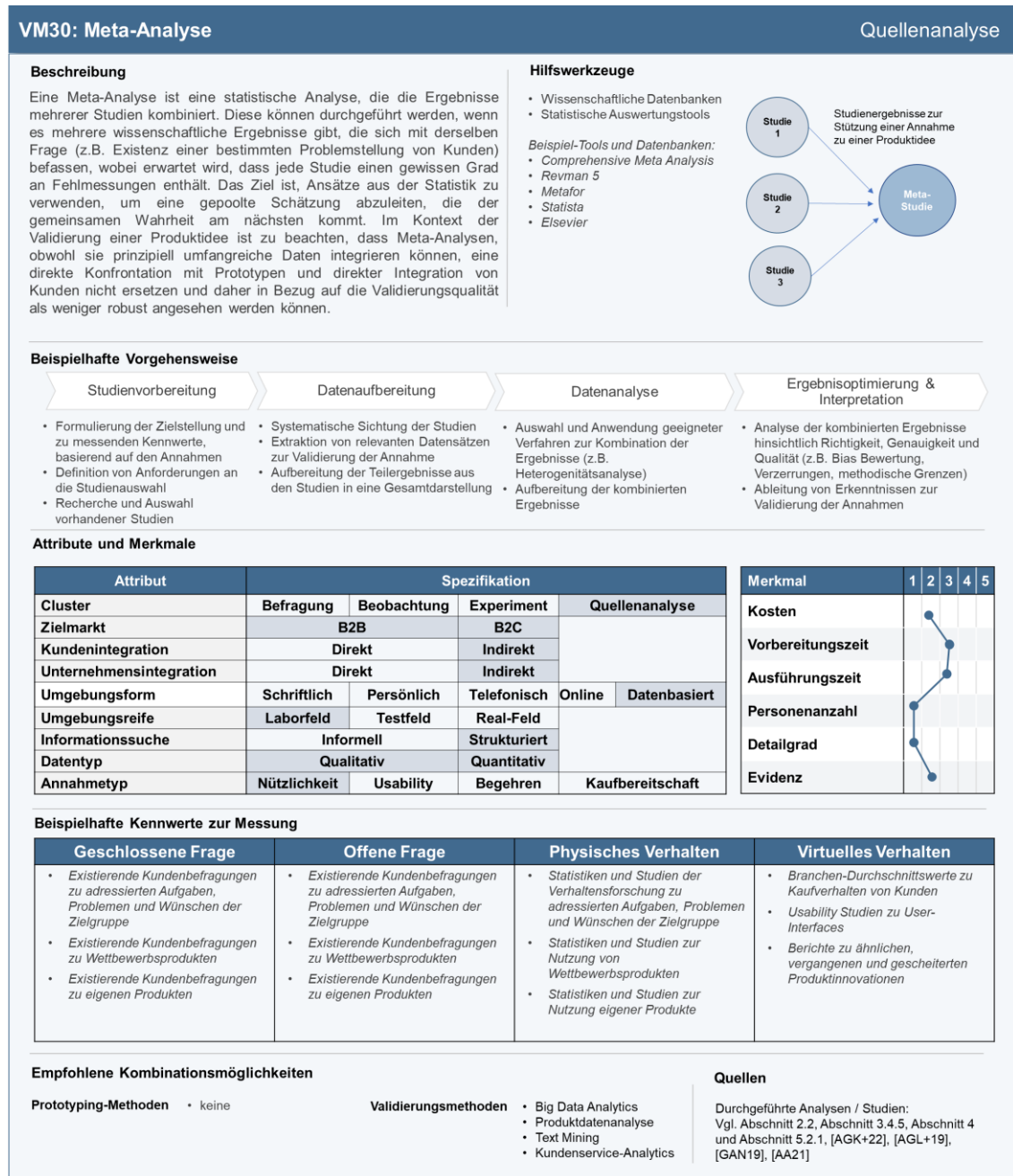


Bild A3-37: Validierungssteckbrief für VM30 – Meta-Analyse

VM32: Big Data Analyse
Quellenanalyse

Beschreibung

In diesem Ansatz werden systematisch große, vielfältige Datenmengen aus unterschiedlichen Quellen analysiert, um Annahmen zu Produktideen zu validieren. Big Data beschreibt dabei eine Datenmenge, die aufgrund ihrer Masse, Komplexität, Änderungsgeschwindigkeit und/oder Struktur nicht mehr manuell verarbeitet werden kann. Im Gegensatz zu Methoden wie Social Media Analytics, die ausschließlich soziale Plattformen adressieren, werden hier unterschiedliche Datenquellen kombiniert. Zu den analysierten Daten gehören z.B. Produktdaten, Social Media Daten, Kundenservice-Daten, Patent/-Trend-Datenbanken und weitere Quellen. Die Kombination und Auswertung dieser Datenquellen ermöglicht die Identifikation versteckter und übereinstimmender Zusammenhänge. Die Analyse wird durch Ansätze der künstlichen Intelligenz gestützt, die Muster und Anomalien aufdecken, die manuell nicht zu erfassen wären.

Hilfswerkzeuge

- Existierende KI-Modelle zur Analyse von Daten
- Programmierwerkzeuge
- Machine-Learning Werkzeuge
- Existierende Datenbanken zu Trends, Kundenverhalten etc.



Beispielhafte Vorgehensweise

Geschäftsverständnis aufbauen	Datenverständnis aufbauen	Daten vorbereiten	Analyse durchführen	Ergebnisse interpretieren
<ul style="list-style-type: none"> • Festlegung der Ziele basierend auf den Annahmen • Erstellung eines Projektplans 	<ul style="list-style-type: none"> • Sichtung und Prüfung aller Datenquellen • Validierung der Datenqualität 	<ul style="list-style-type: none"> • Auswahl und Bereinigung der Datensätze • Zusammenführung der Daten 	<ul style="list-style-type: none"> • Auswahl der geeigneten Analyse-Methode oder des existierenden KI-Modells • Erstellung / Optimierung des Modells • Durchführung der Analyse 	<ul style="list-style-type: none"> • Vergleich der Ergebnisse mit den Projektzielen • Ableitung von Kernkenntnissen • Anpassung der Modelle • Aufbereitung der Ergebnisse

Attribute und Merkmale

Attribut	Spezifikation					Merkmal	1	2	3	4	5
Cluster	Befragung	Beobachtung	Experiment	Quellenanalyse		Kosten					
Zielmarkt	B2B		B2C			Vorbereitungszeit					
Kundenintegration	Direkt		Indirekt			Ausführungszeit					
Unternehmensintegration	Direkt		Indirekt			Personenanzahl					
Umgebungsform	Schriftlich	Persönlich	Telefonisch	Online	Datenbasiert	Detailgrad					
Umgebungsreife	Laborfeld	Testfeld	Real-Feld			Evidenz					
Informationssuche	Informell		Strukturiert								
Datentyp	Qualitativ		Quantitativ								
Annahmetyp	Nützlichkeit	Usability	Begehren	Kaufbereitschaft							

Beispielhafte Kennwerte zur Messung

Geschlossene Frage	Offene Frage	Physisches Verhalten	Virtuelles Verhalten
• -	• -	<ul style="list-style-type: none"> • Produkt Performance • Feature-Nutzungsintensität • Anzahl der Service-Anrufe • Anzahl der Produktausfälle 	<ul style="list-style-type: none"> • Quantifizierung häufig genannter Probleme und Bedürfnisse in Kundendaten • Patentanmeldungen • Wettbewerbs-Werte (z.B. Seitenanrufe von existierenden Wettbewerbsprodukten) • Quantifizierte Kundenzufriedenheit in Webshops (z.B. Amazon-Sterne)

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

Prototyping-Methoden • keine

Validierungsmethoden

- Kundenservice-Analytics
- Social Media Analytics
- Produktdatenanalyse
- Conjoint-Analyse
- Erfolgsfaktoren-Analyse
- Triangulation

Quellen

Durchgeführte Analysen / Studien:
Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]

Bild A3-38: Validierungssteckbrief für VM32 – Big Data Analyse


VM36: Kundenservice-Analytics
Quellenanalyse

Beschreibung

Die Validierungsmethode „Kundenservice Analytics“ nutzt Daten aus dem Kundenservice, um Präferenzen und Erwartungen für zukünftige Produktideen zu validieren. Dabei werden verschiedene Quellen wie Online-Rezensionen, Kundenbeschwerden, E-Mails und Supportanfragen analysiert, um Einblicke und Muster in häufige Kundenanliegen, Verbesserungsvorschläge und bevorzugte Produktmerkmale zu gewinnen. Da Kundenfeedback aus verschiedenen Quellen stammen kann, ist es wichtig, die Daten konsistent zu erfassen und unterschiedliche Feedback-Kanäle zu kombinieren. Insgesamt kann so die Aussagekraft der Ergebnisse zur Validierung von Annahmen erhöht werden. Zur Analyse können Methoden des Text Minings oder existierende Large Language Modelle (LLMs) eingesetzt werden.

Hilfswerkzeuge

- Existierende KI-Modelle zur Analyse von Daten
- Programmierwerkzeuge
- Machine-Learning Werkzeuge
- Online Rezensionen
- Kundenbeschwerden
- E-Mails
- Supportanfragen
- Service-Berichte



Beispielhafte Vorgehensweise

Geschäftsverständnis aufbauen	Datenverständnis aufbauen	Daten vorbereiten	Analyse durchführen	Ergebnisse interpretieren
<ul style="list-style-type: none"> • Festlegung der Ziele basierend auf den Annahmen • Erstellung eines Projektplans 	<ul style="list-style-type: none"> • Sichtung und Prüfung aller Datenquellen • Validierung der Datenqualität 	<ul style="list-style-type: none"> • Auswahl und Bereinigung der Datensätze • Zusammenführung der Daten 	<ul style="list-style-type: none"> • Auswahl der geeigneten Analyse-Methode oder existierendes KI-Modell • Erstellung / Optimierung des Modells • Durchführung der Analyse 	<ul style="list-style-type: none"> • Vergleich der Ergebnisse mit den Projektzielen • Ableitung von Kernerkenntnissen • Anpassung der Modelle • Aufbereitung der Ergebnisse

Attribute und Merkmale

Attribut	Spezifikation				Merkmal	1	2	3	4	5
Cluster	Befragung	Beobachtung	Experiment	Quellenanalyse						
Zielmarkt	B2B		B2C							
Kundenintegration	Direkt		Indirekt							
Unternehmensintegration	Direkt		Indirekt							
Umgebungsform	Schriftlich	Persönlich	Telefonisch	Online	Datenbasiert					
Umgebungsreife	Laborfeld	Testfeld	Real-Feld							
Informationssuche	Informell		Strukturiert							
Datentyp	Qualitativ		Quantitativ							
Annahmetyp	Nützlichkeit	Usability	Begehren	Kaufbereitschaft						

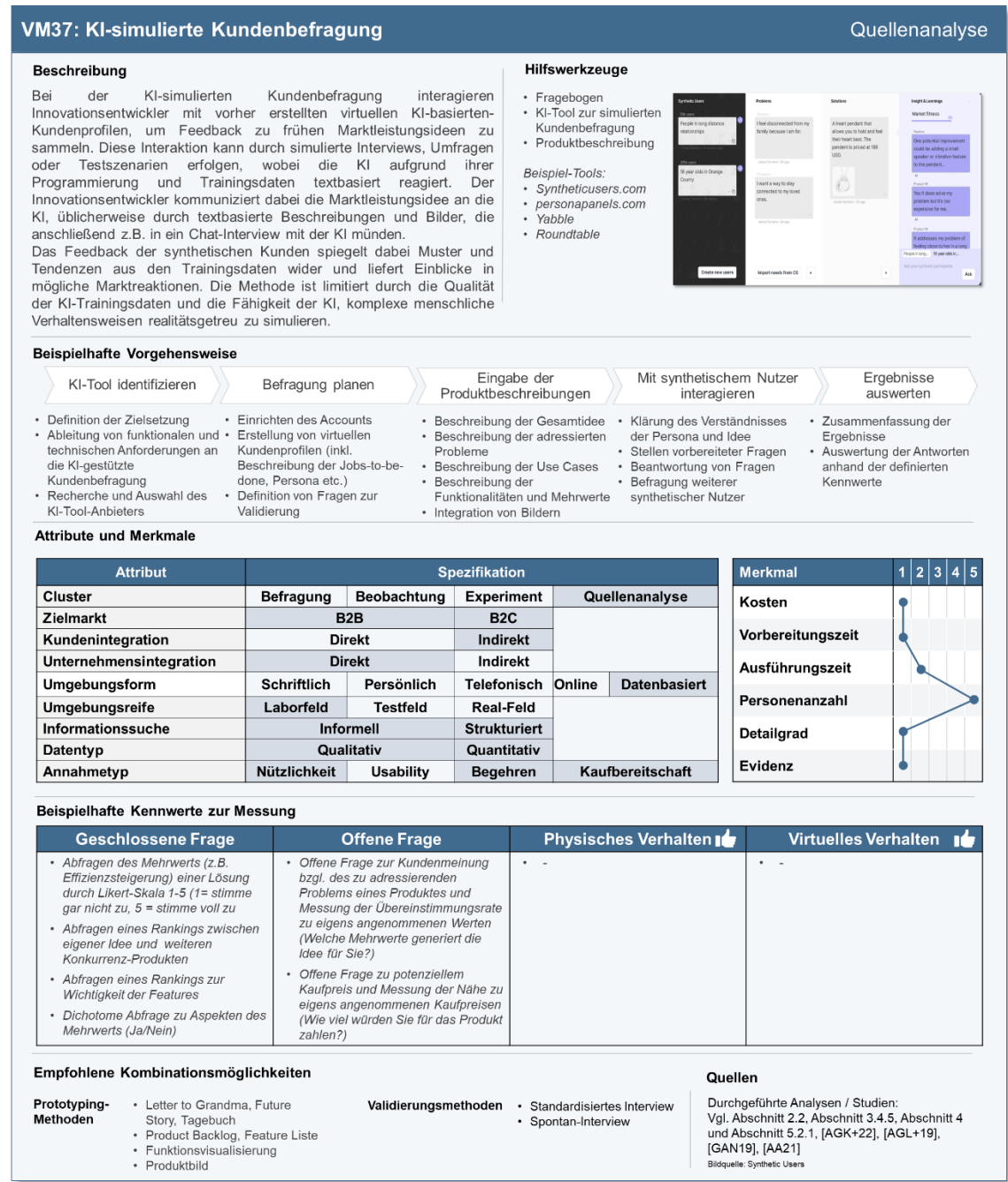
Beispielhafte Kennwerte zur Messung

Geschlossene Frage	Offene Frage	Physisches Verhalten	Virtuelles Verhalten
• -	• -	• -	<ul style="list-style-type: none"> • Häufigkeit bestimmter Anliegen oder Beschwerden • Messung der Kundenstimmung (z.B. Sentiment-Analyse) • Häufigkeit wiederkehrender Themen und Muster • Priorisierung der Kundenbedürfnisse anhand von positiven Erwähnungen zu einzelnen Features

Empfohlene Kombinationsmöglichkeiten

Prototyping-Methoden <ul style="list-style-type: none"> • keine 	Validierungsmethoden <ul style="list-style-type: none"> • Big Data Analyse • Social Media Analytics • Produktdatenanalyse • Conjoint-Analyse • Erfolgsfaktoren-Analyse • Triangulation 	Quellen <p>Durchgeführte Analysen / Studien: Vgl. Abschnitt 2.2, Abschnitt 3.4.5, Abschnitt 4 und Abschnitt 5.2.1, [AGK+22], [AGL+19], [GAN19], [AA21]</p> <p><small>Bildquelle: Pixabay.de</small></p>
---	---	--

Bild A3-39: Validierungssteckbrief für VM36 – Kundenservice Analytics



Erklärung zur Zitation von Inhalten aus studentischen Arbeiten

In Ergänzung zu meinem Antrag auf Zulassung zur Promotion in der Fakultät für Maschinenbau der Universität Paderborn erkläre ich gemäß §11 der Promotionsordnung und unter Beachtung der Regelung zur Zitation studentischer Arbeiten:

Die von mir vorgelegte Dissertation habe ich selbstständig verfasst, und ich habe keine anderen als die dort angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt. Es sind Inhalte studentischen Ursprungs (studentische Arbeiten) in dieser Dissertation enthalten.

Ich habe die verwendeten Arbeiten entsprechend der Regelung „Zitation aus studentischen Arbeiten in Dissertationen“ zitiert.

Paderborn, im Mai 2025

Laban Asmar